

Е. А. Балагурова, А. И. Вальцева

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Alex-Liga@yandex.ru

ОБРАЩЕНИЕ С ГАЗООБРАЗНЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ БЕЛОЯРСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

В работе рассмотрены основные виды отходов деятельности АЭС. Изложены источники и проблемы по обращению с отходами станций. Представлено в проекте РУ БН-800 для снижения выброса активности в атмосферу предусмотрена специальная система выдержки активного аргона.

Ключевые слова: *газообразные радиоактивные отходы; атомная станция; натрий; борные стержни; сдувки.*

E. A. Balagurova, A. I. Valtseva

Ural Federal University, Ekaterinburg

GASEOUS RADIOACTIVE WASTE HANDLING AT BELOYARSKAYA NUCLEAR POWER PLANT

In article the main types of waste of activity of the nuclear power plant are considered. Outlines the sources and problems of waste management stations. Presented in the BN-800 reactor project to reduce the release of activity into the atmosphere, a special system of active argon exposure is provided.

Keywords: *gaseous radioactive waste; nuclear power plant; sodium; boron rods; blow-off.*

При создании АЭС уделяется пристальное внимание всем аспектам безопасности, повышению надежности и работоспособности реакторного оборудования и соответствующих систем, разработке норм безопасности и определению степени риска в ядерной энергетике. Основным потенциальным источником загрязнения биосферы и облучения населения, проживающего вблизи

АЭС, являются газоаэрозольные отходы, образуемые в процессе эксплуатации станции. В настоящее время нет универсальной системы классификации радиоактивных отходов (РАО), хотя попытки создания такой системы предпринимаются. Существуют разные качественные и количественные системы классификации РАО, разработанные с учетом требований радиационной и экологической безопасности, технологических особенностей обработки, транспортирования, хранения, захоронения. Начальная степень классификации на эксплуатационном уровне – дифференцирование радиоактивных отходов, согласно их физическому состоянию, на твердые (ТРО), жидкие (ЖРО) и газообразные (ГРО).

Основным источником ГРО реакторной установки является газовая система первого контура [1]. Активность в газовой полости реактора (далее – ГПР) БН-800 проявляют радионуклиды: Ne^{23} , Ar^{41} , Ar^{39} , которые образуются за счет активации натрия и растворенных в натрии аргона и калия и затем выходят в газовую систему первого контура. Они образуются по следующим реакциям: $\text{Na}^{23}(n, p)\text{Ne}^{23}$, $\text{Ar}^{40}(n; \gamma)\text{Ar}^{41}$, $\text{K}^{41}(n, p)\text{Ar}^{41}$, $\text{K}^{39}(n, p)\text{Ar}^{39}$. При этом размешивание активности происходит во всем объеме газовой системы реактора.

При делении топлива образуется более десятка нуклидов тяжелых благородных газов: Хе и Кг, имеющих различные радиационные характеристики. Основная активность радионуклидов обусловлена короткоживущими осколками ядер: Xe^{133} , Xe^{135} , Kr^{85m} , Kr^{88} , Kr^{87} и долгоживущего – Kr^{85} [2]. Принимается, что газовые продукты деления в газовых полостях распределены равномерно (т. к. абсолютные и относительные значения активностей изотопов ГПД в газовых полостях насосов первого контура и под наклонной крышей практически совпадают), это является характерной особенностью реакторов с интегральной компоновкой оборудования и взаимосвязанными газовыми полостями в баке реактора. Компенсатор объема (КО) находится вне бака реактора и постоянно связан газовыми коммуникациями с ГПР, при определённых условиях в системе КО-ГПР существует конвективный газообмен [3].

Иными источниками радиоактивных газов является процесс дегазации теплоносителя, газообмен между КО и ГПР (т. к. КО находится вне бака реактора и постоянно связан газовыми коммуникациями с ГПР, при определённых условиях в системе КО-ГПР существует конвективный газообмен), а также утечка газа во внешнюю среду и дефектные ТВЭЛ с газовой неплотностью.

При разгерметизации ТВЭЛ с МОКС-топливом (50 МК, 54 МК) выход активности имеет импульсный характер с последующим спадом за счет радиоактивного распада и с быстрым переходом на значительно меньший стационарный выход активности. По расчетным данным импульсный выход и на данный момент является в 15-50 раз выше активностей радионуклидов (Xe^{133} , Xe^{135} , Kr^{85m} , Kr^{88} , Kr^{87}) для равновесного выхода [5].

Одним из источников радиоактивности газообразных выбросах является тритий, который образуется в реакторе в следующих случаях [3]: тройное деление ядер топлива в ТВС; ядерные реакции на карбиде бора в стержнях СУЗ; ядерные реакции на карбиде бора в СБЗ и в верхнем торцевом экране ТВС; ядерные реакции на примесях бора и лития: в UO_2 топливных и воспроизводящих ТВС; в стали конструктивных элементов ТВС, стержней СУЗ, БЗВ, СБЗ; в натрии теплоносителя первого контура.

Основным источником образования трития в РУ БН-800 являются ядерные реакции под действием нейтронов на боре в борных стержнях СУЗ, в защитных сборках СБЗ и в верхнем торцевом экране ТВС [4]. Эти реакции вносят примерно 88% в суммарную величину образования трития. Вклад тройного деления составляет примерно 11 %. Вклад ядерных реакций на остальных материалах (стальные конструктивные элементы ТВС, стержни СУЗ, БЗВ, СБЗ, натрий первого контура, примеси в указанных материалах) в образование трития составляет примерно 1 %, причем основными источниками являются ядерные реакции на примесях бора и лития, содержащихся в них [4]. Но для реакторной установки БН-800 эта задача несколько упрощается в связи с тем, что газовая

фаза не влияет на массоперенос изотопов водорода в натриевых контурах, поскольку их основная масса находится в теплоносителе.

Для отвода газообразных технологических сред от оборудования и систем реакторной установки применяется система технологических сдувок реакторного отделения 4 КТК. Эта система обеспечивает сбор газовых сдувок от оборудования РО, последующую их очистку на аэрозольных фильтрах перед выбросом в атмосферу через вентиляционную трубу [5].

Основными источниками выбросов радиоактивных газообразных продуктов деления (ГПД) являются следующие технологические сдувки: из перегрузочного бокса (ПБ) перед проведением технического обслуживания оборудования, находящегося в нем; из системы СОДС-Р и системы КГО по газу; из системы выдержки активного аргона [4].

При нормальной эксплуатации РУ БН-800 максимальный выброс газовой активности в атмосферу из системы технологических сдувок возможен при сдувках из перегрузочного бокса (ПБ) по окончании перегрузки сборок активной зоны с целью проведения технического обслуживания оборудования. При нормальном функционировании систем и оборудования, обеспечивающих технологические операции на подготовку к перегрузке, перегрузку сборок и операции после перегрузки, минимальное время после останова реактора, через которое возможно проведение технологических сдувок из ПБ перед проведением технического обслуживания оборудования составляет 20 сут. В проекте РУ БН-800 для снижения выброса активности в атмосферу предусмотрена специальная система выдержки активного аргона, вместимость которой рассчитана на весь объем газовой системы первого контура, и эффективность более чем в 100 раз выше эффективности угольных адсорберов, то при ее использования (замена активного газа на чистый) перед перегрузкой сборок активной зоны, следовательно, выбросы активности в атмосферу при сдувках из ПБ будут практически отсутствовать.

При нормальном функционировании, сдувки из системы

выдержки активного аргона могут осуществляться перед остановом реактора на перегрузку с целью опорожнения системы и последующей закачки активного газа в баллоны из ГПР. При этих предпосылках время выдержки активного газа в баллонах составляет не менее 110 суток [4].

При указанных предпосылках, сдувки будут полностью определяться долгоживущим Kr^{85} с активностью $1,1 \cdot 10^{12}$ Бк, что ниже контрольного суточного выброса 1,9 ТБк по СП АС-ОЗ [3]. Имеется также положительный опыт эксплуатации реактора БН-600 который показывает практическое отсутствие каких-либо выбросов активности в атмосферу (менее 1 % от контрольных уровней).

Проблема обращения с радиоактивными отходами АЭС оказывает существенное влияние на развитие ядерной отрасли. Эффективная стратегия обращения с радиоактивными отходами АЭС должна предусматривать все компоненты и этапы обработки с момента образования отходов до их окончательного захоронения, учитывать динамичность процессов обращения в соответствии с появлением новых технологий, изменениями требований регулирующего органа, длительностью временных интервалов, разделяющих начальные и конечные стадии процесса обращения, и др. Система обращения с радиоактивными отходами Белоярской атомной станции соответствует мировым стандартам и является одной из самых надежных систем.

Список использованных источников

1. Физико-технические основы использования современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты / В. А. Апсе, А. И. Ксенофонов, В. И. Савандер, Г. В. Тихомиров, А. Н. Шмелев. М. : Интеллект, 2014. 296 с.
2. Ядерные технологии: история, состояние, перспективы : учебное пособие / А. А. Андриатов, А. И. Воропаев, Ю. А. Коровин, В. М. Мурогов. М. : НИЯУ МИФИ, 2012. 180 с.
3. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС / М. А. Скачек. М. : МЭИ, 2007. 448 с.
4. Радиоактивные компоненты АЭС: обращение, переработка, локализация / М. А. Скачек. М. : МЭИ, 2014. 552 с.
5. Радиационная экология. Физика ионизирующих излучений / М. А. Скачек, Д. Н. Герасимов. М. : МЭИ, 2006. 326 с.