

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ДИСТАНЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ



КОСАЧ
Алиса Анатольевна
Ведущий инженер-технолог



НАУМОВ
Вадим Николаевич
Канд. техн. наук,
ведущий научный сотрудник



ИГНАТЬЕВ
Александр Анатольевич
Руководитель группы испытательной на герметичность



ПОЛКОВНИКОВ
Алексей Васильевич
Начальник управления технологического контроля, экспертного и учебно-аттестационного обеспечения

АО «Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии – Атомстрой» (АО «НИКИМТ-Атомстрой»), Москва

АО «НИКИМТ-Атомстрой» является головной материаловедческой организацией ГК Росатом, одно из основных направлений деятельности которого представляет собой обращение с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами. От герметичности объектов, связанных с хранением и переработкой ОЯТ, зависят эффективность и безопасность ядерного топливного цикла. Соответственно, контроль герметичности – один из основных и ответственных видов неразрушающего контроля подобных объектов. Высокий уровень требований к герметичности их материалов и конструкций иллюстрируется величиной подлежащих выявлению сквозных дефектов, которая составляет до 10 нм.

Наиболее сложной и вместе с тем актуальной проблемой контроля герметичности в указанной области является контроль объектов, загрязненных радионуклидами и имеющих высокий уровень активности, в том числе содержащих ОЯТ, МОКС-топливо. Показательными являются следующие характеристики объектов контроля: гамма- и нейтронное излучение, наличие альфа-загрязнений на поверхности, мощность дозы на

поверхности до 10^4 мкЗв/ч, температура поверхности до 250 °С. Для таких объектов возможен только дистанционный автоматизированный способ взаимодействия оператора с объектом контроля.

Автоматизация контроля герметичности позволяет существенно уменьшить влияние человеческого фактора на результаты, повысить надежность системы и точность анализа данных, а также сократить время проведения контроля и оценки результатов, особенно на поточных линиях производства.

Автоматизированные системы контроля должны соответствовать следующим требованиям, обеспечивая:

- безопасность персонала в процессе контроля, при подготовке к нему, при обслуживании и ремонте установок;
- высокую чувствительность и достоверность контроля в сложных условиях;
- стабильность характеристик в течение длительного времени (десятилетия);
- автономность, помехоустойчивость;
- совместимость систем управления установок с АСУ верхнего уровня.

АО «НИКИМТ-Атомстрой» на сегодняшний день имеет обширный опыт создания дистанционно управляемого автоматизированного оборудования для контроля герметичности, в том числе:

- установки ОИ 011 контроля герметичности сварных соединений пеналов (контейнеров) после загрузки в них ОЯТ, которая позволяет контролировать герметичность и определять места течей масс-спектрометрическим методом по IV классу герметичности;
- установки СК 78 автоматизированного контроля герметичности уплотнений универсального комплекта хранения УКХ (контейнеров), которая позволяет выполнять высокочувствительный контроль УКХ (контейнеров) после загрузки в них РАО и ОЯТ манометрическим методом с дифференциальной системой измерения давления;
- установки СК 81 и СК 82 контроля герметичности твэлов с МОКС-топливом в пучке и в составе ТВС, которые позволяют проводить контроль суммарной герметичности масс-спектрометрическим методом по I классу герметичности;
- системы СК 111 выявления мест течей в сварных швах облицовки стен и пола бассейна выдержки АЭС без его разгрузки и слива рабочей жидкости – раствора борной кислоты;
- автоматизированной установки для удаления воздуха из пенала после загрузки в него ОЯТ и для заполнения его азотно-гелиевой смесью перед контролем герметичности;
- автоматизированной установки СА 724.10 [1] герметизации и дистанционного контроля герметичности масс-спектрометрическим методом замыкающего сварного шва пеналов (контейнеров) после загрузки в них радиоактивных отходов.

Установка ОИ 011 (рис. 1) обеспечивает дистанционный контроль герметичности двух замыкающих сварных соединений пенала способами шупа и вакуумирования соответственно. За счет автоматического управления процессами контроля герметичности полностью исключена необходимость работы оператора непосредственно с течеискателем или объектом контроля.

Течеискатель устанавливается в ремонтной зоне, примыкающей к горячей камере, в которой размещен объект контроля – пенал, заполненный ОЯТ, и через проходки с помощью специальных рукавов соединяется со шупом и локальной вакуумной камерой, необходимыми для контроля герметичности замыкающих сварных соединений пенала.

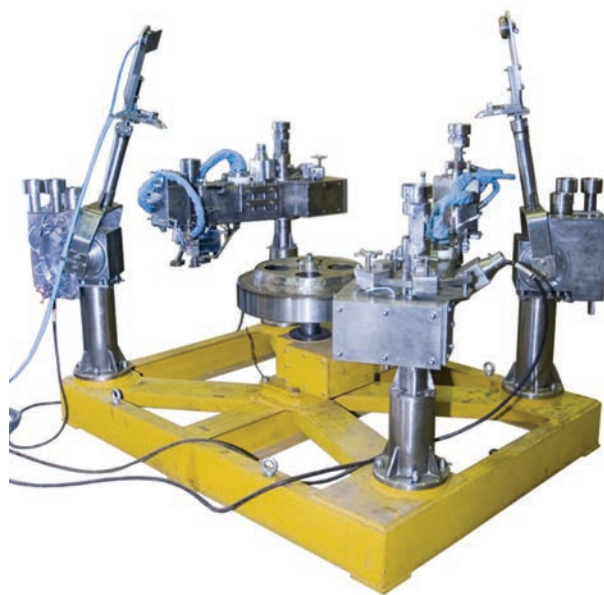


Рис. 1. Установка контроля герметичности сварных соединений пеналов после загрузки в них ОЯТ

Для исключения радиоактивного загрязнения течеискателя и ремонтной зоны на входе в него установлены аэрозольные фильтры, а выхлоп из откачной системы течеискателя по специальному шлангу осуществляется в горячую камеру. Необходимое для контроля замыкающих сварных соединений пенала позиционирование шупа и локальной вакуумной камеры проводится с помощью манипулятора и вращателя пенала. Все управление течеискателем и процессом контроля герметичности выполняют из безопасного операторского помещения. Работа обеспечивается в режиме удаленного доступа до 100 м.

Установка СК 78 обеспечивает автоматический контроль герметичности уплотнений разъемных соединений контейнера манометрическим методом. Высокая чувствительность контроля ($\Delta P < 400$ Па) и быстрдействие установки обеспечивается применением принципиально новой автоматизированной системы подготовки и управления процессами контроля с высокоточной дифференциальной системой регистрации изменения давления в объекте контроля. Весь ход и результаты процесса контроля отображаются на экране дисплея. Установка СК 78 – современный и простой в управлении аппарат основан на новейших цифровых технологиях и также допускает работу в режиме удаленного доступа.

Установка СА 724.10, принципиальная схема которой представлена на рис. 2, предназначена для контроля герметичности пеналов с ОЯТ, особен-

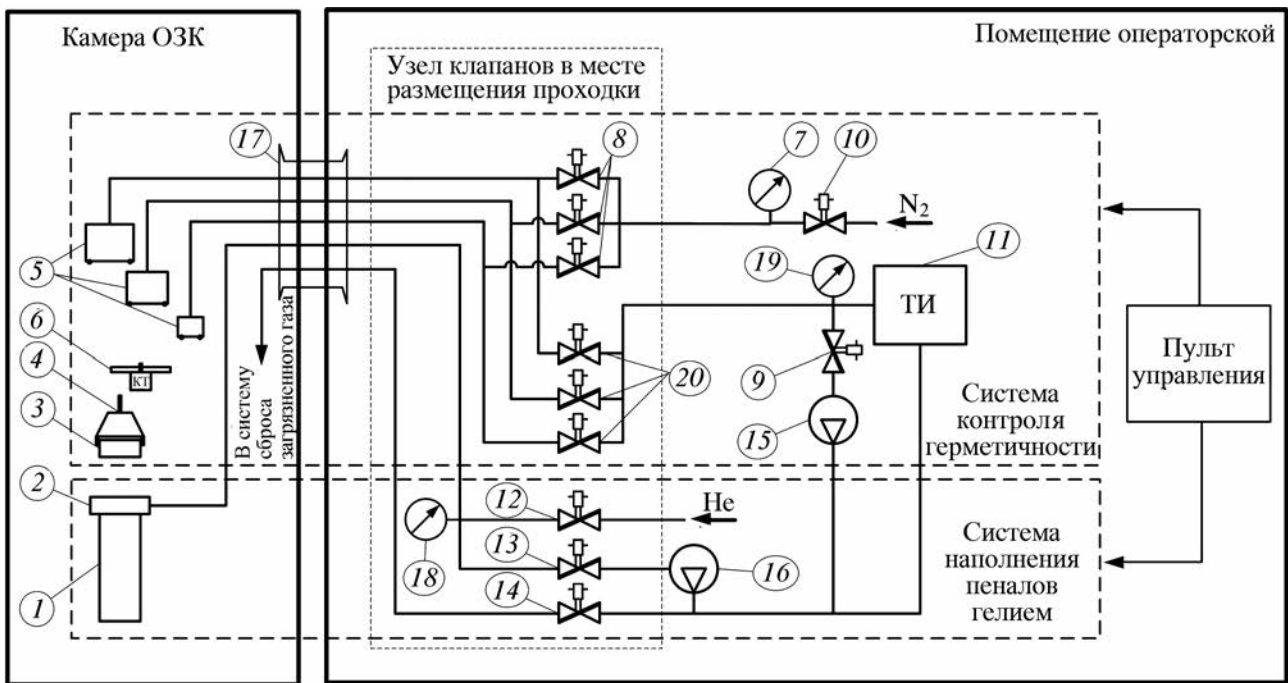


Рис. 2. Схема автоматизированной системы контроля герметичности пеналов:
 1 – пенал; 2 – устройство стыковочное; 3 – крышка пенала; 4 – манипулятор; 5 – локальная вакуумная камера;
 6 – контрольная течь; 7, 18, 19 – датчики давления; 8, 9, 10, 12, 13, 14, 20 – клапаны; 11 – течеискатель; 15,
 16 – форвакуумные насосы; 17 – проходка

ностью которых является отсутствие на них штуцеров для заполнения полости пеналов гелием после сварки замыкающего сварного соединения крышки 3 с корпусом пенала 1.

Экспериментально отработана методика создания в полости пенала необходимой концентрации гелия: перед заваркой замыкающего сварного шва пенал, наполненный радиоактивными отходами, с помощью устройства стыковочного 2 откачивается форвакуумным насосом, а затем опрессовывается гелием и выдерживается. Гелий сорбируется на внутренней поверхности пенала и поверхности радиоактивных отходов, благодаря чему удерживается необходимая концентрация гелия в полости пенала после снятия стыковочного устройства. После сварки на шов пенала устанавливается локальная вакуумная камера, подключенная к течеискателю, который, в свою очередь, анализирует поступающую газовую смесь и, если содержание гелия в смеси превышает установленный порог браковки, подает сигнал о негерметичности контролируемого изделия.

Благодаря автоматизации и дистанционному управлению системой контроля герметичности персонал не контактирует с высокорadioактивными объектами и находится в ремонтной зоне толь-

ко во время обслуживания оборудования, причем настройка аппаратуры происходит дистанционно с пульта управления.

Управление системой контроля герметичности осуществляется в автоматическом и полуавтоматическом режимах, пользовательский многооконный интерфейс реализован на компьютере, находящемся в операторском помещении. В ремонтной зоне располагаются: клапаны, измерительные приборы, насосы, течеискатель и программируемый логический контроллер (ПЛК), управляющий перечисленным оборудованием.

Опыт создания автоматизированных дистанционных систем одного из сложнейших видов неразрушающего контроля – контроля герметичности, накопленный в АО «НИКИМТ-Атомстрой», может быть использован не только в атомной энергетике, но и в других отраслях, где условия представляют собой опасность для человека, в том числе в космосе, океане, под землей и т. д.

Библиографический список

1. Косач А.А., Ковшов Е.Е. Программно-аппаратные средства промышленной автоматизации в управлении дистанционным контролем герметичности изделий // Cloud of Science. 2017. V. 4. N 2. P. 264–273.

АО «НИКИМТ-Атомстрой»

имеет следующие основания заявить о готовности решить любую задачу в области контроля герметичности:

- ✓ Многолетний опыт создания технологий и средств контроля герметичности различных объектов ядерного топливного цикла от ядерного реактора до контейнера с ОЯТ
- ✓ Создание и внедрение автоматизированных дистанционно управляемых систем контроля суммарной и локальной герметичности объектов в условиях высокой радиации, исключающих работу в них человека. Более 10 типов наших установок контроля работают на предприятиях отрасли
- ✓ Разработка, изготовление и поставка новых средств контроля герметичности, пользующихся спросом у различных заказчиков – от нефтегазовой отрасли до Роскосмоса, в том числе пенопеночного индикатора, сольватного индикатора, контрольных течей, пузырьковых вакуумных камер
- ✓ В сотрудничестве с Роскосмосом разработаны теоретические и практические основы выявления сквозных дефектов нанометрового размера

