

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100322

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 31-05-2023

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Філонов Владислав Віталійович

2. Filonov Vladislav Vitaliyovych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 143

Назва наукової спеціальності: Атомна енергетика

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 24-05-2023

Спеціальність за освітою: 143 Атомна енергетика

Місце роботи здобувача: Товариство з обмеженою відповідальністю "ІПП-Центр"

Код за ЄДРПОУ: 24264063

Місцезнаходження: вул. Будіндустрії 5Б, м. Київ, 01013, Україна

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 26.002.21

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:**

**Коди тематичних рубрик:** 58.33

**Тема дисертації:**

1. Прогнозування режимів погіршеного теплообміну в перспективних реакторах IV покоління з надкритичними параметрами теплоносія
2. Prediction of the regimes with deteriorated heat transfer in perspective IV generation reactors with supercritical coolant parameters

**Реферат:**

1. Дисертаційна робота присвячена розробці на основі експериментальних даних спеціальних процедур та інструментів для оцінки режимів погіршеного теплообміну в активній зоні перспективних реакторів IV покоління – водяних реакторів з надкритичними параметрами теплоносія. У вступі обґрунтовано актуальність розробки спеціальних процедур, подано загальну характеристику роботи, сформульована її мета, основні задачі, об'єкт та предмет досліджень, наведена наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, представлено інформацію про особистий внесок здобувача та апробацію роботи, її структуру та обсяг. У першому розділі приведений критичний огляд сучасного стану досліджень теплообміну при надкритичних параметрах стану теплоносія. Розглянуті основні фізичні аспекти

погіршення теплообміну, а також складність структурних досліджень течії. На основі літературного огляду сформульовано мету та завдання дослідження. Другий розділ присвячений адаптації методу передаточної матриці (ТММ) для аналізу нелінійних термо-гідравлічних процесів при надкритичних параметрах теплоносія. Запропонований метод фактично знімає обмеження на вид 3 кореляцій для чисел Ейлера та Нусельта і має покращену стабільність як при застосуванні неявних кореляцій так і при перехідному процесі. Третій розділ присвячений розширенню можливостей методів одновимірної теплогідравліки, які детально описані у другому розділі, шляхом введення диференційних функцій для визначення процесів інтенсивності дисипації та теплообміну. Здійснено логічний перехід від управляючих рівнянь одновимірного підходу до двовимірної осесиметричної постановки у вигляді моделі «вузького каналу». Запропонований альтернативний вигляд для функціональної залежності дотичних напружень, що дозволило підвищити стабільність методу. Завдяки застосуванню понять «базової» та «коригуючої величини, які введені у другому розділі, для отриманої системи вдалося побудувати розв'язок у вигляді суми ряду, коефіцієнти розкладу якого визначаються за допомогою ефективної чисельної процедури. Наведені результати валідації свідчать, що запропонований підхід дозволяє прогнозувати особливості структури течії при погіршеному теплообміні, при значному скороченні розрахункових ресурсів у порівнянні з CFD. Четвертий розділ присвячений проблемі адаптації існуючого універсального чи спеціалізованого інструментарію теплогідравлічного аналізу для нелінійних задач теплообміну при надкритичних параметрах теплоносія при погіршенні тепловіддачі. Розглянуті складності прогнозу нелінійного теплообміну при надкритичних параметрах інженерними методами розрахункової гідродинаміки. Запропоновано простий спосіб адаптації двозонної температурної пристінкової функції Кадера на основі існуючих зондових досліджень для двоокису вуглецю. Обговорюється проблема імплементації в універсальні пакети обчислювальної гідродинаміки CFD, яка базується на способі вибору опорної координати 4 пристінкової зони для визначення динамічної швидкості та безрозмірної температури. На прикладі ANSYS CFX показаний один із способів створення спеціальної користувальницької процедури, яка має покращену тенденцію щодо прогнозу аксіального профілю температури при погіршеному теплообміні. У розділі проведено калібрування та валідацію отриманих результатів на основі експериментальних досліджень для вертикальних труб та стержневих збірок імітаторів твел. П'ятий розділ присвячений розробці спеціального інструментарію для прогнозу режимів теплообміну з надкритичними параметрами теплоносія в умовах ядерного обігріву. Для цього було виконано спряження теплогідравлічної частини, яка описана у розділі 2 та 3, за рахунок сполучення поля тиску та введення інтегральних характеристик потоку з нейтронофізичною задачею. Розроблений спеціальний інтерфейс спряження із зональною моделлю тепловиділяючого елемента (твел), в якій джерело енерговиділення є результатом розв'язку нейтронофізичної задачі при наперед заданих умовах критичності системи. З метою оптимізації спряжених розрахунків сформовані параметричні профілі енерговиділення, які отримані за допомогою MCNP4C, які сполучаються із чарунковим кодом WIMS5b. У розділі розглянуті особливості прогнозу режимів теплообміну в умовах ядерного обігріву, а також вплив форми погіршеного теплообміну на критичність системи. У шостому розділі наведені результати оцінки стаціонарного стану перспективного реактора ECC-SMART із застосуванням підходів, які описані у розділах 2-5. Побудована еквівалентна теплогідравлічна схема для попередньої оцінки енерговиділення в тепловиділяючих збірках (ТВЗ). Розглянуті питання імплементації коефіцієнтів переносу та енерговиділення в пристінковій зоні на основі спеціальної пристінкової функції (розділ 4) та оцінок спряженого коду (розділ 5). Застосовані методи дозволили в десятки разів скоротити дискретизацію повної CFD моделі перспективного реактора, де проточна частина активної зони виконана досить точно.

2. The dissertation work is devoted to the development of special procedures and tools for deterioration heat transfer modes assessment in the core of advanced generation IV reactors based on experimental data. Foreword represents the substantiated relevance of the special procedures development. The general characteristics of the work are given. Its purpose, main objectives, object and subject of research are also formulated. At first chapter a critical review of the current state of research on heat transfer at supercritical coolant parameters is given. The main physical aspects of heat transfer deterioration (HTD), as well as the complexity of structural flow evaluation

are considered. The aim and objectives of the study are formulated based on the literature review. The second chapter is devoted to the adaptation of the transfer matrix method (TMM) for the analysis of nonlinear thermo-hydraulic processes for the coolant at supercritical coolant parameters (SCWP). The proposed method actually removes the restrictions on the type of correlations for the Euler and Nusselt numbers and has improved stability, and can be interpreted as the basis of modern codes of thermal hydraulics. The third chapter is assigned to extend the capabilities of the 1-D thermal hydraulics methods, which are described in detail in the second section by introducing differential functions for determining the processes of dissipation intensity and heat transfer. There is a logical transition from the governing equations of the 1-D approach to a 2-D axisymmetric formulation in the form of a "narrow channel" model. An alternative form for the functional dependence of tangential stresses is proposed, which allows increasing the stability of the method. Due to the application of the concepts of "base" and "correcting value", which were introduced in the second section, it was possible to construct a solution for the obtained system in the sum of a series, the decomposition coefficients of which are determined by an effective numerical procedure. The presented validation results show that the proposed approach allows predicting the features of the flow structure under the HTD, with a significant reduction in computational resources compared to CFD. Fourth chapter represents the problem of adaptation of existing universal or specialized tools of thermal-hydraulic analysis for nonlinear problems of heat transfer at SCWP with HTD. A simple method of adaptation of the two-zone wall temperature Kader function based on existing probe studies for carbon dioxide is proposed. The problem of implementation in universal CFD computational fluid dynamics packages is discussed, which is based on the method of choosing the wall zone reference coordinate for determining the dynamic velocity and dimensionless temperature. The example of ANSYS CFX shows one of the ways to create a special user procedure, which has an improved tendency to predict the axial temperature profile of the deteriorated heat transfer. In this section, the calibration and validation of the obtained results based on experimental studies for vertical tubes and rod assemblies of fuel element simulators is carried out. The peculiarities of the proposed implementation are also discussed, and recommendations for the application and further improvement of engineering approaches for predicting the HTD at SCWP are formed. Fifth chapter allocated to the development of special tools for prediction of heat transfer modes with supercritical parameters under nuclear heating conditions. For this purpose, the coupling of the thermohydraulic part described in Sections 2 and 3 was performed by combining the pressure field and setting the integral flow characteristics with the neutron-physical problem. In order to optimize the coupled calculations, parametric profiles of energy release were formed using MCNP4C and connected with the WIMS5b cell code. In this section, the peculiarities of the heat transfer modes penetration under nuclear heating conditions are considered, as well as the influence of the DHT form on the criticality of the system. Sixth chapter represents the results of steady-state assessment of the advanced ECC-SMART reactor using the approaches described in Chapters 2-5. The equivalent thermal-hydraulic scheme for preliminary estimation of the turbulent Prandtl number and energy release in the fuel assembly are build. The issues of implementation of transfer coefficients and energy release in the near-wall region based on a special near-wall function (Chapter 4) and conjugate code estimates (Chapter 5) are considered. The applied methods made it possible to reduce the discretization of the full CFD model of the advanced reactor by tens of times, where the reactor core flow part is performed quite accurately.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:**

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:**

**Підсумки дослідження:**

**Публікації:**

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:**

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Письменний Євген Миколайович

2. Pismeniy Eugene

**Кваліфікація:** д. т. н., 05.14.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Авраменко Андрій Олександрович

2. Avramenko Andrii Oleksandrovich

**Кваліфікація:** д.т.н., 05.14.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Терещенко Юрій Матвійович
2. Tereshchenko Yurii Matviiovych

**Кваліфікація:** д.т.н., 05.05.03**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:****Код за ЄДРПОУ:****Місцезнаходження:****Форма власності:****Сфера управління:****Ідентифікатор ROR:** Не застосовується**Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Баранюк Олександр Володимирович
2. Baranyuk Aleksadnr V

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.14.06**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:****Код за ЄДРПОУ:****Місцезнаходження:****Форма власності:****Сфера управління:****Ідентифікатор ROR:** Не застосовується**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ніщик Олександр Павлович
2. Nishchuk Olexander Pavlovich

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.14.06**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:****Код за ЄДРПОУ:****Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Туз Валерій Омелянович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Туз Валерій Омелянович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

**Реєстратор**

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Т.А.