

УДК 621.039-75

Определение методов дезактивации и утилизации снятых с эксплуатации парогенераторов ПГВ-1000

*Пулинец А.А., студент
кафедра «Ядерные реакторы и установки»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Н.Ш.Исаков, ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

Введение

В связи с проводимыми капитальными ремонтами на АЭС, в целях продления сроков эксплуатации, с заменой оборудования возникает проблема, связанная с утилизацией крупногабаритного радиоактивного оборудования. Одним из видов такого оборудования являются снятые с эксплуатации парогенераторы ПГВ-1000.

Вес одного парогенератора составляет 322 тонны, что при его размерах составляющих около 160 кубических метров делает его перевозку и захоронение трудной задачей. В текущей ситуации, с заполненными хранилищами ЯО, трудно найти место под захоронение таких крупных объектов, а влияние на экологическую обстановку может сказаться отрицательно. Учитывая данные обстоятельства, предложен способ утилизации парогенераторов методом переплавки металла в специальном сталеплавильном цехе, находящимся поблизости от Ленинградской АЭС в городе Сосновый Бор. Экономически утилизация и использование повторно металла оправдана, так как парогенератор содержит около 70 тонн нержавеющей стали и 250 черной стали. По оценкам ВНИИАЭС повторно возможно использование не менее 90 % металла, кроме того будут сэкономлены средства на строительство новых хранилищ ТРО [3].

В рамках задачи можно выделить следующие этапы:

1. Дезактивация
2. Транспортировка
3. Фрагментирование

Современные методы дезактивации

В рамках первого этапа требуется определить уровень дозовой нагрузки с внутренней и наружной поверхности парогенераторов и предложить методы проведения дезактивационных мероприятий.

Согласно данным по четырем парогенераторам 5 блока НВАЭС, представленных на рисунках 1 и 2 [2,3]:

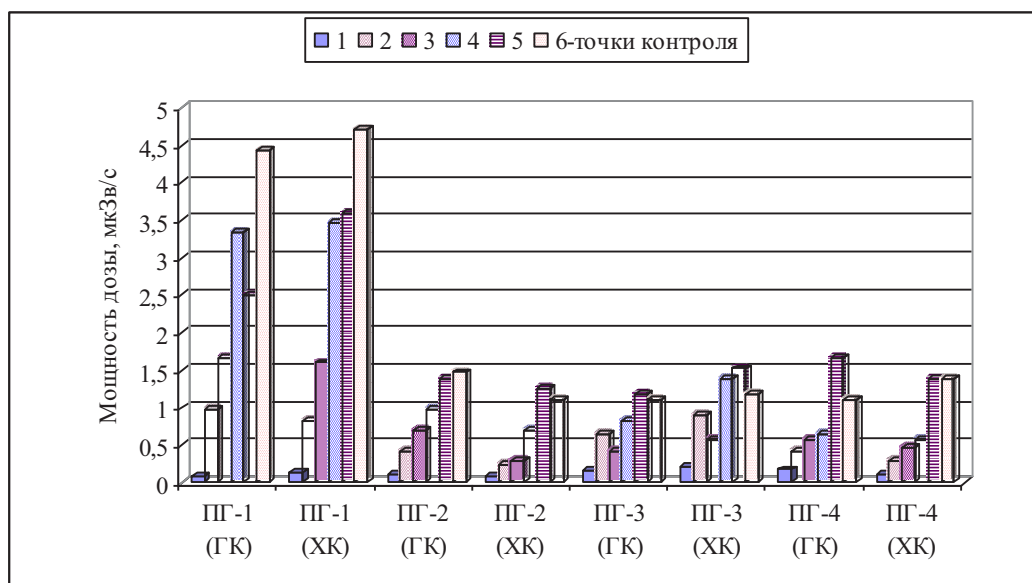


Рис. 1 Распределение мощности дозы γ -излучения внутри коллекторов теплоносителя: ГК – горячий коллектор, ХК – холодный коллектор (замеры произведены по центру коллекторов)

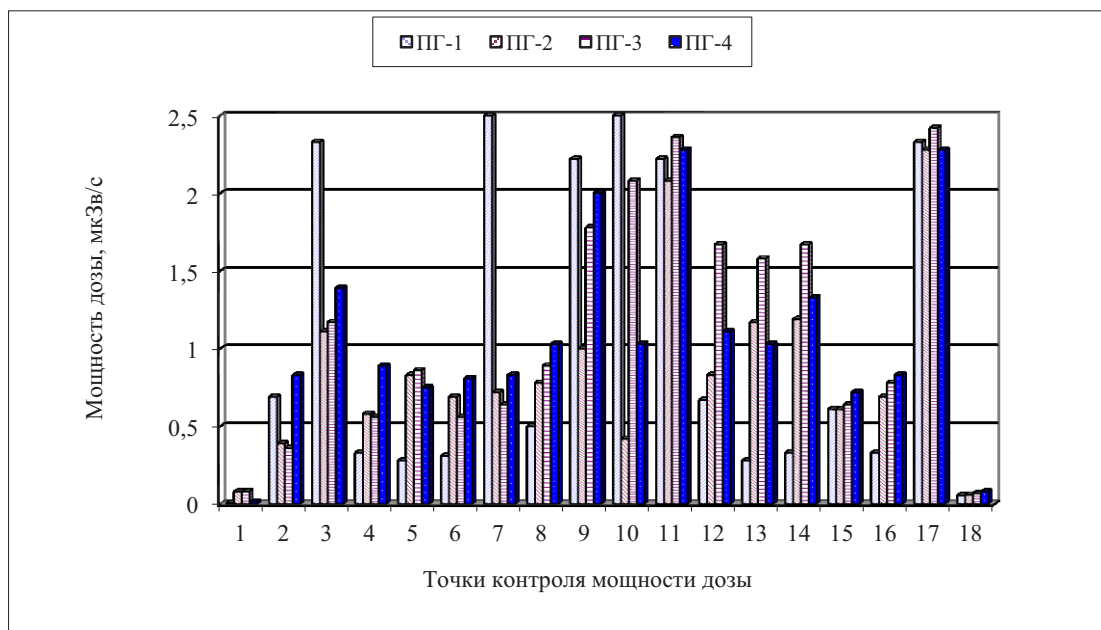


Рис. 2 Распределение мощности дозы γ -излучения внутри парогенератора (со стороны второго контура) без воды: замеры произведены по центру люков-лазов и на расстоянии 10 см от ПДЛ; измерения в точках 10, 17 ПГ-3 и точках 2, 9, 17 ПГ-4 выполнены при вскрытых ПДЛ

Выбор дезактивирующих рецептов (представленных в таблице 1) и технологического регламента процесса определяются составом и структурой удаляемого материала (коррозионных радиоактивных отложений и продуктов деления), скоростью растворения железооксидных отложений компонентами рецептов, ограничениями по коррозионному воздействию на конструкционные материалы, минимальной возможностью сорбции и образования вторичных отложений, возможностью переработки по существующим технологиям обращения с ЖРО.

В практике дезактивации парогенераторов и контуров теплоносителя, отечественных и зарубежных АЭС применяются многочисленные рецепты промывочных растворов и технологии, основанные на использовании двух - или трехвальной обработки окислительными и восстановительными растворами. Окислительная обработка, как правило, производится кислотными или щелочными растворами перманганата калия для окисления трехвалентного хрома до шестивалентного состояния и двухвалентного железа в трехвалентное. При этом хром выщелачивается из оксидной пленки, которая разрыхляется, что облегчает процесс последующего ее растворения.

В качестве восстановительной обработки используют растворы органических кислот, составы которых представлены в таблице. С учетом того, что обычные

концентрации растворов даны в условиях дезактивации парогенераторов, находящихся в эксплуатации, и ограниченны техническим регламентом и возможной дефектацией активной зоны, то на снятых с эксплуатации парогенераторах возможно повышение концентраций растворов, что приведет в свою очередь к повышению коэффициента дезактивации [1].

Таблица 1

Рецептуры растворов химической дезактивации

№ п.п.	№ раствора	Состав раствора	Примечание
1	а)	2-5 г/л KMnO_4 + 30-40 г/л NaOH	двухванный метод
	б)	10-30 г/л $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ + 0.5 г/л H_2O_2 или 1 г/л HNO_3	
2	а)	1.5-0.5 г/кг KMnO_4	однованный метод с трансформацией растворов, окисление
	б)	3-5 г/кг ЭДТА + 0.8 – 1.2 г/л лимонная кислота	
	в)	250 – 350 мг/кг $\text{N}_2\text{H}_4\text{OH}$ + 150 – 250 мг/кг NH_3	пассивация
3	а)	HMnO_4	Siemens технология CORD окисление
	б)	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	разложение диоксида марганца
	в)	H_2O_2	пассивация

К недостаткам существующих технологий дезактивации следует отнести:

- отсутствие эффективных технических средств приготовления и дозирования реагентов;
- низкая скорость циркуляции дезактивирующих растворов;
- невозможность быстрого и полного дренирования отработанных дезактивирующих растворов;
- возможность образования и осаждения на дезактивируемых поверхностях вторичных труднорастворимых отложений оксалата Fe(II) , при использовании щавелевой кислоты, а при определенных условиях – солей оксиэтилендендифосфоновой кислоты;
- трудности переработки ЖРО;
- отсутствие надежных критериев определения окончания этапов дезактивации ПГ.

С применением химических методов дезактивации возможно достижение коэффициентов дезактивации от 3 до 150 в зависимости от поверхности и загрязненности оборудования. Повышение коэффициента также зависит от скорости подачи раствора,

опытные данные по изменениям коэффициента дезактивации представлены на рисунке 3[1].

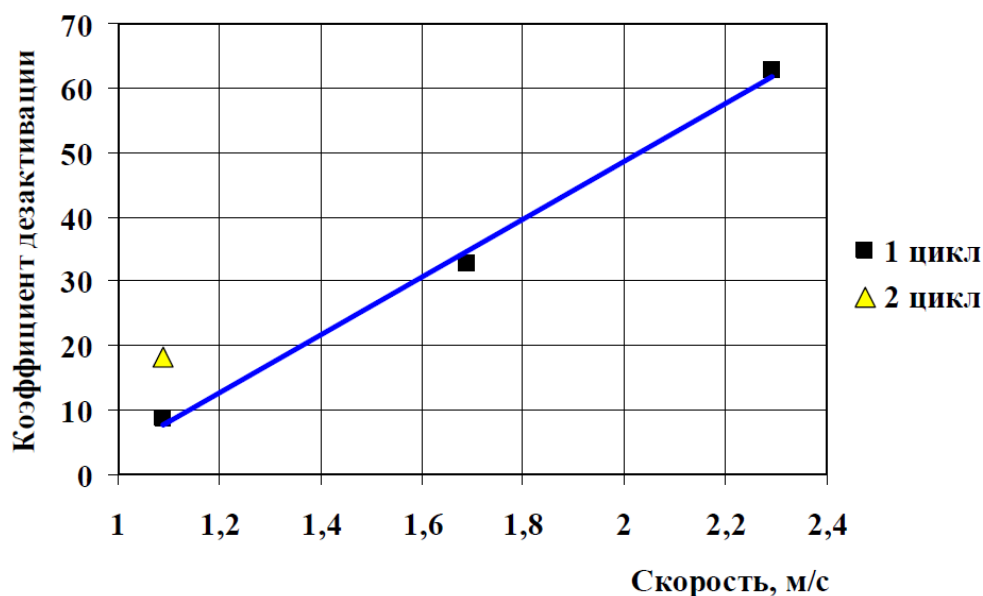


Рис. 3 Зависимость коэффициента дезактивации от скорости циркулирования раствора

Электрохимический метод дезактивации применяется для дезактивации и снятия окисной пленки с внутренней поверхности коллекторов парогенераторов. Дезактивация электрохимическим методом осуществляется «полусухим» способом с помощью выносного катода.

Сущность метода заключается в электрохимическом травлении дезактивируемой поверхности в электролите под действием постоянного электрического тока плотностью 15,20 А/дм². В качестве электролита используется ортофосфорная кислота

(H₃PO₄) – 30-50 г/л или серная кислота(H₂SO₄) – 20-40 г/л, а в качестве наполнителя электролита для выносных катодов (диэлектрика) -материал из шерсти, асботкани, углеродной ткани. Дезактивации электрохимическим методом

подвергались только коллектора парогенератора, без воздействия на трубчатку.

Нейтрализация электролита проводится 5% раствором щелочи (KOH) с последующей

обильной промывкой поверхностей «чистым» конденсатом [5].

Полученные коэффициенты дезактивации при применении этого метода для коллектора

парогенераторов обычно не велики – 2,3.

Современные ультразвуковые технологии дезактивации используют ванный метод. В таких ваннах излучатели ультразвука устанавливаются стационарно на дне и боковых стенках. При дезактивации крупногабаритного оборудования сложной геометрической формы хорошо дезактивируются только те элементы поверхности, которые обращены в

сторону излучателя и находятся от него в непосредственной близости. Эффективность дезактивации элементов поверхности, «затененных» для ультразвука или находящихся на большом удалении от излучателя, низкая.

Данные особенности в условиях сложной геометрии внутренних поверхностей парогенератора, а также его больших размеров, делают целесообразность этого метода сомнительной. Однако, в случае применения подвижных датчиков, аналогичных датчикам вихретокового контроля возможно качественно и экономично выполнить дезактивацию. При использовании специального оборудования, которое смогло бы выполнить дезактивацию контура ультразвуковым методом, можно получить значение коэффициента дезактивации равное 5..10, и даже выше, проводя дезактивацию в чистой воде, расход которой не превысил бы 1,5...2 объемов контура[1]. Используя растворы химреагентов с концентрацией не более 1 % весовых, основываясь на экспериментальных данных, можно предполагать, что коэффициент дезактивации составит 50...100. Неоспоримым преимуществом данного метода является высокий коэффициент дезактивации и малое количество образовавшихся ЖРО, к минусам же можно отнести сравнительно невысокую скорость дезактивации.

Сравнительные данные различных методов дезактивации представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительные данные различных методов дезактивации

Методы:	Коэффициенты дезактивации	Объем раствора, относительно объема парогенератора	Время на проведение мероприятий
Химические методы	3-150	5-7	8-15 часов
Электрохимические методы	2-5		4-10
Ультразвуковые методы	1-100	1,5-2	

Транспортировка

Необходимо предусмотреть возможность доставки частей парогенераторов с любой станции в Сосновый Бор, что возможно осуществить автомобильным или железнодорожным транспортом. Однако перевозки железнодорожным транспортом сложнее в плане организации и стоимости перевозки. Таким образом, наиболее эффективным будет доставка частей парогенератора автомобильным транспортом.

Примерное расстояние от Нововоронежа до Соснового Бора-1500 км, что при средней скорости автоколонны 60 км/ч можно преодолеть за 25 часов.

Для удобства транспортировки предлагается фрагментировать парогенератор на части, не превышающие массой 10 тонн. Выбор такой массы обусловлен техническими характеристиками кранов, находящихся на площадках ХТО, а также возможностями автомобильного транспорта. Фрагментированные части парогенератора необходимо перевозить согласно Правил перевозки опасных грузов автомобильным транспортом (Приказ Минтранса РФ от 8.0895 №73) в спецконтейнерах удовлетворяющих требованиям ГОСТ 16327-88 (Комплекты упаковочные транспортные для радиоактивных веществ).

Фрагментация

Существуют следующие методы фрагментации парогенератора:

1. С помощью абразивного инструмента
2. Методом направленного взрыва
3. Ленточными пилами
4. Электродуговой инструмент и газовые резаки

Из перечисленных методов первые три имеют минус в скорости обработки а также выделение пыли, тогда как использование газовых резаков (аргоновые резаки) обеспечивает приемлемую скорость резания, кроме того в процессе не выделяется радиоактивная пыль, что снижает воздействие на персонал.

В ходе фрагментирования парогенератора предлагается разделить корпус на части не превышающие массой 10 тонн. В случае высокого фонового излучения возможна абразивная обработка внутренних поверхностей внутри боксов, что снизит уровень излучения с поверхности фрагментов. В целях снижения дозозатрат персонала трубчатку парогенераторов предлагается срезать секциями и упаковывать в герметичные контейнеры без дополнительной обработки.

Возможна следующая последовательность фрагментирования:

- Удаление верхней части корпуса
- Извлечение внутрикорпусных устройств (ПДЛ, сепараторы)
- Удаление трубчатки
- Извлечение коллекторов
- Фрагментирование корпуса

Заключение:

Подводя итоги можно сказать, что в условиях малых сроков для подготовки к утилизации наиболее эффективным будет использование традиционных средств дезактивации, с насосами увеличивающих скорость циркуляции сверх норм ВХР для парогенераторов находящихся в эксплуатации. В случае же комплексного решения данной проблемы более эффективным представляется разработка и использование специальных ультразвуковых дезактивирующих установок. Для фрагментации наиболее подходящим является использование аргоновых резаков в связи со стоимостью, простотой технологии и отсутствия пыли. Для транспортировки проще всего использовать автотранспорт, который обеспечивает минимум финансовых затрат при высокой скорости перевозки.

Список литературы

1. Крицкий В.Г. и др / Мероприятия по снижению мощности дозы в помещениях 1-го контур а АЭС, Санкт-Петербург 2010 год, 182 стр. (Препринт ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ», УДК 621.039.761).
2. Справка о дозозатратах при замене ПГВ-1000 НВАЭС 2009 год.
3. Тезисы доклада Утилизация дефектных парогенераторов 5 блока Нововоронежской АЭС (ОАО «ВНИИАЭС»).
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1.758-99 (Минздрав России)
5. Инструкция ВХР ВВЭР-1000 (12.00ИР0009.47, 2010год, г.Удомля).