

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра ядерной физики

Чурилович Дарья Александровна

**РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПОД ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКОЙ АЭС В УСЛОВИЯХ
ТЯЖЕЛОЙ АВАРИИ**

Магистерская диссертация

специальность 1-31 80 05 «Физика»

Научный руководитель

Трифонов Александр Георгиевич

доктор техн. наук, доцент



Рецензент

Тимошенко Андрей Игоревич

кандидат физ.-мат. наук, доцент

Допущена к защите

« 05 » июня 2020 г.

Зав. кафедрой ядерной физики

 А.И. Тимошенко

кандидат физико-математических наук, доцент

Минск, 2020

Оглавление

Введение	7
Анализ проблемы водородной безопасности на АЭС	9
1.1 Потенциальные источники водорода	14
Построение моделей защитной оболочки и рекомбинатора водорода	16
2.1 Программный пакет Comsol Multiphysics	16
2.2 Модельный аналог защитной оболочки АЭС и её внутреннего пространства	17
2.3 Модельный аналог рекомбинатора водорода	25
Анализ результатов моделирования	28
Заключение	31
Список использованных источников	32
Приложение А	34
Приложение Б	36
Приложение В	39

Общая характеристика работы

Магистерская диссертация 47 с., 15 рис., 18 источников.

ВОДОРОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, ТЯЖЕЛАЯ АВАРИЯ, РЕКОМБИНАТОР ВОДОРОДА, COMSOL MULTIPHYSICS, РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ.

Объект исследования – атомная электростанция в условиях тяжелой аварии.

Цель работы заключается в проведении оценочных расчетов распределения водорода, учитывая динамику поведения выходящей струи, а также в построении модели пассивного рекомбинатора водорода в рамках обоснования водородной безопасности под защитной оболочкой АЭС в случае тяжелой аварии.

В рамках выполняемой работы решены следующие задачи:

- проведен анализ проблемы водородной безопасности;
- определены и описаны источники водорода в случае тяжелой аварии;
- получены базовые навыки работы с программным пакетом Comsol Multiphysics;
- собраны необходимые данные для построения модели защитной оболочки и рекомбинатора водорода;
- выполнено моделирование и проведен анализ результатов, полученных в ходе работы.

Актуальность работы заключается в необходимости проведения независимого детерминистического анализа ядерной и радиационной безопасности при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии в части эксплуатации ядерной установки.

При моделировании распределения водорода под защитной оболочкой и работы пассивного рекомбинатора водорода получены результаты, которые качественно хорошо согласуются с наблюдаемыми в реальности физическими процессами и явлениями.

Разработанные в ходе выполнения магистерской диссертации модели защитной оболочки и рекомбинатора водорода (пространства между пластинами) будут использованы в рамках государственной программы научного исследования.

Агульная характарыстыка працы

Магістарская дысертацыя 47 с., 15 мал., 18 крыніц.

ВАДАРОДНАЯ БЯСПЕКА, МАДЭЛЯВАННЕ, АТАМНАЯ ЭЛЕКТРАСТАНЦЫЯ, ЦЯЖКАЯ АВАРЫЯ, РЭКАМБІНАТАР ВАДАРОДУ, COMSOL MULTIPHYSICS, РАСПРАЦОЎКА МАДЭЛІ.

Аб'ект даследавання – атамная электрастанцыя ва ўмовах цяжкай аварыі.

Мэта працы складаецца ў правядзенні ацэнкавых разлікаў размеркавання вадароду, улічваючы дынаміку паводзін выходнай бруі, а таксама ў пабудове мадэлі пасіўнага рэкамбінатара вадароду у рамках абгрунтавання вадароднай бяспекі пад ахоўнай абалонкай АЭС ва ўмовах цяжкай аварыі.

У рамках выкананай працы вырашаны наступныя заданні:

- праведзены аналіз праблемы вадароднай бяспекі;
- вызначаны і апісаны крыніцы вадароду ў выпадку цяжкай аварыі;
- атрыманы базавыя навыкі працы з праграмным пакетам Comsol

Multiphysics;

- сабрана патрэбная інфармацыя для пабудовы мадэлі ахоўнай абалонкі і рэкамбінатара вадароду;

- выканана мадэляванне і праведзен аналіз атрыманых падчас працы вынікаў.

Актуальнасць працы складаецца ў патрэбы правядзення незалежнага дэтэрміністычнага аналізу ядзернай і радыяцыйнай бяспекі пры ажыццяўленні чыннасці ў вобласці выкарыстання атамнай энергіі ў часткі эксплуатацыі ядзернай усталёўкі.

Пры мадэляванні размеркавання вадароду пад ахоўнай абалонкай і працы пасіўнага рэкамбінатара вадароду атрыманы вынікі, якія якасна добра дапасуюцца з назіранымі ў рэальнасці фізічнымі працэсамі і з'явамі.

Распрацаваныя падчас выканання магістарскай дысертацыі мадэлі ахоўнай абалонкі і рэкамбінатара вадароду (прасторы паміж пласцінамі) будуць скарыстаны ў рамках дзяржаўнай праграмы навуковага даследавання.

General description of work

Master's thesis 47 p., 15 fig., 18 sources.

HYDROGEN SAFETY, MODELING, NUCLEAR POWER PLANT, SEVERE ACCIDENT, HYDROGEN RECOMBINATOR, COMSOL MULTIPHYSICS, MODEL DEVELOPMENT.

The object of study is a nuclear power plant during a severe accident.

The purpose of the work is to carry out estimate calculations of the distribution of hydrogen, taking into account the dynamics of the outgoing jet behavior, as well as to develop a model of a passive hydrogen recombiner within the framework of the substantiation of hydrogen safety under the containment of a nuclear power plant during a severe accident.

The following tasks were solved during writing this work:

- problem of hydrogen safety was analyzed;
- hydrogen sources were identified and described in the case of a severe accident;
- basic skills were obtained with the Comsol Multiphysics software package;
- necessary data was collected to develop a containment and hydrogen recombiner models;
- modeling was carried out and the analysis of the results obtained during the work was carried out.

The relevance of the work lies in the need for an independent deterministic analysis of nuclear and radiation safety when carrying out activities in the field of atomic energy use with regard to the operation of a nuclear facility.

As the result of hydrogen distribution modeling and modeling of passive hydrogen recombiner operation were obtained results that are qualitative good agreement with the physical processes and phenomena observed in reality.

The models of the containment and hydrogen recombine (the space between the plates) developed during the master's thesis will be used as part of the state scientific research program.