

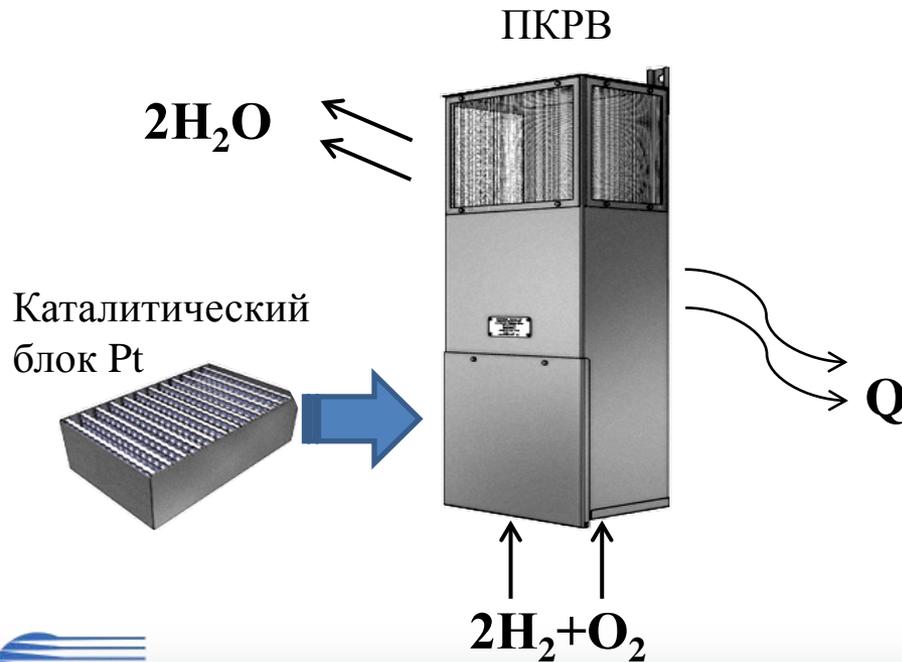
**«XIV Забабахинские научные чтения»
18-22 марта 2019 г., г. Снежинск**

**«Разработка и внедрение технологии испытания
серийных образцов рекомбинаторов сжигания водорода
на экспериментальной базе РФЯЦ-ВНИИТФ»**

А. А. Тараканов, Е. В. Безгодов, Д. Л. Мошкин, М. В. Никифоров, С. Д. Пасюков,
И. А. Попов, В. Г. Серебряк, Ю. С. Уфимцев, В. Н. Федюшкин

Актуальность

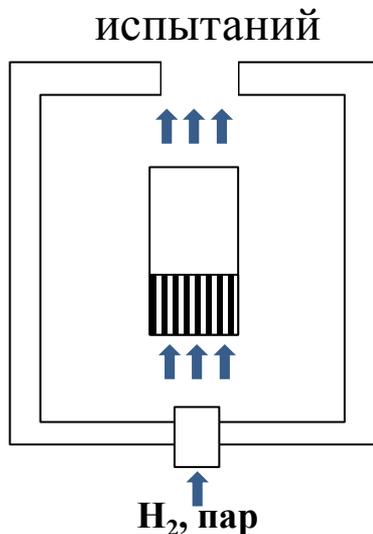
В большинстве стран, в том числе в России, принято и реализуется решение об оснащении действующих и строящихся АЭС системами аварийного беспламенного сжигания водорода – пассивными каталитическими рекомбинаторами водорода (ПКРВ), с целью предотвращения скопления водорода под защитной оболочкой реактора атомных электростанций.



До настоящего времени не существовало универсальных методик испытаний ПКРВ (т.е. применимых к любому типу ПКРВ) для определения, подтверждения и сравнения их основных характеристик.

Предпосылки и цели выполнения работ

Существующая технология



T-var. Температура

P-1 атм. Давление

ϕ -var. Влажность

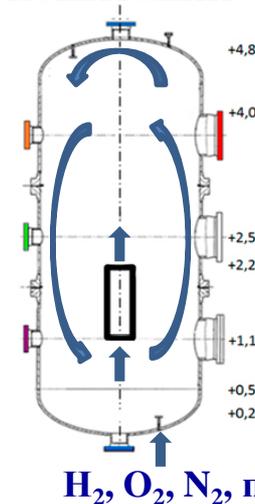
T-const
(до 200°C)

P-const
(до 5 атм.)

ϕ -const
(до 100%)

Разрабатываемая технология

испытаний



Основные недостатки существующей технологий испытаний:

- постановка испытаний не воспроизводит условия, возможные при аварии на АЭС;
- отсутствие аттестованных стендов и методик испытаний;
- малое количество измеряемых параметров и плотность размещения датчиков;
- отсутствие измерений объемной доли водяного пара.

Цель работы: формирование технологии испытания ПКРВ с разработкой универсальных методик испытаний для тестирования как опытных образцов ПКРВ, так и используемых в настоящее время на АЭС, с целью подтверждения паспортных характеристик и выявления особенностей их работы, неучтенных разработчиками ПКРВ.

Описание экспериментальной базы

Назначение: Стенд предназначен для проведения экспериментов с ВПГС при температуре до 200°C и давлении до $0,5\text{ МПа}$ (создан в 2015 г.). Аттестован в соответствии с ГОСТ Р 8.568-97 (Аттестация испытательного оборудования).

Системы стенда

- Система теплообмена и термостабилизации;
- Система вентиляторов;
- Система нормированной подачи газов.

Системы регистрации

Температуры

Назначение: Измерение температурных полей внутри и на поверхности ЭУ контактным методом с помощью термоэлектрических преобразователей.

- До 120 каналов регистрации;
- Диапазон измерения от минус 25 до 800°C .

Статического давления

Назначение: Измерение избыточного давления в диапазоне от 0 до $0,6\text{ МПа}$.

Динамического давления

Назначение: Измерение избыточного давления в диапазоне от $0,25$ до $2,5\text{ МПа}$.



Описание экспериментальной базы

Система скоростной видеосъемки

Назначение: визуализации горения ВПГС внутри ЭУ методом теневой съемки на тыльном экране из световозвращающей пленки в расходящемся пучке света.



Система дискретного контроля газового состава (ДСКГС)

Назначение: Многоточечное измерение концентрации газов в ЭУ.

- До 30 каналов регистрации;
- Одновременный отбор газа в различных точках ЭУ, или последовательный из одной точки;
- Программируемые интервалы отбора газовых проб;
- Анализ газового состава с помощью хроматографа.



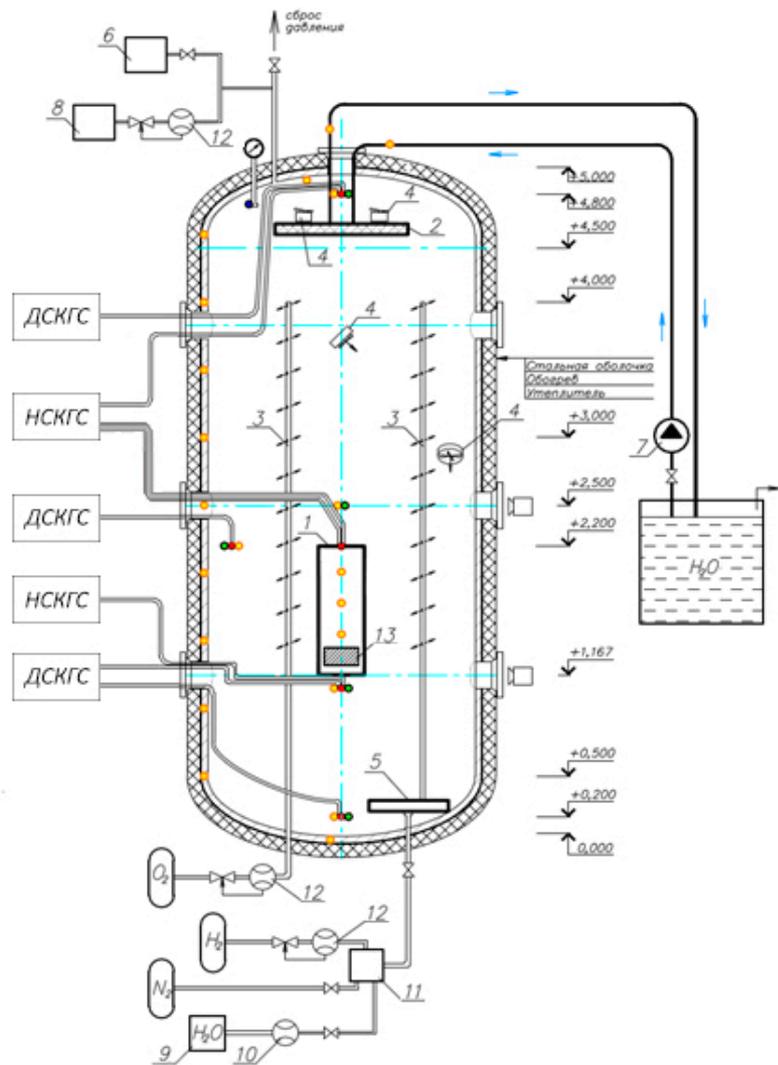
Система непрерывного контроля газового состава (НСКГС)

Назначение: Многоточечное непрерывное измерение объемных долей водорода (до 40 %) и кислорода (до 30 %) в парогазовых смесях с объемной долей водяного пара до 70 %.

Система измерения относительной влажности

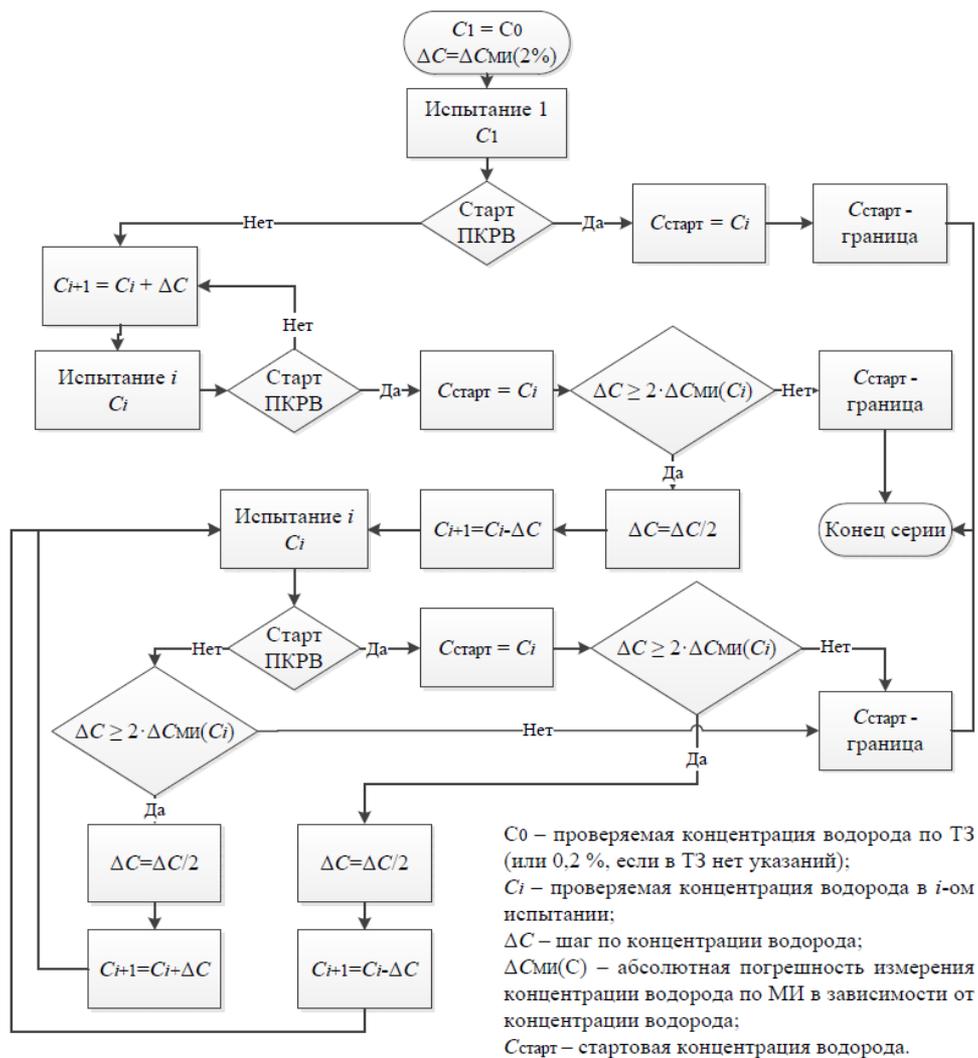
Назначение: Многоточечное непрерывное измерение значений относительной влажности в ЭУ при проведении опытов в диапазоне температур до 180 °С и относительной влажности до 100 %.

Технология проведения испытаний

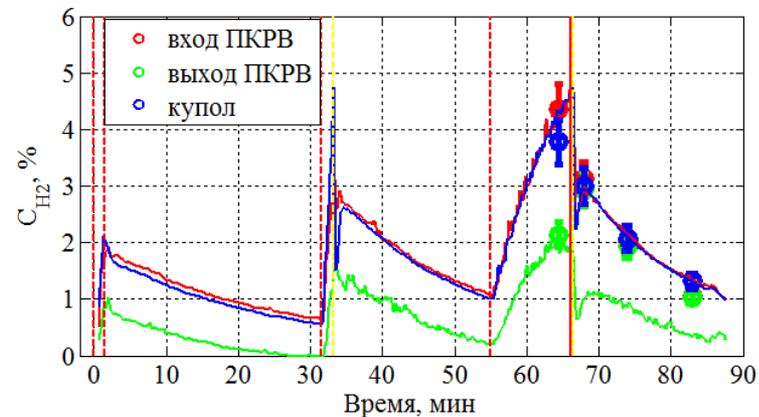


- - точка пробоотбора
 - - датчик влажности
 - - датчик температуры
 - - датчик квазистатического давления
 - ⊙ - манометр
 - ⊗ - клапан
 - 📹 - видеокамера
- 1 - ПКРВ
 - 2 - теплообменник
 - 3 - раздающая труба
 - 4 - вентилятор
 - 5 - нагреватель смеси
 - 6 - вакуумный насос
 - 7 - насос
 - 8 - компрессор
 - 9 - парогенератор
 - 10 - расходомер
 - 11 - смеситель
 - 12 - расходомер-регулятор
 - 13 - каталитический блок

Разработка методик испытаний



В методиках описаны алгоритмы проведения испытаний серийных образцов ПКРВ, представлены критерии успешности испытания, рекомендации по проведению дополнительных испытаний при отрицательном результате, приведена оценка погрешностей результатов. При этом характеристики ПКРВ могут быть определены двумя методиками измерений, независимыми друг от друга, что повышает точность регистрации этих характеристик.



Аттестация стенда и методик испытаний

Для государственной аттестации стенда по исследованию водородной безопасности выпущен пакет технической документации и проведена серия необходимых испытаний. Аттестация проводилась в соответствии с ГОСТ Р8.568-97 и ГОСТ РВ 0008-002-2013.

Проведена аттестация методик измерения:

- Измерение температуры на стенде для исследования ВБ;
- Измерение относительной влажности ВПГС в точках объема камеры;
- Измерение избыточного давления в камере для исследования ВБ;
- Измерение объемной доли водорода и кислорода на основе НСКГС;
- Измерение объемной доли водяного пара на стенде для исследования ВБ;
- Измерение объемной доли водорода, кислорода и азота на стенде для исследования ВБ на основе ДСКГС;
- Измерение объемной доли водорода, кислорода и азота на стенде для исследования ВБ на основе НСКГС.

Разработаны и аттестованы две методики для проведения испытаний пассивных каталитических рекомбинаторов водорода (ПКРВ):

1. Методика испытаний по определению стартовых характеристик ПКРВ;
2. Методика испытаний по определению предела «поджига».

По договорам с АО «ВНИАЭС» и АО «Концерн Росэнергоатом» проведены испытания серийных образцов рекомбинаторов ПКРВ РВК500 (24 эксперимента).



Выводы

- В РФЯЦ-ВНИИТФ создан, не имеющий аналогов, аттестованный стенд.
- Отработана и внедрена технология проведения испытаний серийных образцов рекомбинаторов.
- Разработанная технология проведения испытаний позволяет определять, подтверждать и сравнивать основные характеристики различных рекомбинаторов.
- Проведены испытания серийных образцов рекомбинаторов.
- Результаты испытаний применимы для развития CFD-кодов и разработки моделей рекомбинатора.

