

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра ядерной физики

Чурилович

Дарья Александровна

ВАЛИДАЦИЯ КОДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯЖЕЛОЙ
АВАРИИ НА ТЕСТОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Дипломная работа



Научный руководитель:
Лукашевич Алексей Геннадьевич
Зав. лабораторией № 17
НУ «ОИЭЯИ-Сосны»
кандидат техн. наук

Рецензент:
Чернявская Элина Александровна
доктор физ.-мат. наук, профессор

Допущена к защите

« 15 » января 2019 г.

Зав. кафедрой ядерной физики

кандидат физ.-мат. наук, доцент А.И. Тимощенко

Минск, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
ГЛАВА 1 КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЙ.....	10
1.1 Типы компьютерных кодов.....	10
1.2 Описание интегрального кода ASTEC	12
1.2.1 Диапазон рассматриваемых проблем	12
1.2.2 Основные модули кода.....	12
1.3 Требования к компьютерным кодам.....	15
1.3.1 Принцип валидации кода	17
ГЛАВА 2 ВЫБОР ТЕСТОВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ КОДА НА ОСНОВАНИИ ТЯЖЕЛОЙ АВАРИИ	19
2.1 Стадии протекания тяжелой аварии с потерей теплоносителя	19
2.2 Описание эксперимента QUENCH-12	22
2.2.1 Экспериментальная установка	22
2.2.2 Стадии протекания эксперимента	27
ГЛАВА 3 МОДЕЛИРОВАНИЕ QUENCH-12 ЭКСПЕРИМЕНТА	30
3.1 Описание модуля ICARE интегрального кода ASTEC.....	30
3.2 Используемые при моделировании структуры кода	33
3.2.1 Геометрия установки	33
3.2.2 Теплообмен.....	34
3.2.3 Механическое поведение объектов.....	35
3.2.4 Граничные условия.....	36
3.2.5 Выделяемая в ходе эксперимента энергия	37
3.2.6 Химические процессы	37
3.2.7 Перемещение материалов	37
ГЛАВА 4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	46

Валидация кода для моделирования тяжелой аварии на тестовых экспериментах

Чурилович Дарья Александровна

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 65 с., 17 рис., 3 табл., 11 источников, 2 приложения.
КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОДЫ, ВАЛИДАЦИЯ, ТЯЖЕЛЫЕ АВАРИИ, ASTEC, ЭКСПЕРИМЕНТ QUENCH.

Объект исследования – интегральный код ASTEC для моделирования тяжелых аварий.

Цель работы заключается в валидации компьютерного кода ASTEC с использованием тестового эксперимента QUENCH-12.

В рамках выполняемой работы решены следующие задачи:

- рассмотрены особенности интегрального кода ASTEC;
- изучен процесс валидации кода;
- выбран эксперимент QUENCH-12 по изучению вопроса генерации водорода при заливе перегретой активной зоны водой в рамках тяжелой аварии с потерей теплоносителя для валидации кода ASTEC;
- проведен сбор необходимых данных для построения модели эксперимента QUENCH-12;
- выполнено моделирование эксперимента и проведен анализ полученных в ходе работы результатов.

При моделировании эксперимента QUENCH-12, экспериментальная установка которого представляет собой гексагональную тепловыделяющую сборку для реактора типа ВВЭР, получены результаты, которые хорошо согласуются с результатами натурного эксперимента. Это дает возможность использовать интегральный код ASTEC для изучения вопроса образования водорода в случае тяжелой аварии с потерей теплоносителя на реакторе типа ВВЭР.

Проведенный анализ интегрального кода ASTEC помог в разработке блок-схемы компьютерной модели для анализа тяжелой аварии в рамках государственной программы научного исследования в научном учреждении «ОИЭЯИ-Сосны». Полученные результаты будут использованы для разработки модельного аналога численного моделирования тестового эксперимента по генерации водорода в условиях тяжелой аварии.

Приобретенные за время написания дипломной работы навыки будут применены для научно-исследовательской работы, целью которой является проведение с помощью программного средства ASTEC оценки протекания тяжелых аварий (малая и большая течь теплоносителя первого контура) для реакторной установки ВВЭР-1200.

Валідацыя кода для мадэлявання цяжкай аварыі на тэставых эксперыментах

Чурыловіч Дар'я Аляксандраўна

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца 65 с., 17 мал., 3 табл., 11 крыніц, 2 дадаткі.

КАМПУТАРНЫЯ КОДЫ, ВАЛІДАЦЫЯ, ЦЯЖКІЯ АВАРЫІ, ASTEC,
ЭКСПЕРЫМЕНТ QUENCH.

Аб'ект даследвання – інтэгральны код ASTEC для мадэлявання цяжкіх аварыі.

Мэта працы складаецца ў правядзенні валідацыі кампутарнага кода ASTEC з выкарыстаннем тэставага эксперыменту QUENCH-12.

У рамках выкананай працы вырашаны наступныя заданні:

- разгледжаны асаблівасці інтэгральнага кода ASTEC;
- вывучан працэс валідацыі кода;
- абраны эксперымент QUENCH-12 па вывучэнні пытання генерацыі вадароду пры затапленні перагрэтай актыўнай зоны вадой у рамках цяжкай аварыі са стратай цепланосбіта для валідацыі кода ASTEC;
- праведзены збор патрэбнай інфармацыі для пабудовы мадэлі эксперыменту QUENCH-12;
- выканана мадэляванне эксперыменту і праведзен аналіз атрыманых падчас працы вынікаў.

Пры мадэляванні эксперыменту QUENCH-12, эксперыментальная ўсталёўка якога ўяўляе сабою гексаганальную цеплавылучальную зборку для рэактара тыпу ВВЭР, атрыманы вынікі, якія добра дапасуюцца з вынікамі натурнага эксперыменту. Гэта дае магчымасць выкарыстоўваць інтэгральны код ASTEC для вывучэння пытання генерацыі вадароду ў выпадку цяжкай аварыі са стратай цепланосбіта з рэактарам тыпу ВВЭР.

Праведзены аналіз інтэгральнага кода ASTEC дапамог у распрацоўцы блок-схемы кампутарнай мадэлі для аналізу цяжкай аварыі ў рамках дзяржаўнай праграмы навуковага даследвання ў навуковай установе «ЗІЭЯД-Сосны». Атрыманыя вынікі будуць скарыстаны для той жа дзяржаўнай праграмы навуковага даследвання па пытанню распрацоўцы мадэльнага аналогу лікавага мадэлявання тэставага эксперыменту па генерацыі вадароду ва ўмовах цяжкай аварыі.

Набытыя за час напісання дыпломнай працы навыкі будуць ужыты для навукова-даследчай работы, мэтай якой з'яўляецца правядзенне з дапамогай праграмага сродку ASTEC ацэнкі праходжання цяжкіх аварыі (малая і вялікая печа цепланосбіта першага контуру) для рэактарнай усталёўкі ВВЭР-1200.

Validation of code for modeling severe accident using test experiments

Darya Churilovich

ABSTRACT

Diploma work 65 p., 17 fig., 3 tab., 11 sources, 2 applications.

COMPUTER CODES, VALIDATION, BEYOND DESIGN BASIS ACCIDENT, ASTEC, QUENCH EXPERIMENT.

The object of work is the integral code ASTEC for modeling severe accidents.

The goal of the work is a validation of the computer code ASTEC using a QUENCH-12 experiment.

The following tasks were solved during writing this work:

- the features of the integral code ASTEC was considered;
- the validation process was studied;
- QUENCH-12 experiment was chosen to study the issue of hydrogen generation when the superheated core is filled with water as a part of a severe accident with coolant loss;
- the necessary data to construct the model of QUENCH-12 experiment was collected;
- the modeling of experiment was performed and the obtained results were analyzed.

As a result of QUENCH-12 modeling, which experimental facility is similar to a fuel assembly for a VVER-type reactor, were obtained results that are in good agreement with the results of a full-scale experiment. This fact makes it possible to use the integral code ASTEC to study the generation of hydrogen in the case of a severe accident with loss of coolant for VVER-type reactor.

The ASTEC code analysis helped to develop a computer model flowchart for analyzing a severe accident in a framework of the state program of scientific research at "JIPNR-Sosny". The obtained results will be used for the same state program of scientific research for the development of a numerical simulation model analogue of a test experiment on the hydrogen generation in a severe accident.

The obtained practical skills during writing the diploma work will be applied to research work, which purpose is to carry out an assessment of the occurrence of severe accidents using ASTEC code (small and large primary coolant leak) for the VVER-1200 reactor.