



# Автоматизированная система научных исследований «Тритий»

Владимир Калинин, Вячеслав Сорокин, Юрий Зуев, Юрий Долинский

Представлена структура узла автоматизации установки для исследования взаимодействия материалов с тритием на базе промышленных модулей серии ADAM-4000.

## Назначение

В настоящее время проблема выбора материала первой стенки проектируемых термоядерных реакторов (ТЯР) не решена и наряду с вопросами удержания плазмы является одной из основополагающих. Материал первой стенки должен обладать комплексом уникальных свойств, а именно высокой радиационной стойкостью, прочностью, низкой активируемостью после облучения термоядерными нейтронами, совместимостью с водородной плазмой. Последнее требование включает в себя следующие качества:

- низкая проницаемость трития из зоны горения плазмы в окружающую среду;
- незначительное накопление трития в материале;
- приемлемая величина рециклинга (возврат растворенного материалом водорода в плазму);
- низкая испаряемость материала под воздействием температуры и бомбардировки ионами пристеночной плазмы.

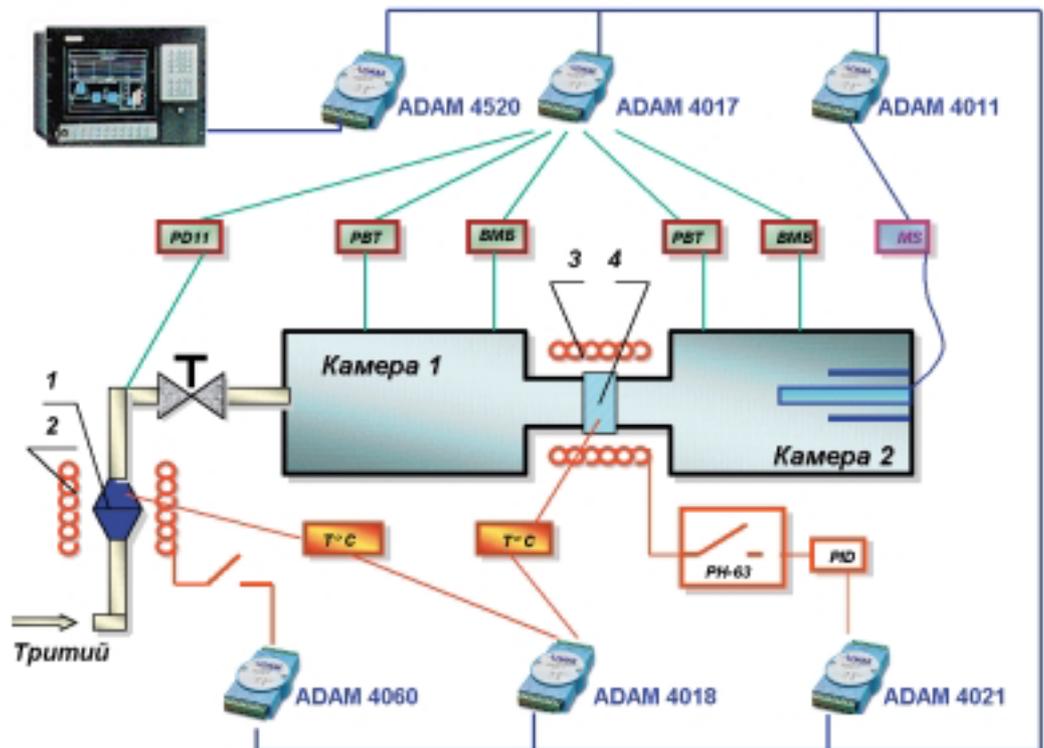
Поскольку в мире не существует установок, способных обеспечить исследование материалов под воздействием всего перечисленного комплекса факторов, в настоящее время наметилась тенденция к оценке свойств конструк-

ционных материалов первой стенки ТЯР с использованием методов математического моделирования на основе ряда исходных параметров.

Разработанная и изготовленная в физико-экспериментальном отделении ВНИИ Технической Физики автомати-

зированная система научных исследований АСНИ «Тритий» предназначена для определения следующих параметров взаимодействия трития с кандидатными материалами первой стенки ТЯР:

- коэффициент диффузии;
- коэффициент проницаемости;



Условные обозначения:  
1 — палладиевый фильтр; 2 — печь фильтра; 3 — печь мембраны; 4 — мембрана; ВМБ, PBT, PD11 — датчики давления и вакуума; MS — мас-спектрометр; PH-63 — регулятор напряжения

Рис. 1. Структурная схема установки для исследования взаимодействия материалов с тритием

- коэффициент растворимости (константа Сиверса);
- коэффициент поверхностной рекомбинации;
- проницаемость трития при воздействии тлеющего разряда.

Основой системы является экспериментальная установка, представляющая собой две вакуумные камеры К1 и К2, разделенные мембраной (4) из исследуемого конструкционного материала (рис. 1).

Камера К1 служит для напуска в нее трития. Она снабжена датчиками измерения давления и вакуума (ВМБ, РВТ, РД-11). В камеру герметично введены два токовода для подачи напряжения, обеспечивающего питание тлеющего разряда.

Камера К2 предназначена для регистрации проникающего через образец потока трития. Она снабжена датчиками измерения вакуума (ВМБ, РВТ) и резонансным масс-спектрометрическим датчиком (MS). На рис. 2 представлен общий вид установки.

Работа установки осуществляется в двух режимах:

- исследование взаимодействия материалов с тритием в молекулярной форме;
- исследование взаимодействия материалов с тритием из тлеющего разряда.

Исследование проницаемости при взаимодействии материала с тритием из газовой фазы производится с целью определения коэффициента диффузии и коэффициента растворимости трития в материале. Измеряемыми в данном эксперименте величинами являются температура образца, давление водорода над входной поверхностью мембраны, величина и время установления стационарного потока диффундирующего через образец трития.

Диффузионные процессы при взаимодействии материала с водородом из тлеющего разряда являются наиболее приближенными к реальным условиям работы в ТЯР. Обработка результатов и получение констант взаимодействия материал—третий в этом случае затруднены, однако величины проходящего через материал потока



Рис. 2. Общий вид установки для исследования взаимодействия материалов с тритием

третия сами по себе имеют практическую ценность. Кроме того, после окончания экспериментов по проницаемости возможны дополнительные исследования образцов на содержание в них задержанного трития, скорость дегазации, изменение механических свойств и проведение работ по материаловедению. Измеряемыми в данном эксперименте величинами являются давление трития в камере К1, ток разряда, температура образца, величина и время установления стационарного потока диффундирующего трития.

### Техническая реализация

В качестве первичных измерительных преобразователей в установке использованы:

- реле вакуумное теплоэлектрическое (РВТ-2М),
- термопары (ХК),
- вакуумметр магнитный электроразрядный (ВМБ-1),
- омега-тронный измеритель парциальных давлений (MS),
- измеритель давлений-баратрон (РД-11).

Все перечисленные приборы имеют унифицированный выходной электрический сигнал напряжения постоянного тока 0-10 В и 0-20 мВ.

Для обеспечения заданных температурных режимов работы основных узлов установки использован регулятор напряжения РН1-63-УХЛ4.

Узел автоматизации установки разработан на базе промышленных модулей се-

рии ADAM-4000 фирмы Advantech:

ADAM-4018 — восьмиканальный модуль ввода аналоговых сигналов. Предназначен для регистрации сигналов с термопар;

ADAM-4017 — восьмиканальный модуль ввода аналоговых сигналов (0-10 В). Предназначен для регистрации сигналов с датчиков давления;

ADAM-4021 — модуль вывода аналоговых сигналов. Предназначен для управления работой регулятора напряжения при нагреве мембраны и поддержания ее температуры в заданном диапазоне;

ADAM-4060 — релейный выход. Модуль предназначен для управления работой печи нагрева палладиевого фильтра системы очистки трития;

ADAM-4011 — модуль ввода аналогового сигнала (0-20 мВ). Предназначен для регистрации потока диффундирующего через мембрану трития камеры К2;

ADAM-4520 — модуль связи с управляющей машиной (конвертор RS-232/RS-485).

Промышленные модули расположены в 19" корпусе из состава стойки управления работой установки (рис. 3).

Программное обеспечение (ПО) управления работой установки было разработано с использованием пакета Genie. Использование графического интерфейса в сочетании с широким разнообразием математической обработки экспериментальных данных позволило спроектировать наглядную, удобную и относительно простую программу управления. Для поддержания температуры мембраны в заданном диапазоне применяется алгоритм PID-регулирования.



Рис. 3. Расположение модулей ADAM в стойке управления установки

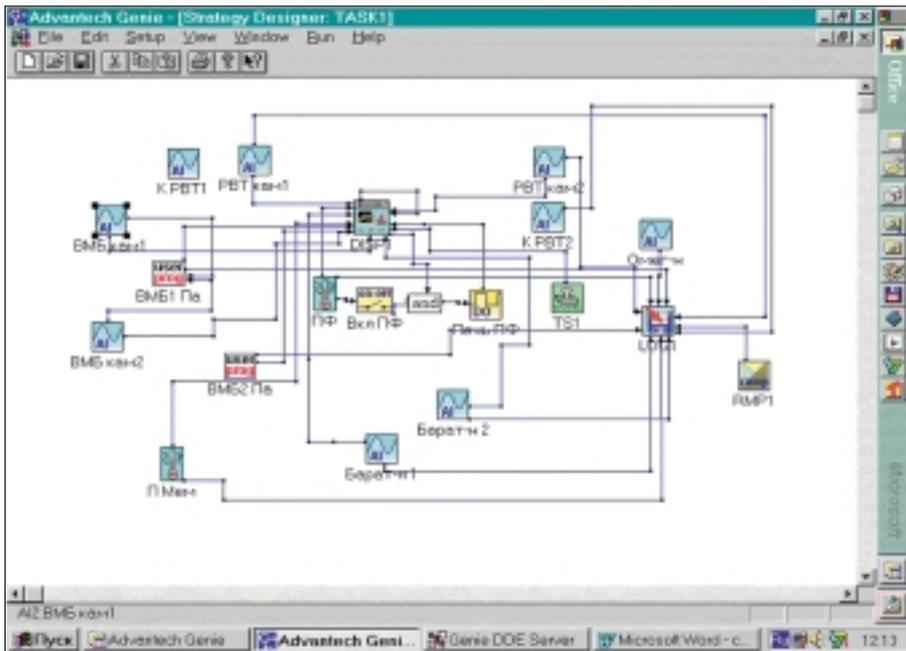


Рис. 4. Программа управления работой установки для исследования взаимодействия материалов с тритием. Использован редактор стратегий Genie



Рис. 5. Вид рабочего окна программы управления работой установки

При создании ПО разработан ряд прикладных программ, предназначенных для преобразования значений выходных электрических сигналов первичных датчиков в физические величины в соответствии с их градуировочными характеристиками.

На рис. 4 представлен алгоритм, а на рис. 5 — вид основного рабочего экрана программы управления.

### Заключение

Отличительной чертой экспериментальных установок является непостоянный характер проводимых на них работ. Действительно, промышленная установка предполагает налаженный технологический процесс, повторяющийся изо дня в день. Экспериментальная установка должна быть легко перенастраиваемой как аппаратно, так и программно. Отсюда и требования, предъявляемые к ней: модульность, унификация оборудования, простота монтажа и управления. Всем этим требованиям удовлетворяет оборудование фирмы Advantech, использованное в системе автоматизации установки для исследования взаимодействия материалов с тритием.

В результате выполненной работы была разработана и изготовлена экспериментальная установка, на которой в настоящее время проводятся работы по определению ряда параметров, характеризующих взаимодействие различных конструкционных материалов первой стенки ТЯР с тритием.

Установка находится в эксплуатации в течение года; отказов аппаратуры за этот период не отмечено. Приятно удивили сроки изготовления системы автоматизации – на всю работу было затрачено три месяца. ●