

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И АВАРИЙНОГО УДАЛЕНИЯ ВОДОРОДА В ГЕРМООБЪЕМЕ ЭНЕРГОБЛОКА С РЕАКТОРОМ ТИПА ВВЭР

К.В. Митряева
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС, группа 5031

Введение

При нормальной эксплуатации водород всегда присутствует в теплоносителе первого контура реакторной установки вследствие радиолиза, термолиза и других технологических процессов. Поэтому проблема обоснования водородной взрывобезопасности является актуальной и для условий нормальной эксплуатации, что подтверждается нарушениями, отмеченными на российских и зарубежных водоохлаждаемых энергоблоках, где были зафиксированы возгорания гремучей смеси в коллекторах парогенераторов и «хлопки» гремучей смеси под крышкой реактора при нахождении РУ в «холодном» состоянии [1].

Назначение СКАУВ

Система контроля концентрации и аварийного удаления водорода в ГО предназначена для предотвращения образования взрывоопасных смесей путем поддержания объемной концентрации водорода в смеси ниже критериев безопасности, характеризуемых установленными проектными пределами в условиях проектных и запроектных аварий, а также обеспечивает контроль состава газовых сред в ГО.

Состав СКАУВ

Система контроля концентрации и аварийного удаления водорода в ГО (СКАУВ) состоит из системы аварийного удаления водорода (ПКРВ) в ГО и системы контроля концентрации водорода в ГО (СККВ).

В системе аварийного удаления водорода, обеспечивающей водородную взрывобезопасность в помещениях ГО, применяются пассивные каталитические рекомбинаторы водорода (ПКРВ), которые располагаются в местах возможного скопления водорода, что позволяет выполнять заданную функцию при любом состоянии атмосферы в ГО, при этом перемешивание среды с целью создания однородной атмосферы не требуется.

Система аварийного удаления водорода является пассивной системой безопасности и функционирует независимо от каких-либо управляющих воздействий.

Система аварийного удаления водорода

В системе аварийного удаления водорода, обеспечивающей водородную взрывобезопасность в помещениях ГО, применяются пассивные каталитические рекомбинаторы водорода (ПКРВ), которые располагаются в местах возможного скопления водорода, что позволяет выполнять заданную функцию при любом состоянии атмосферы в ГО, при этом перемешивание среды с целью создания однородной атмосферы не требуется.

Система аварийного удаления водорода является пассивной системой безопасности и функционирует независимо от каких-либо управляющих воздействий.

В состав системы аварийного удаления водорода входят [2]:

- комплект автономных пассивных каталитических рекомбинаторов водорода (ПКРВ);
- стенд контрольно-выборочных испытаний (КВИ) ПКРВ в период пуска-наладочных работ (ПНР) и при планово-профилактических работах (ППР) в период эксплуатации энергоблока АЭС.

Система контроля концентрации водорода и кислорода в защитной оболочке здания реактора (СККВ)

Система контроля концентрации водорода и кислорода (СККВ) в защитной оболочке здания реактора предназначена для контроля состава газовых сред с целью получения оперативной информации о параметрах газовых сред в защитной оболочке здания реактора.

СККВ содержит [2]:

- измерительные комплексы газоанализаторов водорода-кислорода (ГВК);
- газоанализатор водорода (ГВ-01);
- аппаратно-программный анализатор (АПА);
- блок отображения сигналов (БОС).

Параметры СКАУВ при нормальной эксплуатации

Система аварийного удаления водорода начинает функционировать при температуре атмосферы контайнмента не менее 20 °С, при объемной концентрации водорода не менее 0,45 %.

Принцип действия ПКРВ заключается в рекомбинации водорода и окиси углерода с кислородом воздуха на катализаторе без подвода энергии. ПКРВ вступает в работу по мере поступления водорода в помещения ГО. При попадании водорода и/или монооксида углерода на поверхность катализатора происходит рекомбинация с кислородом воздуха. При этом образуется вода и выделяется тепло, за счет которого возникает конвективный поток среды через ПКРВ, способствующий перемешиванию атмосферы в ГО [3].

Принцип действия датчика концентрации водорода основан на свойстве проводника из сплава палладий-серебро поглощать водород из анализируемой парогазовой смеси и изменять при этом свое электросопротивление. Количество поглощенного водорода пропорционально его парциальному давлению и, следовательно, объемной концентрации, а изменение электросопротивления пропорционально количеству поглощенного водорода. Таким образом, по величине изменения сопротивления, и зная давление парогазовой смеси, определяется концентрация водорода. Рабочая температура датчика поддерживается на уровне $250 \pm 1^\circ\text{C}$.

Принцип действия датчика концентрации кислорода основан на изменении э.д.с. твердоэлектrolитной концентрационной гальванической ячейки в зависимости от парциального давления кислорода в парогазовой смеси. В свою

очередь парциальное давление кислорода в смеси определяет объемную концентрацию последнего. Рабочая температура датчика поддерживается на уровне 500 ± 1 °С.

Состояние водородсодержащей смеси в ГО определяется в виде точки текущего состояния паро-воздушно-водородсодержащей смеси (треугольная диаграмма Шапиро-Моффетти в координатах «концентрация пара, воздуха - концентрация водорода») [4].

Критерием безопасности при проектных авариях является состояние атмосферы в ГО, определенное вне области В (вне «полуострова» дефлаграции) на рисунке 1.

Критерием безопасности при запроектных авариях является состояние атмосферы под защитной оболочкой, определенное вне области А (вне «полуострова» детонации).

В качестве проектного предела для проектных аварий принят следующий показатель – не более 2 % объемной концентрации водорода в среднем по объему ГО, то есть 50 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР).

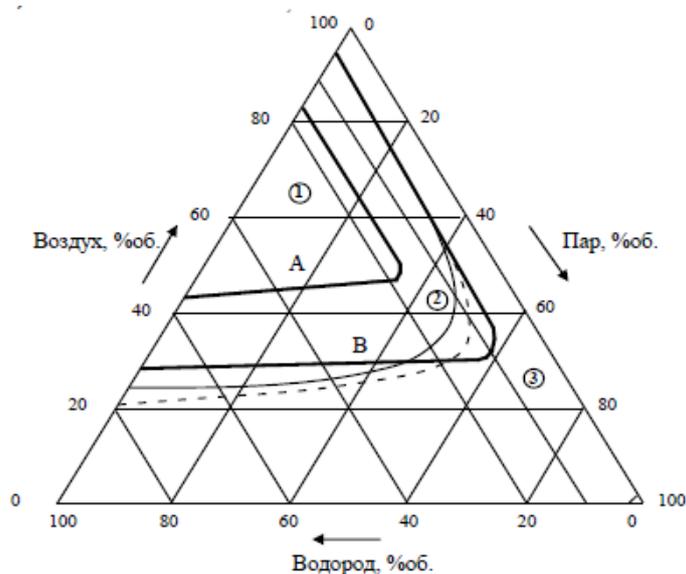


Рис. 1. Треугольная диаграмма Шапиро-Моффетти для смеси водород – воздух – пар

А – область детонации
В – область дефлаграции
— T = 20...80 °С, P = 101 кПа
— T = 149 °С, P = 101 кПа
----- T = 149 °С, P = 892 кПа
① - состояние взрывоопасности (область детонации);
② - состояние взрывоопасности (область дефлаграции);
③ - состояние взрывобезопасности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кириллов И.А. Обеспечение водородной безопасности на атомных электростанциях с водоохлаждаемыми реакторными установками. Современное состояние проблемы. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://blog.secnrs.ru/wp-content/uploads/2017/07/hydrogen_safety.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
2. Инструкция по эксплуатации системы контроля и аварийного удаления водорода в гермообъеме энергоблока №5 НВАЭС №5.2. СКАУВ.ИЭ
3. Воробьев В.В. Расчет влияния отравления на производительность пассивного каталитического рекомбинатора водорода. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2017/documents/mntk2017-137.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Shapiro Z.M., Moffette T.R. Hydrogen flammability data and application to PWR loss-of-coolant accident

Научный руководитель: С.В. Лавриненко, старший преподаватель, каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

ОПИСАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВАКУУМНОГО КОНТУРА

И.Н. Нурболова

Государственный университет имени Шакарима города Семей

Газовая система входит в состав технологических систем реактора и предназначена для создания и поддержания в газовой полости реактора гелиевой среды, контроля давления газовой среды, обеспечения безопасных условий при проведении ремонтных и профилактических работ, а также наполнения реактора гелием или азотом, отбора проб для химических анализов и радиометрических измерений. Газовая система состоит из:

1. Газовакуумного контура. Газовакуумный контур предназначен для вакуумирования газовой полости реактора при подготовке к заполнению ее гелием, обеспечения циркуляции воздуха через газовые полости реактора при выполнении работ, связанных с разгерметизацией реактора.
2. Систем предохранительных клапанов. Система предохранительных клапанов предназначена для защиты корпуса от превышения давления. Система предохранительных клапанов включает в себя предохранительные – электромагнитные клапаны, управляемые двумя электроконтактными манометрами. Клапаны взводятся (закрываются) при подготовке к пуску, при проверке схемы управления и сигнализации, а также проверке герметичности этих клапанов. При увеличении давления в газовой полости реактора выше значения $16 \cdot 10^{-2}$ кгс/см² срабатывает предупредительная световая и звуковая сигнализация. А при