

УДК 531:535

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ОБОЛОЧЕК ТВЭЛОВ ОТРАБОТАВШИХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК

Д. т. н. В. А. Мокрицкий¹, д. т. н. О. В. Маслов¹, к. т. н. О. В. Банзак²

¹Одесский национальный политехнический университет;

²Одесская государственная академия технического регулирования и качества
Украина, г. Одесса
banzak@mail.ru

В данной работе предложен двухэтапный поэлементный контроль отработавших тепловыделяющих сборок с применением методов пассивной томографии и оперативный контроль для выявления дефекта. Проведены исследования, направленные на повышение эффективности методов контроля герметичности оболочек за счет применения спектрометрии с помощью CdZnTe-детекторов.

Ключевые слова: тепловыделяющие сборки, контроль герметичности оболочек, спектрометрия.

При повышении мощности реактора одной из основных является задача контроля состояния оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) отработавших тепловыделяющих сборок (ТВС). Таким образом, контроль герметичности оболочек (КГО) погружаемых отработавших ТВС фактически является первым этапом организации управления состоянием ядерного топлива (ЯТ). К сожалению, существующие системы КГО для реакторов серии ВВЭР обладают низкой эффективностью и требуют существенных затрат времени для проведения контроля [1, 2].

Концепция построения комплекса КГО в режиме реального времени основана на следующих основных принципах и средствах:

- отказ от применения сжатого воздуха для подготовки пробы;
- одновременный отбор проб воды и воздуха для проведения гамма-спектрометрического анализа содержания изотопов ^{133}Xe , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs в контролируемых пробах.

Технические средства, входящие в состав комплекса, подобны разработанным ранее системам контроля других технологических сред.

Отличительной особенностью комплекса является то, что продувка ТВС осуществляется водо-воздушным потоком, подаваемым группой инжекторов в нижнюю часть рабочей штанги. Двухфазный водо-воздушный поток обладает, по сравнению с воздушной продувкой, рядом преимуществ. Во-первых, пузырьки в таком потоке дольше сохраняют начальные размеры (более медленно коагулируют); во-вторых, такой поток обладает большей кинетической энергией и, следовательно, большей скоростью.

Указанное решение имеет следующие преимущества:

- нет необходимости в применении воздушного компрессора, что существенно снижает стоимость системы, позволяет отказаться от масляных фильтров;
- малые габариты инжектора существенно упрощают проведение работ по доработке рабочей штанги перегрузочной машины (РШ ПМ);

- специально организованный двухфазный мелкодисперсный поток обладает качественно иными свойствами, чем подаваемый воздух либо иной газ; это позволяет повысить эффективность «смыывания» с оболочек твэлов продуктов деления;

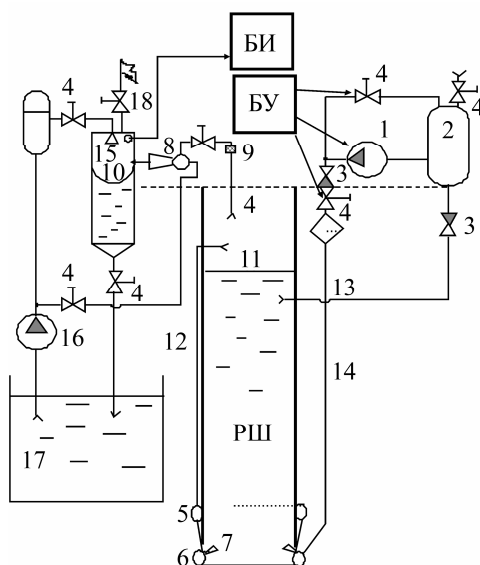
- возможность регулировки газосодержания в процессе проведения контроля, таким образом можно, в случае необходимости, провести повторный контроль отработавшего ЯТ, а это позволяет надежно идентифицировать факт контакта теплоносителя с топливной матрицей;

- многократная циркуляция по замкнутому контуру (внутри РШ ПМ и трубопроводов), подготовка пробы за время подъема ТВС в транспортное положение; это фактически приводит к концентрированию

«смытых» с оболочек ТВЭЛов продуктов деления в верхней части РШ ПМ, что в совокупности с постоянным контролем во время подъема ТВС повышает качество выполнения задач КГО;

– структура сформированного двухфазного мелкодисперсного потока такова, что, в отличие от методов с продуванием газа, омываются и внутренние ТВЭЛы, так как очевидно, что гидравлические характеристики указанного потока более совершенны: газовый, точнее, воздушный поток полностью теряет свою энергию еще на участке до нижней решетки и, отразившись от хвостовика ТВС, будет перемещаться между внешними рядами ТВЭЛов и рабочей штангой, таким образом, внутреннее пространство ТВС останется неконтролируемым.

На основании изложенного предложена технологическая схема комплекса КГО в режиме реального времени (см. рисунок).



Технологическая схема комплекса оперативного контроля герметичности оболочек ТВС в рабочей штанге перегрузочной машины:

1 – центробежный насос; 2 – пусковая емкость; 3 – обратные клапаны; 4, 18 – запорные клапаны; 5 – коллектор воздушный; 6 – коллектор водяной; 7 – инжекторная группа; 8 – эжектор измерительный; 9 – дроссель; 10 – измерительная емкость; 11 – уровень воды; 12 – линия забора воздуха; 13 – линия забора воды; 14 – линия подачи воды; 15 – шнек-распылитель; 16 – насос для забора чистой воды; 17 – бассейн выдержки

Предлагаемые способ и устройство дают возможность применения одновременного контроля активности водной и газовой проб, а также увеличения эффективности процесса отбора, позволяют идентифицировать ТВЭЛы с дефектами типа «контакт топлива с теплоносителем» и «газовая неплотность» за счет избирательного контроля продуктов деления методами гамма-спектрометрии. Эффективность применения последних, а с ними и всей системы КГО, обеспечивается использованием созданных авторами CdZnTe-детекторами.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Зверков В.В. Эксплуатация ядерного топлива на АЭС с ВВЭР – Москва: Энергоатомиздат, 1989.
2. Надежность и контроль герметичности ТВЭЛов и совершенствование топливного цикла. Информация // Атомная энергия. – 1992. – Т. 72. – № 2. – С. 197–202.

V. A. Mokritsky, O. V. Maslov, O. V. Banzak

The tightness control system for fuel cladding of spent fuel assemblies.

The authors propose a two-stage single-item control of spent fuel assemblies using the methods of passive imaging and operational control for the defect detection. The carried out research aimed at improving the effectiveness of methods of cladding tightness control by applying spectrometry using CdZnTe-detectors.

Keywords: fuel assemblies, cladding tightness control, spectrometry.