

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002549

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 12-07-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/72/24 від 26.09.2024



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Онищук Юрій Анатолійович

2. Yurii A. Onyshchuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3556-2922

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 143

Назва наукової спеціальності: Атомна енергетика

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Атомна енергетика

Дата захисту: 11-09-2024

Спеціальність за освітою: Атомна енергетика

Місце роботи здобувача: Товариство з обмеженою відповідальністю "Енергориск"

Код за ЄДРПОУ: 19255493

Місцезнаходження: вул. Сім'ї Стешенків, б. 7, офіс 141, Київ, 03148, Україна

Форма власності: Приватна/недержавна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.190; ID 6555

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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 Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.33.29

Тема дисертації:

1. Вдосконалення методики розрахунків реакторної установки ВВЕР-1000 шляхом спряження розрахункових засобів
2. Improvement of the calculation method of the VVER-1000 reactor installation by coupling calculation tools

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вдосконаленню методики та отриманню спряжених розрахункових моделей для деталізованого моделювання теплогідравлічних процесів в окремому обладнанні РУ ВВЕР чи його локальних частинах з врахуванням зовнішнього впливу з боку РУ. У вступі обґрунтовано актуальність та 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 виконано критичний огляд сучасного стану дослідження та спряженого моделювання теплогідравлічних процесів в РУ ВВЕР. Він включає огляд розрахункових методів для проведення розрахунків теплогідравлічних

моделей всієї РУ ВВЕР. Описані традиційні підходи до моделювання за допомогою системних теплогідролічних кодів, наведено короткий огляд кодів, зокрема RELAP5, ATHLET, TRACE, CATNARE. Проведено огляд та аналіз наукової літератури щодо методів обчислювальної гідродинаміки та основних етапів отримання чисельного рішення з їх допомогою, а також застосування кодів обчислювальної гідродинаміки з метою аналізу безпеки АЕС. Проаналізовано сучасний стан досліджень, спрямованих на розвиток методів спряження розрахункових засобів моделювання. Приведено класифікацію підходів щодо теплогідролічного спряження за трьома основними стратегіями: архітектура спряження, просторова декомпозиція розрахункової області, числова схема спряження. Кожна зі стратегій в свою чергу класифікується на кілька підкатегорій для охоплення всіх можливих підходів до спряження. Виконано огляд стану розробки та застосування спряжених СТГ/CFD розрахункових засобів на теплогідролічних моделях різноманітної конфігурації та складності. Другий розділ присвячений підходу щодо вдосконалення моделювання стаціонарних та перехідних режимів в теплогідролічному обладнанні шляхом спряження системного теплогідролічного коду RELAP5/MOD 3.2 та CFD-коду ANSYS CFX. Проведено аналіз обраних кодів щодо можливості створення інтерфейсів для обміну даними, обираються найбільш оптимальні варіанти. Реалізація спряження відбувається за допомогою розробленого з модулю спряження RELAP5/CFX, що керує спряженим розрахунком та здійснює обробку даних. Представлено опис розробленого модулю спряження між кодами, висвітлено його структуру, основні функції, приведено схему виконання спряженого розрахунку та обміну даними між RELAP5 та ANSYS CFX. Для відпрацювання технології спряження виконано тестування модулю на послідовно з'єднаних RELAP5- та CFD-моделях горизонтальних труб, а також на замкненому контурі. Тестування проводилося для трьох основних типів інтерфейсу: «вхідний потік», «вихідний потік», поєднання «вхідний/вихідний потік» на замкненому контурі. Третій розділ присвячений розробці спряженого підходу до оцінки можливості виникнення гідролічного удару у проточній частині ГЦН-195М при перехідному процесі пов'язаному з заклинюванням валу. Для оцінки амплітуди підвищення тиску теплоносія, а також розподілу поля тиску за допомогою CFD-аналізу розроблено та представлено модель проточної частини ГЦН-195М для коду ANSYS CFX. Для реалізації спряження, представлено модифікаційну модель, що застосовується, як надбудова над основною моделлю РУ, що базується на RELAP5/MOD 3.2 моделі енергоблока №1 ВВЕР 1000/В 320 ЗАЕС. Описано підхід до виконання спряженого розрахунку та проведено валідацію спряженого стаціонарного стану РУ. Виконано моделювання перехідного процесу із заклинювання валу ГЦН 195М з застосуванням спряженого підходу та зроблено висновки щодо можливості виникнення гідролічного удару в проточній частині насосу. Четвертий розділ присвячений моделюванню процесів теплообміну між елементами верхнього блоку та корпусу реактору з охолоджуючим середовищем системам вентиляції TL03, TL05 із застосуванням спряженого підходу. Запропоновано підхід до вирішення даного завдання з застосуванням спряження між системним теплогідролічним кодом, методами обчислювальної гідродинаміки та аналітичними методами. Описано розроблену спряжену розрахункову процедуру, яка реалізує метод скінченних елементів, складний теплообмін та систему балансових рівнянь. Виконується валідація розробленої спряженої розрахункової процедури на основі експлуатаційних даних енергоблоку АЕС. На основі експериментальних даних проводиться комплексний аналіз можливості коректного моделювання складного теплообміну розрахунковим кодом ANSYS CFX, визначаються та обґрунтовуються комбінації замикаючих моделей випромінювання і турбулентності. На основі розробленої спряженої процедури виконано показові розрахунки для оцінки граничних умов на зовнішній поверхні верхнього блоку і корпусу реактору в стаціонарних та перехідних режимах.

2. The theses are devoted to improving the methodology and obtaining coupled calculation models for detailed modeling of thermohydraulic processes in separate equipment of the VVER reactor installation or its local parts, taking into account external influence from the reactor installation. Foreword justifies actualities of improving the methodology and developing coupled models. The general characteristics of the work are given. Its purpose, main objectives, object and subject of research also are formulated. The study scientific originality and practical value of the results obtained are shown. The thesis structure and scope of the work, information on the personal contribution of the applicant and the work approbation are represented. In the first chapter, a critical review of

the current state of research and coupled modeling of thermohydraulic processes at the VVER reactor installation is performed. It includes an overview of calculation methods for thermal-hydraulic models of the VVER reactor installation. Traditional approaches to modeling using STH codes are described, and a brief overview of codes including RELAP5, ATHLET, TRACE, CATHARE is given. A review and analysis of the scientific literature on CFD methods and the main stages of obtaining a numerical solution with their help, as well as the application of CFD codes for the purpose of analyzing the safety of NPPs, was conducted. The current state of research aimed at the development of methods of coupling of computational modeling tools is analyzed. The classification of approaches to coupling according to three main strategies is presented: coupling architecture, spatial decomposition of the computational domain, numerical scheme of coupling. Each of the strategies in turn is classified into several subcategories to cover all possible approaches to coupling. A review of the development and application of coupled STH/CFD calculation tools on thermo-hydraulic models of various configurations and complexity was performed. The second chapter contains description of the approach aimed to improving the modeling of steady state and transient modes in the reactor system equipment by the coupling of the STH code RELAP5/MOD 3.2 and the CFD code ANSYS CFX. The developed coupling module between RELAP5 and ANSYS CFX is described, including its structure, main functions, the scheme of performing coupled calculations, and data exchange between RELAP5 and ANSYS CFX. An analysis of the selected codes is carried out regarding the possibility of creating interfaces for data exchange, the most optimal options are selected. Coupling is implemented using the RELAP5/CFX coupling module, which manages the calculation and performs data processing. To check the coupling technology, the module was tested on serially connected RELAP5 and CFD models of horizontal pipes, as well as on a closed circuit. Testing was performed for three main interface types: "inlet flow", "outlet flow", "inflow/outflow" combination on a closed loop. The third chapter is devoted to the development of a coupled approach for the assessment of the possibility of hydraulic shock in the flow part of the MCP 195M during the transient with shaft seizure. To estimate the amplitude of the coolant pressure increase, as well as the distribution of the pressure field using CFD analysis, a model of the flow part of the MCP-195M for the ANSYS CFX code was developed and presented. To implement the coupling, a modified model is presented, which is used as a superstructure on the main model of the reactor installation, based on the RELAP5/MOD 3.2 model of unit №1 VVER-1000/V-320 ZNPP. The approach to performing the coupled calculation is described and the coupled steady state of the reactor installation is validated. Modeling of the MCP-195M shaft seizing transient using a coupled approach is carried out, and conclusions are drawn regarding the possibility of hydraulic shock in the flow part of the pump. The fourth chapter is devoted to the modeling of heat exchange processes between the elements of the upper unit and the reactor body with the cooling medium of the ventilation systems TL03, TL05 using a coupled approach. An approach to the solution of this task is proposed using a combination of the STH code, CFD and analytical methods. The developed coupled calculation procedure is described, which implements the finite element method, complex heat exchange and a system of balance equations. Validation of the developed coupled calculation procedure is performed based on operational data of the NPP. On the basis of experimental data, a comprehensive analysis of the possibility of correct modeling of radiation and turbulence are determined and substantiated. On the basis of the developed coupled procedure, demonstrative calculations were performed to estimate the boundary conditions on the outer surface of the upper unit and the reactor pressure vessel in stationary and transient modes.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Онищук Ю.А. Проблематика моделювання внутрішньокорпусної фази важкої аварії / Онищук Ю.А., Клевцов С. В. // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». №3. 2021. С. 111–121. URL: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2021.251279>
- 2. Онищук Ю.А. Модуль спряження RELAP5-CFX: тестування на простих теплогідравлічних моделях / Онищук Ю.А., Клевцов С. В. // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». №3. 2022. С. 98–106. URL: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2022.272087>
- 3. Онищук Ю.А. Моделювання перехідного процесу на РУ ВВЕР-1000 зі застосуванням спряженого підходу / Онищук Ю.А., Клевцов С. В. // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». №2. 2024. С. 81–87. URL: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2024.303099>
- 4. Онищук Ю.А. Моделювання процесу деградації корпусу реактору при важкій аварії на АЕС / Онищук Ю.А., Клевцов С. В. // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т. : Матеріали XIX Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ., м. Київ, 20–23 квіт. 2021 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – Т.1. – 334 с. URL: <https://aesiitf.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/11/2021-tom1-tezy.pdf>
- 5. Онищук Ю.А. Розробка модулю спряження RELAP5/MOD 3.2-CFX для застосування на РУ ВВЕР-1000 / Онищук Ю.А., Клевцов С. В. // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т. : Матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ. (присвячена 125-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського та 90 річчю НН ІАТЕ (ТЕФ)), м. Київ, 25–28 квіт. 2023 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – Т. 1. – 256 с. URL: https://iate.kpi.ua/uploads/p_21_89484232.pdf

Наукова (науково-технічна) продукція: методичні документи; програмні продукти, програмно-технологічна документація; аналітичні матеріали

Соціально-економічна спрямованість: підвищення рівня безпеки в атомній енергетиці

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Клевцов Сергій Валерійович

2. Sergii V. Klevtsov

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.14.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1405-5048

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Авраменко Андрій Олександрович
2. Andrii O. Avramenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, член-кор. НАН України, 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2416-3512

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417118

Місцезнаходження: вул. Марії Капніст, буд. 2-а, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кравченко Володимир Петрович
2. Volodymyr P. Kravchenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.14.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7557-3327

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Борисенко Володимир Іванович
2. Volodymyr I. Borisenko

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.14.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3035-0760

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Воробйов Микита Валерійович

2. Mykyta V. Vorobiov

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9621-7658

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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**

Онищук Юрій Анатолійович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна