

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕМОНТАЖА ГРАФИТОВОЙ КЛАДКИ РЕАКТОРА РБМК-1000

Касков Д.О.¹, Ташлыков О.Л.¹, Сидоров Н.М.²

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²) Акционерное общество "Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежала"
E-mail: kaskov.dd@yandex.ru

OPTIMIZATION OF DISMANTLING THE GRAPHITE STACK OF THE RBMK-1000 REACTOR

Kaskov D.O.¹, Tashlykov O.L.¹, Sidorov N.M.²

¹) Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

²) N.A. Dollezhal Research and Development Institute of Power Engineering, Joint Stock Company

The article analyzes the features of decommissioning of NPP with RBMK-1000 reactors. Based on the results of the analysis, an algorithm is proposed for the optimal dismantling of the RBMK-1000 graphite stack in terms of minimizing the cost of handling radioactive waste subject to deep burial.

На начало 2024г. в России насчитывается 11 реакторов РБМК 1000, 4 из которых окончательно остановлены для вывода из эксплуатации по стратегии «немедленный демонтаж», а оставшиеся 7 эксплуатируются и будут последовательно остановлены до 2040 года. Завершающий этап жизненного цикла АЭС – вывод из эксплуатации (ВЭ), во время которого основную часть затрат составляют расходы на обращение с демонтируемым оборудованием, обладающим радиационным загрязнением различного характера.

Основной особенностью ВЭ РБМК 1000 является наличие и необходимость последующего демонтажа графитовой кладки (ГК). Кладка представляет из себя конструкцию цилиндрической формы из 14 слоёв, в каждом из которых находятся 2488 графитовых блоков (ГБ) 250×250 мм. Блоки различаются по высоте (200-600 мм) и имеют высотную перевязку. В ходе эксплуатации происходит загрязнение графита вследствие контакта с другими изделиями активной зоны и активации газа, продувающего кладку. Эксплуатация ГК происходит в азотно-гелиевой атмосфере (с долей азота на уровне 10 %). В основном активация графита происходит за счёт реакции взаимодействия нейтронов с азотом ^{14}N , осевшем на поверхности продуваемых ГБ, и по (n,p)-реакции образуется β активный ^{14}C с периодом полураспада 5700 лет. Кроме этого, облученный графит содержит изотопы ^{36}Cl , ^{93}Zr , ^{94}Nb , ^{60}Co и др.

Основным нуклидом, влияющим на выбор контейнера для размещения ГБ и соответствующего места захоронения (приповерхностное (ПЗ) или глубинное (ГЗ)) является ^{14}C . В связи с тем, что величина тарифов на захоронение РАО 3 класса (ПЗ) и 2 класса (ГЗ) различается примерно в 4,5 раза [1, 2] (для РАО 2 класса в большую сторону), требуется разработка мер по минимизации объёмов РАО, подлежащих ГЗ. Кроме этого, контейнеры для РАО различаются по предельному значению активности радионуклидов, которую возможно разместить [3].

Для того, чтобы оценить возможность оптимизации затрат на обращение с демонтируемыми ГБ, был разработан алгоритм демонтажа ГК. Основным критерием оптимизации в данном алгоритме является не превышение среднего значения удельной активности по ^{14}C на контейнер 3 класса ($> 10^6$ Бк/г [3, 4]) для минимизации количества контейнеров 2 класса.

В данной работе в качестве примера рассматривается вариант разборки 8 слоя – наиболее радиоактивного в кладке. Сравнивалось два подхода к демонтажу:

- 1) последовательное извлечение ГБ без учета их активности;
- 2) выборочное извлечение ГБ на основании анализа активности каждого блока, среднего значения активности по слою и в контейнере.

По результатам оценочного расчёта, стоимость демонтажа на примере данного слоя за счёт использования оптимизационного алгоритма уменьшается в 2,5 раза или на 150 миллионов рублей.

1. Постановление Правительства РФ от 3 декабря 2012 г. № 1249 «О порядке государственного регулирования тарифов на захоронение радиоактивных отходов».
2. Приказ Федеральной антимонопольной службы от 11.10.2022 № 732/22 «Об установлении тарифов на захоронение радиоактивных отходов 1,2,3,4,5,6 классов на период с 2023 по 2027 годы» (Зарегистрирован 16.11.2022 № 70970)
3. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190 ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.10.2022 г. № 1929 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069»