Общество с ограниченной ответственностью «3В Сервис»

(ООО «3В Сервис»

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ  Генеральный Директор |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Н. Петухов  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г. |

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

на научно-исследовательскую работу

Доработка и усовершенствование функциональных возможностей теплогидравлического кода SimInTech в 2016 году и на дальнейшую перспективу

|  |  |
| --- | --- |
|  | Ведущий инженер-программист |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.М. Щекатуров  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. |

2016

# Содержание

[1 Общие положения 4](#_Toc440964635)

[2 Основание для разработки 5](#_Toc440964636)

[3 Цель и назначение разработки 6](#_Toc440964637)

[4 Нормативная база и источники разработки 8](#_Toc440964638)

[5 Технические требования 9](#_Toc440964639)

[5.1 Общие технические требования 9](#_Toc440964640)

[5.2 Состав и требования к конструктивному устройству 10](#_Toc440964641)

[5.3 Техническая характеристика 11](#_Toc440964642)

[5.4 Требования к надёжности 12](#_Toc440964643)

[4.4 Требования к конструктивному устройству 12](#_Toc440964644)

[4.5 Требования к электроснабжению 12](#_Toc440964645)

[4.6 Требования к размещению 12](#_Toc440964646)

[4.7 Требования к воздушному контуру 12](#_Toc440964647)

[4.8 Требования к режимам работы 12](#_Toc440964648)

[4.9 Требования по надёжности 12](#_Toc440964649)

[4.10 Требования к конструкционным материалам 12](#_Toc440964650)

[4.11 Требования к системе измерения и метрологическому обеспечению 13](#_Toc440964651)

[4.12 Условия эксплуатации, требования технического обслуживания и ремонта 13](#_Toc440964652)

[5 Экономические показатели 13](#_Toc440964653)

[6 Стадии и этапы разработки 13](#_Toc440964654)

[7 Порядок контроля и приёмки 13](#_Toc440964655)

[Перечень сокращений 15](#_Toc440964656)

[Список литературы 16](#_Toc440964657)

1 Общие положения

1.1 Наименование работы – доработка и усовершенствование функциональных возможностей теплогидравлического кода SimInTech.

1.2 Настоящее техническое задание (ТЗ) устанавливает требования к доработке теплогидравлического кода, этапам и срокам работы.

2 Основание для разработки

2.1 В 2014-15 гг. была начата доработка теплогидравлического кода (с условным названием HS), входящего в состав среды моделирования динамических систем SimInTech.

2.2 В настоящее время ТГ код способен моделировать теплогидравлические контуры, представленные в виде произвольных связных ориентированных графов, в одномерном приближении.

2.3 Моделируются следующие теплоносители: воздух, аргон, керосин ТС-1, продукты сгорания керосина с фиксированным коэффициентом избытка воздуха, смесь гелий-ксенон, свинец, свинец-висмут, регенерированный амин, насыщенный амин, вода. При этом теплофизические свойства моделируются разными способами (в виде таблиц свойств (одномерных (зависимость свойств от температуры) и двумерных (зависимость свойств от температуры и от давления)), формул для расчёта свойств (либо только от температуры, либо только от температуры и от давления)).

2.4 Замыкающие зависимости для расчёта коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления внедрены в dll-библиотеки для свойств теплоносителя. При этом в настоящее время не все возможные типы геометрий «закрыты» замыкающими соотношениями для тех или иных теплоносителей.

2.5 Жидкость моделируется в одномерном гомогенном нестационарном приближении.

2.6 Для тепловых структур конечно-разностными методами решаются одномерные уравнения теплопроводности, в том числе с учётом теплового излучения между цилиндрическими стенками.

2.7 Для решения основной системы уравнений сохранения организован вычислительный цикл, в котором последовательно решаются уравнения для определения давлений и расходов жидкости, уравнения для определения энтальпий жидкости, уравнения для определения концентраций пассивных примесей. Используется метод расщепления по физическим процессам. Каждая система решается до сходимости итерационным методом Ньютона-Рафсона. По сути использован полунеявный численный метод.

2.8 Различные заказчики среды динамического моделирования технических систем SimInTech заинтересованы в совершенствовании функциональных возможностей теплогидравлического кода для решения их практических задач. В настоящем ТЗ содержится постановка задач по необходимым доработкам, оценка возможных вариантов решения этих задач, предварительный план работ.

3 Цель и назначение разработки

3.1 Перечислим комплекс работ, которые необходимо выполнить для получения конкурентоспособного программного продукта достаточно высокого уровня (цели разработки):

1) доработка программы расчёта свойств воды и пара. Необходимо реализовать современные методики расчёта свойств, изложенные в документах Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (IAPWS);

2) покрытие всех учитываемых областей и типов геометрий замыкающими соотношениями и их верификация (проверка правильности программирования), добавление недостающих замыкающих соотношений (в частности, для поперечного обтекания одиночной трубы и пучков труб);

3) реализация методики решения дифференциального уравнения для обобщённой переменной в двухмерном приближении в цилиндрической, сферической и полярной системах координат (в соответствии с книгой С.В. Патанкара [1]);

4) описание механизмов вычисления теплофизических свойств для всех заложенных теплоносителей. Продумывание возможностей некоего универсального механизма задания свойств произвольного пользовательского теплоносителя;

5) разработка механизма решения теплогидравлических задач для контуров, содержащих влажный воздух (смесь сухого воздуха и воды в том или ином агрегатном состоянии (влажный или перегретый пар, капли влаги, лёд));

6) исследование принципиальной возможности реализации двух- и многофазной теплогидравлики без кардинальной переделки реализованного теплогидравлического кода;

7) распараллеливание основного вычислительного цикла для ускорения расчёта больших задач;

8) отслеживание и контроль ошибок в задании свойств блоков, а также (в особенности) проверка топологии схемы и взаимной увязки свойств блоков;

9) доработка блока для расчёта расхода критического истечения с возможностью расчёта критического истечения воды, двухфазной смеси, пара, газа;

10) доработка механизма записи рестартов (возможность записи серии рестартов с некоторым шагом по времени, возможность записи и воспроизведения рестартов как в 32-битной, так и в 64-битной версии SimInTech, возможность воспроизведения рестартов после изменения расчётной схемы (например, добавления некоторых блоков));

11) разработка конвертера для автоматического преобразования схем теплогидравлики для расчётного кода TPP в схемы теплогидравлики для расчётного кода HS;

12) разработка блоков для решения уравнения теплопроводности в многослойных цилиндрических и плоских стенках;

13) другие более локальные задачи по различным доработкам и расширению функциональных возможностей (доработка формы редактирования свойств каналов, возможность изменения толщины стенки в процессе расчёта и т.д. и т.п.).

3.2 Основное назначение работ – покрытие возможностями теплогидравлического кода областей возможных потребностей текущих (ИТЦП «Прорыв», ОКБ «Сухой», ПКО «Теплообменник», кафедра Э4 МГТУ им. Н.Э. Баумана, АО «Атомтехэнерго») и возможных будущих заказчиков, замещение теплогидравлического кода TPP в будущих и, возможно, текущих проектах.

4 Детализация целей разработки

4.1 Доработка программы расчёта свойств воды и пара

Соотношения для расчёта основных термодинамических свойств (удельный объём, энтальпия, внутренняя энергия, энтропия, теплоёмкость, скорость звука) изложены в документе IAPWS:

<http://www.iapws.org/relguide/IF97-Rev.pdf>

Соотношения для расчёта вязкости:

<http://www.iapws.org/relguide/visc.pdf>

Соотношения для расчёта поверхностного натяжения:

<http://www.iapws.org/relguide/Surf-H2O-2014.pdf>

Соотношения для расчёта коэффициента теплопроводности:

<http://www.iapws.org/relguide/ThCond.pdf>

Необходимо реализовать приведённые в этих источниках расчётные соотношения; проверить их в областях их действия; создать управляющую программу, которая будет выбирать, соотношения из какой области необходимо использовать; внедрить эту программу расчёта в SimInTech (причём возможно реализовать два режима расчёта: либо непосредственно использовать запрограммированные формулы, либо рассчитывать таблицы теплофизических свойств, и далее использовать интерполяцию для определения промежуточных значений свойств).

5 Оценка трудоёмкости разработки

Для планирования финансирования работ по теплогидравлическому коду требуется оценка трудоёмкости. Предварительная оценка по основным планируемым работам приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Предварительная оценка трудоёмкости работ по доработке и усовершенствованию теплогидравлического кода HS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ этапа** | **Наименование этапа** | **Оценка трудоёмкости, чел\*дней** |
| ***1*** | ***Доработка программы расчёта свойств воды и пара:*** | ***20*** |
| 1.1 | Разработка вспомогательной программы для расчёта свойств воды и пара | 13 |
| 1.2 | Подключение программы к SimInTech (либо напрямую, либо в виде средства для расчёта таблиц со свойствами воды и пара) | 7 |
| ***2*** | ***Реализация методики решения дифференциального уравнения для обобщённой переменной в двухмерном приближении*** |  |
| 2.1 |  |  |
| 2.2 |  |  |
| ***3*** | ***Разработка механизма решения теплогидравлических задач для контуров, содержащих влажный воздух*** |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| ***4*** | ***Распараллеливание основного вычислительного цикла для ускорения расчёта больших задач*** |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| ***5*** | ***Доработка блока для расчёта расхода критического истечения*** |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| ***6*** | ***Доработка механизма записи рестартов*** |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| ***7*** | ***Разработка конвертера для автоматического преобразования схем теплогидравлики для расчётного кода TPP в схемы теплогидравлики для расчётного кода HS*** |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| ***8*** | ***Разработка блоков для решения уравнения теплопроводности в многослойных цилиндрических и плоских стенках*** |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| ***9*** | ***Отслеживание и контроль ошибок в задании свойств блоков; в особенности проверка топологии схемы и взаимной увязки свойств блоков*** |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

6 Технические требования

6.1 Общие технические требования

6.2 Состав и требования к конструктивному устройству

6.3 Техническая характеристика

6.4 Требования к надёжности

4.4 Требования к конструктивному устройству

4.5 Требования к электроснабжению

4.6 Требования к размещению

4.7 Требования к воздушному контуру

4.8 Требования к режимам работы

4.9 Требования по надёжности

4.10 Требования к конструкционным материалам

4.11 Требования к системе измерения и метрологическому обеспечению

4.12 Условия эксплуатации, требования технического обслуживания и ремонта

5 Экономические показатели

6 Стадии и этапы разработки

7 Порядок контроля и приёмки

|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО |  |
| **От ОАО «НИКИЭТ»**  Директор отделения  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.Г. Ухаров | Заместитель главного конструктора РУ БРЕСТ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.В. Новиков |
| Главный специалист  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.В. Васильев | Начальник отдела  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Ярмоленко |
| Главный специалист  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.К. Орлов | Главный специалист  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.А. Когут |
| **От ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ»**  Начальник технологического отдела № 620  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.И. Исаев | Начальник группы  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.А. Бажанов |
| Ведущий инженер-проектировщик отдела № 620  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.С. Титов | Инженер-конструктор 1 категории  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.Г. Чернецов |
|  | Нормоконтролёр  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.В. Яковлева |

Перечень сокращений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| а. з. | – | активная зона; |
| БР | – | блок реакторный; |
| ВРХ | – | внутриреакторное хранилище; |
| ЗПА | – | запроектная авария |
| МРЗ | – | максимальное расчётное землетрясение; |
| НУЭ | – | нормальные условия эксплуатации; |
| ННУЭ | – | нарушение нормальных условий эксплуатации; |
| ПГ | – | парогенератор; |
| ПОКАС (И) | – | программа обеспечения качества при изготовлении; |
| РКД | – | рабочая конструкторская документация; |
| РУ | – | реакторная установка; |
| САОР | – | система аварийного охлаждения реакторного блока; |
| СНР | – | система нормального расхолаживания; |
| СТ | – | свинцовый теплоноситель; |
| ТП | – | технический проект; |
| УСБТ | – | управляющая система безопасности технологическая |

Список литературы

1 Патанкар С.В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах: Пер. с англ. Е.В. Калабина; под ред. Г.Г. Янькова. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 312 с., ил. ISBN 5-7046-0898-1