

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РАДИАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОТЕЧЕК ПАРОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ CD-ZN-TE-ДЕТЕКТОРОВ

*В данной статье, следуя принципу общности подхода, на основании критерия реального времени предложено структуру программно-технического комплекса радиационно-технологического контроля (ПТК РТК), предназначенных для определения протечек парогенератора по активности  $^{16}\text{N}$ .*

*Ключевые слова: парогенератор, томографический анализ, ядерное топливо, продукты деления, комплекс радиационно-технологического контроля*

**Вступление.** Методы томографического анализа объектов различной физической природы, т.е. восстановления физической структуры объекта по физическим полям, измеренным вне объекта, как правило, на замкнутой поверхности, зародились в 70-х годах 20 в. в связи с построением рентгеновских томографических изображений человеческих органов [1]. В 80 гг. томографические методы широко применялись уже в промышленности для дефектоскопии [2, 3]. В большинстве разработанных к настоящему времени методов, как правило, используется активная томография, предполагающая наличие источника излучения, проходящего через обследуемый объект, и приемника (или группы приемников), регистрирующего прошедшее через объект излучение.

Для объектов такого класса предложены методы алгебраической реконструктивной томографии (АРТ) (algebraic reconstructive tomography, ART) [4, 5]. В алгоритмах восстановления этого класса интенсивность зарегистрированного в каждой точке поля представляется линейной комбинацией активности излучения от каждого пикселя, на которые делится поперечное сечение анализируемого объекта.. Поэтому для ее решения применяются специальные алгоритмы восстановления.

Однако главным недостатком таких алгоритмов следует считать непригодность для решения задачи томографии в случае большого числа обусловленности матрицы весовых коэффициентов твэлов

Внедрение новых ПТК РТК не должно приводить к снижению эффективности эксплуатации блока, поэтому операции по контролю состояния объектов должны быть согласованы с технологией производства электроэнергии и ремонта оборудования, с временным графиком других процессов в режиме реального времени. За время выполнения технологической операции (время, характерное для изменения какого-либо параметра в процессе работы АЭС) ПТК РТК должен обеспечить измерение спектра гамма-излучения технологических сред, провести амплитудный анализ импульсов счета, осуществить обработку спектра, рассчитать характеристики состояния объекта и занести их в базу данных.

**Основная часть.** Принцип построения ПТК РТК физических барьеров безопасности основан на измерении спектров собственного гамма-излучения технологических сред АЭС. Как показано ранее, такой выбор обусловлен существенно большей информативностью измерений гамма-излучения, позволяющей определить основные параметры технологических процессов работы АЭС без использования дополнительной информации.

Внедрение новых ПТК РТК не должно приводить к снижению эффективности эксплуатации блока, поэтому операции по контролю состояния объектов должны быть согласованы с технологией производства электроэнергии и ремонта оборудования, с

временным графиком других процессов в режиме реального времени, критерии которого показаны ранее. За время выполнения технологической операции (время, характерное для изменения какого-либо параметра в процессе работы АЭС) ПТК РТК должен обеспечить измерение спектра гамма-излучения технологических сред, провести амплитудный анализ импульсов счета, осуществить обработку спектра, рассчитать характеристики состояния объекта и занести их в базу данных. Работу ПТК РТК в режиме реального времени при этом характеризуют темп поступления входных данных в систему (характеристик собственного гамма-излучения топливной сборки, теплоносителя и оборудования первого контура, газов в гермоболочке), который должен соответствовать темпу формирования выходных данных системы [5].

Механическая конструкция основных элементов системы должна обеспечить хорошую совместимость с существующим технологическим оборудованием, элементами РУ перегрузочной машины, выполнение требований безопасности при проведении ТТО.

Неверное функционирование данной системы (ложное срабатывание, не выявление факта нарушения состояния объекта) может привести к существенным экономическим потерям (снижение мощности блока, дополнительные затраты времени на ремонт оборудования), поэтому потеря времени ввиду неработоспособности системы должна быть минимальной.

Надежность системы должна соответствовать надежности оборудования и систем, важных для безопасности.

В данной работе, следуя принципу общности подхода, на основании сформулированного критерия реального времени предложено структуру двух видов ПТК РТК, предназначенных для определения протечек парогенератора по активности  $^{16}\text{N}$  (ИРГ) и контроля ОТВС.

На основании приведенных требований можно сделать вывод, что, с точки зрения обеспечения надежности, ПТК РТК должен состоять из независимых подсистем. Например, устройство определения протечек парогенератора по активности  $^{16}\text{N}$  включает оборудование для каждой петли циркуляции теплоносителя.

При этом каждое устройство контроля протечек парогенератора содержит в своем составе несколько детекторов на основе CdZnTe-датчиков, позволяющих увеличить надежность работы и за счет современных корреляционных методов анализа повысить чувствительность системы, оценить тепловую мощность реактора. Каждое устройство детектирования должно осуществить регистрацию гамма-излучения теплоносителя, пара второго контур и преобразовать его в электрические сигналы для последующей передачи на амплитудный анализатор импульсов.

Многоканальный амплитудный анализатор импульсов должен осуществлять функции накопления первичного (необработанного) гамма-спектра. Затем по разработанной методике в полученных спектрах проводят идентификацию пиков полного поглощения, а по ее результатам – собственно расчет течи и ведение базы данных. Эти функции возлагаются на ЭВМ, входящую в состав устройства определения протечек парогенератора. При необходимости управляющий компьютер должен передать требуемые данные о состоянии парогенератора в АСУ ТП АЭС в стандартном протоколе.

Кроме того, система должна включать обязательные блоки питания и управления, соответствующие обобщенной структурной схеме и общим требованиям к системам контроля на АЭС (рис. 1).

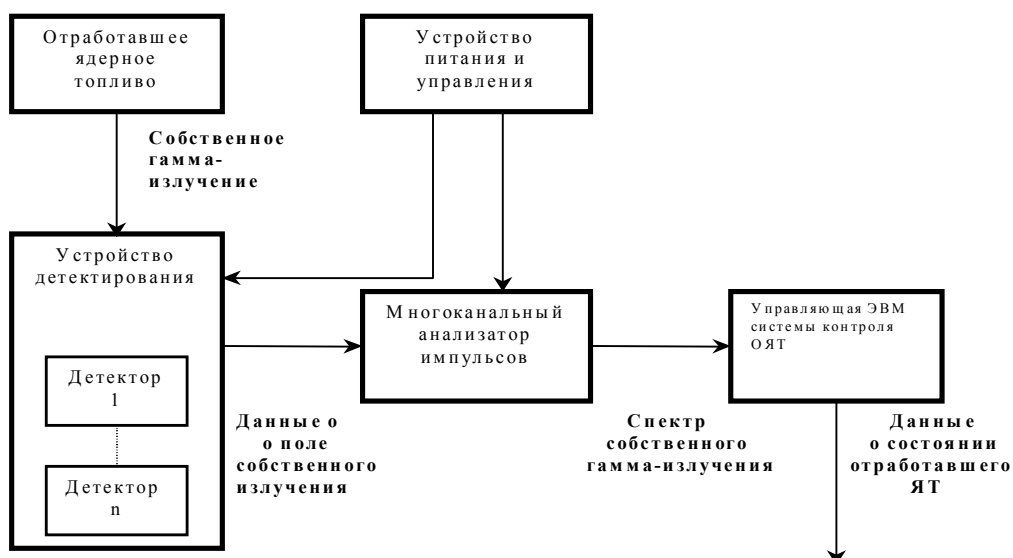


Рис.1. Структурная схема системы контроля состояния отработавшего ядерного топлива в реальном времени

#### Функциональное описание комплекса.

Концепция построения данного программно-технического комплекса радиационно-технологического контроля в реальном времени основана на следующих основных принципах [4]:

- распределенные многодетекторные измерения с возможностью выделения групп измерительных каналов для резервирования;
- распределенный вычислительный комплекс с дублированием результатов измерения;
- отказоустойчивые средства вычислительной техники на основе промышленных компьютеров;
- объединение подсистем через локальную сеть на базе HDSL-технологии, позволяющей получать высокоскоростной цифровой доступ по витой паре;
- диагностика технических и программных средств;
- системность, открытость, совместимость, стандартизация, унификация и эффективность.

На основании изложенной концепции и общего подхода к созданию системы, предложен состав технических средств ПТК РТК парогенератора (рис. 2):

- определения характеристик гамма-излучения теплоносителя, пара;
- обработки полученной информации;
- программного обеспечения (управление анализаторами, обработка спектров, связь между ЭВМ, представление полученной информации).

Устройство детектирования на основе CdZnTe-детектора предназначено для регистрации гамма-излучения и преобразования его в электрические сигналы с последующей передачей в амплитудный анализатор и представляет собой малогабаритное гамма-детектирующее устройство, измеряющее гамма-излучение в диапазоне от 100 до 2500 кэВ и от 20 до 8500 кэВ.

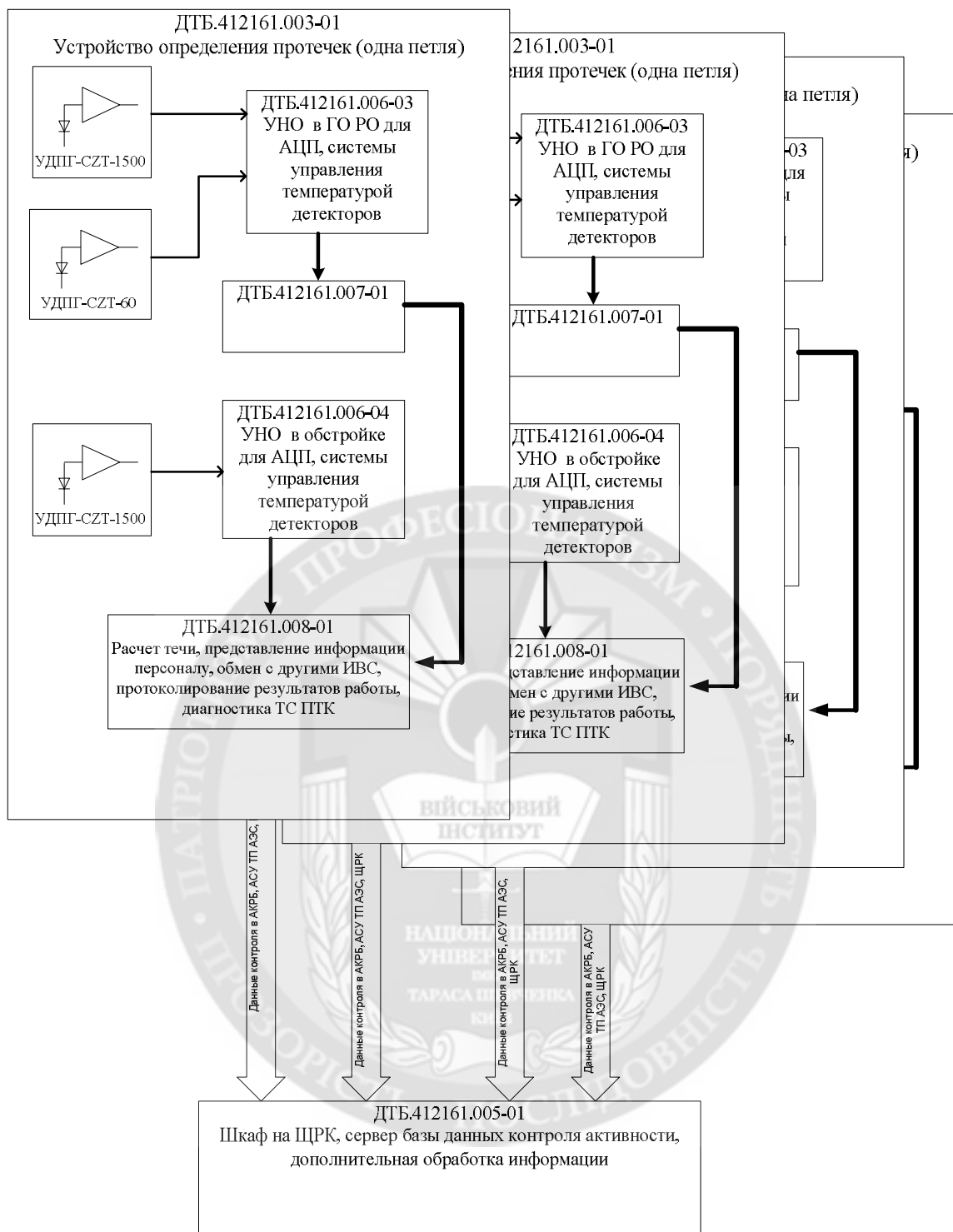


Рис. 2. Состав технических средств программно-технического комплекса радиационно-технологического контроля парогенератора

Устройство детектирования на основе CdZnTe-детектора предназначено для регистрации гамма-излучения и преобразования его в электрические сигналы с последующей передачей в амплитудный анализатор и представляет собой малогабаритное гамма-детектирующее устройство, измеряющее гамма-излучение в диапазоне от 100 до 2500 кэВ и от 20 до 8500 кэВ.

Устройства детектирования УДПГ-CZT-1500 и УДПГ-CZT-60 содержат CdZnTe кристалл, зарядочувствительный предварительный усилитель и водонепроницаемый корпус.

**Выводы.** Впервые разработаны программно-технические комплексы радиационно-технологического контроля состояния защитных барьеров. Они основаны на измерении спектров собственного гамма-излучения технологических сред АЭС в режиме реального времени. Один из комплексов предназначен для контроля протечек парогенератора по активности  $^{16}\text{N}$  для каждой петли теплоносителя. В состав комплекса входят несколько CdZnTe-детекторов, что позволило увеличить надежность всей системы и ее чувствительность. Предложена концепция построения комплекса и состав технических средств.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Matsson I. Studies of Nuclear Fuel Performance Using On-site Gamma-ray Spectroscopy and In-pile Measurements / Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, ISSN 1651-6214; 191, 2006. – 103 p.
2. Jacobsson Svård A Tomographic Measurement Technique for Irradiated Nuclear Fuel Assemblies Acta Universitatis Upsaliensis Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, ISSN 1104-232X; 967 Uppsala 85 pp.
3. Jacobsson S. A tomographic method for experimental verification of the integrity of a spent nuclear fuel assembly / S. Jacobsson, A. Bäcklin, A. Håkansson, P. Jansson // Conference proceedings from 19th annual symposium on safeguards and nuclear management, ESARDA, ISSN 1018-5593, 1997.
4. Maslov O.V. Determining of distribution burnup on fuel assemblies by emission tomography / O.V. Maslov, M.V. Maksimov // Book of Abstracts 2<sup>nd</sup> International Conference on Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy (NPAE-Kyiv2008). – Kyiv, 9–15 June, 2008. – P. 103.
5. Олейник С.Г. Пассивная компьютерная  $\gamma$ -томография ядерного топлива / С.Г. Олейник, В.А. Болтенков, О.В. Маслов // Атомная энергия. – 2005. – Т.98. – Вып. 3. – С. 227-229.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Ленков С.В., начальник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

к.т.н., доц. Банзак О.В.

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ РАДІАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОТІКАНЬ ПАРОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВІ ZN-ТЕ-ДЕТЕКТОРІВ**

*У даній статті, дотримуючись принципу спільності підходу, на підставі критерію реального часу запропоновано структуру програмно-технічного комплексу радіаційно-технологічного контролю (ПТК РТК), призначених для визначення протікання парогенератора по активності  $^{16}\text{N}$ .*

*Ключові слова: парогенератор, томографічний аналіз, ядерне паливо, продукти ділення, комплекс радіаційно-технологічного контролю.*

Ph.D. Banzak O.V.

**DEVELOPING SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX PROCESS CONTROL RADIATION-BASED OF STEAM GENERATOR LEAKS ZN-TE-DETECTOR**

*In given clause, following a principle of generality approach, on the basis of criterion real time it is offered structure of program-technical complex of the radiation-technological control (PTC RTC), the leaking of a steam and gas generator intended for definition on activity  $^{16}\text{N}$ .*

*Keywords: steam and gas generator, tomographic analysis, nuclear fuel, fission products, complex of radiation -technological control.*