

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Теплоенергетичний факультет
Кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики**

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ /проф. В.О.Туз/
“ ” 2018 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 143 Атомна енергетика

спеціалізації Атомні електричні станції

на тему: Комп'ютерне моделювання тепло гідрравлічних процесів в каналах
реактору ВВЕР-1000 відповідно до умов розвитку аварії «Вихід з ладу
Механічного ущільнення валу ГЦН»

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ТЯ-72мп

Філонюк Артем Костянтинович

(прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., професор Носовський А.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

з питань розроблення

стартап-проекту
(назва розділу)

к.т.н доцент Лебедь Н.Л.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

з питань охорони праці

(назва розділу)

к.т.н., доц. Каштанов С.Ф.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет (інститут) Теплоенергетичний

Кафедра Атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Рівень вищої освіти другий(магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 143 Атомна енергетика

Спеціальність Атомні електричні станції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

/В.О. Туз/

(підпись)

(ініціали, прізвище)

“ ____ ” 20 __ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Філонюку Артему Костянтиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Комп'ютерне моделювання тепло гідрравлічних процесів в каналах Реактора ВВЕР-1000 відповідно до умов розвитку аварії «Вихід з ладу механічного ущільнення Валу ГЦН»

науковий керівник дисертації д.т.н., професор Носовський А.В.
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » 20 р. № ____

2. Термін подання студентом дисертації "30" листопада 2018 р.

3. Об'єкт дослідження Канали ядерного реактору ВВЕР-1000 під час проходження аварії з раптовим виходом з ладу механічного ущільнення валу ГЦН, що в свою чергу призводить до заклинування ротору, та в кінцевому випадку зупину одного з працюючих ГЦН.

4. Вихідні дані Зміна параметрів енергоблоку під час проходження аварії, дії по ліквідації аварії, технічна документація, програмний код RELAP-5.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити а) основна частина: дослідження

Стану проблеми, аналіз документації та ознайомлення з аварійною динамікою ЯЕ в умовах аварії, дослідження аварій з раптовим зменшенням витрати теплоносія через активну зону, розробка відповідної математичної моделі процесів теплообміну, оформлення основної частини.

б) охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

в) стартап-проект: система контролю параметрів тепло гідрравлічних процесів в елементах енергетичного обладнання..

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

- 1) Загальний вид ГЦН-195м – формат А1
 2) Загальний вид виймальна частина ГЦН 195м – формат А1
 3) Загальний вид блок механічного ущільнення ГЦН-195м – формат А1
 4) Креслення за темою дипломної роботи – формат А1
 5) Стартап-проект – формат А1
 6) Графіки залежностей стану енергоблоку під час АС – формат А1
 7) Ілюстрацій матеріал за темою дипломної роботи– 2 шт., формат А1

7. Орієнтовний перелік публікацій 1. доповідь на тему: « Комп’ютерне моделювання тепло гідрравлічних процесів в каналах Реактора ВВЕР-1000 відповідно до умов розвитку аварії «Вихід з ладу механічного ущільнення Валу ГЦН» на XVI-й міжнародній Науково-практичній конференції аспірантів, магістрів, студентів «Сучасні проблеми Наукового забезпечення енергетики»

8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання	видав
з розроблення стартап-проекту	к.т.н., доц. Лебедь Н.Л.		
з питань охорони праці	к.т.н., доц. Кастанов С.Ф.		

9. Дата видачі завдання " 29 " жовтня 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження та опис проблематики	06.06.2018	
2	Опис АС з зменшенням витрати теплоносія через АкЗ реактора	27.06.2018	
3	Дослідження аварійної динаміки ЯЕ в умовах проходження аварійних ситуацій	10.9.2018	
4	Розробка відповідної математичної моделі	20.10.2018	
5	Розробка графічного матеріалу та плакатів	25.10.2018	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.11.2018	
7	Розробка стартап-проекту	27.11.2018	
8	Підпис керівника магістерської дисертації	30.11.2018	
9	Проходження нормоконтролю	03.12-07.12.2018	
10	Попередній захист	10.12-13.12.2018	
11	Державний захист магістерської дисертації	17.12-31.12.2018	

Студент

Філонюк А.К.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ
ДРМ: 141 с., 22 табл., 44 рис., 62 джерела.

Об'єкт дослідження – канали ядерного реактору ВВЕР-1000 під час проходження аварії з раптовим виходом з ладу механічного ущільнення валу ГЦН.

Предмет дослідження – аварійні теплогідралічні процеси в каналах реактору за умови розвитку аварії.

Мета роботи – чисельне дослідження теплообміну в каналах активної зони реактора відповідно до розвитку аварії.

Метод дослідження – детерміністичні методи, що базуються на проведенні аналізу теплогідралічних процесів, проблем які виникають при вивчені цих процесів. Аналізу аварійного процесу та динаміки його проходження. Вивчення та виконання математичних комп’ютерних моделей.

У роботі були проаналізовані основні проблеми нестационарних процесів теплообміну. Проведений огляд основних аварійних ситуацій які призводять до зменшення витрати теплоносія через активну зону ЯР ВВЕР-1000, вихід з ладу механічного ущільнення валу та динаміку ядерного енергоблоку під час цих аварійних ситуацій. В основній частині роботи була розроблена математична модель, яка описує основні нестационарні процеси теплообміну в каналах реактору, зроблені порівняння результатів моделі з експериментальними даними. Та були показані основні зміни параметрів під час проходження АС за допомогою зробленої комп’ютерної моделі.

ВВЕР-1000, МЕХАНІЧНЕ УЩІЛЬНЕННЯ, ГОЛОВНИЙ ЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ НАСОС, КОМП’ЮТЕРНА МОДЕЛЬ, ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ПРОЦЕСИ, АВАРИЙНА СИТУАЦІЯ, КАНАЛИ РЕАКТОРА, БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

ABSTRACT

MGW: 141 p., 22 tABLES, 44 draw, 62 sources.

The object of the study is the channels of the WWER-1000 nuclear reactor during an accident with a sudden failure of the mechanical shaft seal of the MCP.

Subject of research - emergency thermal-hydraulic processes in the reactor channels under the condition of an accident.

The purpose of the work is a numerical study of heat exchange in the channels of the reactor core in accordance with the development of the accident.

The method of investigation is deterministic methods based on the analysis of thermohydraulic processes, problems that arise in the study of these processes. Analysis of the emergency process and the dynamics of its passage. Study and execution of mathematical computer models.

The main problems of non-stationary heat transfer processes were analyzed in the paper. An overview of the major emergencies that lead to a decrease in the coolant flow through the active zone WWER-1000, the failure of mechanical shaft sealing and the dynamics of the nuclear power unit during these emergencies. In the main part of the work, a mathematical model was developed that describes the main non-stationary heat transfer processes in the reactor channels, comparing the results of the model with the experimental data. But they showed the main changes in parameters during the passage of the emergency situation using a computer model.

WWER-1000, MECHANICAL SHAFT SEALING, MAINTENANCE CIRCULATION PUMP, COMPUTER MODEL, HEATING CONTROLS, EMERGENCY SITUATION, REACTOR CHANNELS, SAFETY OF OPERATION.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	10
Розділ 1. Стан проблеми щодо моделювання теплогідравлічних процесів в ядерних енергетичних установках.....	13
1.1 Моделі двофазних потоків.....	13
1.2 Нестійкість двофазних потоків.....	15
1.3 Криза тепловіддачі при кипінні	17
1.4 Висновки.....	23
Розділ 2. Проблематика пошкоджень ГЦН.....	25
2.1 Відключення одного ГЦН.....	25
2.2 Відключення двох ГЦН.....	30
2.3 Відключення чотирьох ГЦН	35
2.4 Заклинювання ГЦН.....	39
2.5 Обрив валу ГЦН	44
2.6 Висновки.....	46
Розділ 3. Аварійна динаміка ЯЕ в умовах виходу з ладу одного з працюючих ГЦН.....	47
3.1 Режими з порушенням витрати теплоносія	47
3.2 Опис, проходження та причини аварійної ситуації відповідно до енергоблоку.....	51
3.3 Розширений опис аварійного процесу.....	52
3.4 Графічний матеріал.....	59
3.5 Висновки.....	64
Розділ 4. Математичні моделі двофазних потоків в вертикальних каналах...	65
4.1 Фізична модель.....	65
4.2 Одномірна модель.....	66
4.3 Двомірна і трьохмірна моделі	70
4.4 Чисельна реалізація моделей	73

4.5 Висновки.....	75
Розділ 5. Комп'ютерне моделювання аварійних режимів в каналах ЯР.....	76
5.1 Основа математичної моделі	77
5.2 Спеціальні моделі процесів	85
5.3 Співставлення розрахункових та експериментальних даних.....	91
5.4 Динаміка зміни головних теплогідравлічних параметрів під час аварійної ситуації.....	98
5.5 Висновки.....	103
Розділ 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	105
6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з радіаційної безпеки.....	105
6.2 Електробезпека.....	111
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	116
Розділ 7. Розробка стартап проєкту.....	121
7.1 Резюме проєкту.....	121
7.2 Організація проєкту.....	121
7.3 Канва бізнес моделі проєкту.....	122
7.4 Ключові види діяльності проєкту.....	123
7.5 Характер формування споживчої цінності проєкту.....	124
7.6 Взаємовідносини між споживачами та каналами збути.....	127
7.7 Обґрунтування ресурсів та витрат проєкту.....	127
7.8 План робіт та партнери проєкту.....	130
7.9 Висновки.....	131
Висновки.....	132
Перелік посилань	136