

Рассматриваются варианты «ручной» работы (эксперт интерактивно определяет схему), и в автоматическом режиме, когда исполняющий модуль компонента «Адаптация», обрабатывая определенную исходную информацию, предлагает на выбор несколько вариантов схем наблюдений.

Резюмируя результаты можно отметить, что разработанная интегрированная компьютерная система дает возможности манипулирования исходными данными, сопоставления цифровых геологических моделей, формирования эталонов, подготовки наборов данных для возможных интерпретаций экспертов, анализа получаемых разными способами результатов.

Список использованных источников

1. Таранчук В.Б. Интегрированный программный комплекс тестирования геологических моделей / В.Б. Таранчук // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2017. – № 16 (265) том 43. – С. 148-159.

2. Таранчук В.Б. Графический сервис вычислительного эксперимента: учеб.-метод. пособие / В.Б. Таранчук. – Минск: БГУ, 2009. – 124 с.

3. Таранчук В.Б. Особенности функционального программирования интерактивных графических приложений / В.Б. Таранчук // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия, раздел Математика. – 2015. – № 6 (128). – С. 178-189.

4. Taranchuk V.B. Development of interactive teaching materials for computer mechanics / V.B. Taranchuk, M.A. Zhuravkov // Vestnik BGU. Ser. 1, Fiz. Mat. Inform. – 2016. – No. 3. – P. 97-107 (in Engl.).

УДК 621.039(083.75)

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ПАССИВНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО РЕКОМБИНАТОРА ВОДОРОДА

В.В. Сорокин

Белорусский национальный технический университет

Для повышения противоаварийной устойчивости и безопасности современной АЭС с ВВЭР решающим элементом оказывается четвертый барьер – локализирующая система безопасности, с основным элементом – герметичным объемом. Для защиты барьера необходимо решить проблему, связанную с выходом большого количества водорода под оболочку при тяжелой аварии с возможностью воспламенения и взрыва [1–4].

Водород удаляют при помощи пассивных рекомбинаторов водорода [5, 6]. Для экспериментальной проверки работоспособности устройств невозможно создать среду адекватную аварийной, поэтому моделирование приобретает исключительно важное значение [3, 5, 7].

В качестве конкретного объекта моделирования выбран рекомбинатор с катализатором нанесенный на пластины фирмы Арева [5, 6]. Рекомбинатор состоит из металлического корпуса и кассеты. В кассете установлен ряд параллельных пластин, покрытых слоем платинового катализатора.

Корпус открыт сверху и снизу в атмосферу. При наличии водорода в атмосфере, он попадает на пластины, последние разогреваются, повышается температура окружающей газовой среды и начинается естественная циркуляция атмосферы через аппарат. На выходе формируется струя нагретого газа с пониженным содержанием водорода.

Работу рекомбинатора сопровождает множество сложных значимых факторов: событий и условий, меняющихся со временем [1, 2, 4, 7], примером их учета на практике могут служить документы [8, 9]. Детальнее факторы рассматриваются при составлении и анализе отчета по безопасности блока АЭС. Данное исследование посвящено оценке теплового эффекта и производительности рекомбинатора.

Создана теплогидродинамическая модель рекомбинатора водорода в составе щелевых каналов со стенками, покрытыми катализатором и тягового корпуса. В модели учтены процессы теплоотдачи от стенки к газу, диффузионный обмен веществами между течением и стенками, реакция между кислородом и водородом на поверхности платинового катализатора. Влияние свободной конвекции на коэффициент теплоотдачи учтено по [10], кинетики химической реакции по [11], тяга вычисляется по балансу сил Архимеда и сопротивления, причем коэффициент сопротивления установлен с использованием данных [6]. Параметр скорости химической реакции получен с использованием экспериментальных данных РЕКО-3 [12].

Расчетом установлено, что температура выхлопной струи из рекомбинатора при объемной концентрации водорода 2% и более превышает 240 °С; содержание водорода составляет 17–33% от исходного. Производительность рекомбинаторов при аварийных параметрах среды не ниже заявленных изготовителем и проектантом. Производительность линейно растет с ростом объемной концентрации водорода в среде. Новизна заключается в детализации теплового эффекта и независимом подтверждении производительности рекомбинатора, установленной линейности характеристики рекомбинатора.

Результаты будут использованы при анализе отчета по безопасности блоков Белорусской АЭС на стадии эксплуатации. Результаты могут использоваться при анализе тяжелых аварий с течами ВВЭР, PWR и LWR.

Список использованных источников

1. Безлепкин В.В. Обеспечение водородной безопасности АЭС с ВВЭР-1000 / В.В. Безлепкин и [др.] // Теплоэнергетика, 2002. – №5. – С. 5-12.
2. IAEA safety related publications. Mitigation of Hydrogen Hazards in Severe Accidents in Nuclear Power Plants: IAEA-TECDOC-1661. – Vienna: IAEA, 2011. – 174 p.
3. Велькер М. Инновационные технологии для обеспечения безопасности АЭС, как следствие аварии на АЭС Фукусима / М. Велькер // 7-я международная выставка и конференция Атомэкспо-Беларусь 2015: официальный каталог, Минск, 22 – 24 апреля 2015 / РУП НВЦ «БелЭкспо». – Мн., 2015. – 86 с. – С. 59.

4. Обеспечение водородной безопасности на атомных электростанциях с водоохлаждаемыми реакторными установками. Современное состояние проблемы / И.А. Кириллов и [др.] // Ядерная и радиационная безопасность. – 2017. – № 2 (84). – С. 1–12.

5. AREVA Passive Autocatalytic Recombiner / Brochure: AREVA GmbH – Paul-Gossen-Straße 100 – 91052 Erlangen. – Germany. – 2013. – G-008-V3-13-ENGPB.

6. Passive Autocatalytic Recombiner / – Mode of access: www.us.aveva.com. – Date of access: 11.08.2016.

7. Understanding of the operation behaviour of a Passive Autocatalytic Recombiner (PAR) for hydrogen mitigation in realistic containment conditions during a severe Light Water nuclear Reactor (LWR) accident/ F. Payota [et al] // Nuclear Engineering and Design. – July 2012. – Vol. 248. – P. 178–196.

8. Техническое задание на закупку системы аварийного удаления водорода из ГО РУ для энергоблоков № 3 и № 4 Нововоронежской АЭС. – УТВ. 04.07.2013. – Нововоронеж: НВАЭС, 2013. – 10 с.

9. Национальный отчет о результатах проведения «стресс-тестов» / Государственная инспекция ядерного регулирования Украины. – Киев: ГИЯРУ, 2011. – 136 с.

10. Кутателадзе, С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справоч. пособие / С. С. Кутателадзе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.

11. Химическая гидродинамика: справоч. пособие / А.М. Кутепов и [др.]. – М.: Бюро Квантум, 1996. – 336 с.

12. Modelling of Catalytic Recombiners: Comparison of REKO-DIREKT Calculations with REKO-3 Experiments / E.-A. Reinecke et [al] // Int. Conf. Nuclear Energy for New Europe. – Bled, Slovenia, September 5–8, 2005. – Paper 92.

УДК 681.51.(075.8)

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ТИПОВОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
МОЩНОСТЬЮ ЭНЕРГОБЛОКА**

*Г.Т. Кулаков, Н.Б. Карницкий, А.Т. Кулаков, В.В. Кравченко, К.И. Артёменко
Белорусский национальный технический университет*

Структурная схема типовой системы автоматического управления мощностью энергоблока (САУМБ) и ее упрощенной модели приведена на рис. 1 [1].