

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U005350

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 01-10-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бундев Денис Степанович

2. Denys S. Bundiev

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0010-4702

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: 14-09-2026

Спеціальність за освітою: Атомна енергетика

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 0000000000

Місцезнаходження: 00000, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 16930

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, 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 університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, 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. Кваліфікація теплогідродинамічної стійкості у змішувальних теплообмінниках турбінного відділення ядерних енергоустановок
2. Qualification of thermal hydrodynamic stability in mixing heat exchangers of the turbine house of nuclear power plants

Реферат/анотація:

1. Багаторічний досвід експлуатації змішувальних теплообмінників турбінного відділення ядерних енергоустановок з реакторами ВВЕР засвідчив можливість виникнення в окремих режимах гідродинамічних ударів по внутрішньокорпусних пристроях, що можуть спричиняти порушення роботи насосів подачі води до парогенераторів, пошкодження елементів теплообмінників і підвищену вібрацію обладнання та трубопроводів. Однією з основних причин таких явищ є теплогідродинамічна нестійкість систем змішувальних теплообмінників. Метою роботи є розрахункова та експериментальна кваліфікація умов теплогідродинамічної стійкості змішувальних теплообмінників турбінного відділення ядерної енергоустановки з ВВЕР у робочих і перехідних режимах. Для досягнення мети виконано: аналіз відомих досліджень імпульсної, низькочастотної та високочастотної теплогідродинамічної нестійкості; розроблено детерміністські методи кваліфікації умов гідродинамічних ударів у динамічних і рівноважних режимах;

проведено експериментальну верифікацію; сформовано практичні рекомендації щодо забезпечення теплогідродинамічної стійкості. Наукова новизна полягає у встановленні актуальності для змішувальних теплообмінників двох основних механізмів нестійкості: низькочастотної коливальної, зумовленої запізненням завершення тепломасообмінних процесів під час конденсації та інерційністю напірно-витратних характеристик насосів, і імпульсної, пов'язаної з перетворенням кінетичної енергії потоку у внутрішню енергію гідродинамічного удару. Запропоновано нові детерміністські методи кваліфікації умов виникнення гідродинамічних ударів для обох механізмів. У розділі 1 проаналізовано сучасні підходи до моделювання гідродинамічних ударів і різних видів теплогідродинамічної нестійкості в парогенеруючих, конденсуючих, двофазних системах і контурах природної циркуляції. Встановлено відсутність достатньо обґрунтованих методів для систем змішувальних теплообмінників. У розділі 2 розроблено детерміністський метод моделювання гідродинамічних ударів у динамічних режимах змішувальних теплообмінників регенеративної системи турбіни. Умовою виникнення удару визначено імпульсне зниження швидкості потоку з перетворенням його кінетичної енергії в енергію імпульсу тиску. Основними факторами нестійкості є незавершеність процесів конденсації та інерційність реакції конденсатного насоса. Максимальні відносні амплітуди коливань витрати конденсату становили 25 %, тиску – 50 %, рівня конденсату – 99 %, максимальна частота – 0,1 Гц. Максимальний відносний імпульс тиску пари досягав 400 %. Для запобігання нестійкості запропоновано регулювання витрати пари і рівня конденсату та встановлення демпфувальних пристроїв на трубопроводі подачі конденсату. У розділі 3 проведено експериментальну верифікацію методу на установках «Гідроудар» і «Насос», параметри яких відповідають критеріям теплогідродинамічної подібності натурної системи. Максимальні відносні амплітуди імпульсу тиску становили відповідно до 350 % і 950 %, а амплітуди коливань тиску в замкнутому контурі установки «Насос» – до 50 %. Розбіжності між розрахунковими й експериментальними даними пояснюються прийнятими припущеннями щодо ізотермічності гідроудару та відсутності необоротних теплогідродинамічних втрат. У розділі 4 розроблено детерміністський метод кваліфікації теплогідродинамічної стійкості змішувальних теплообмінників у рівноважному стані, заснований на аналізі незалежних флуктуацій тиску та швидкості потоку. Це дозволило визначити розрахункову область параметрів нестійкості та сформуувати практичні рекомендації щодо її запобігання. Результати роботи можуть бути використані НАЕК «Енергоатом» для підвищення ефективності та безпеки експлуатації АЕС України.

2. Long-term operating experience with direct-contact heat exchangers in the turbine systems of nuclear power plants equipped with VVER reactors has demonstrated that, under certain operating conditions, hydrodynamic impacts on internal components may occur. Such impacts can disturb the operation of pumps supplying water to steam generators, damage heat-exchanger internals, and increase vibration of turbine-system equipment and pipelines. One of the main causes of these phenomena is thermohydrodynamic instability in direct-contact heat-exchanger systems. The aim of this study is the computational and experimental qualification of thermohydrodynamic stability conditions in direct-contact heat exchangers of the turbine system of a VVER nuclear power plant under steady-state and transient operating conditions. To achieve this aim, previous studies of impulse, low-frequency, and high-frequency thermohydrodynamic instability were analyzed; deterministic methods for qualifying hydrodynamic impact conditions under dynamic and equilibrium regimes were developed; experimental verification was performed; and practical recommendations for ensuring thermohydrodynamic stability were formulated. The scientific novelty of the work consists in identifying two principal instability mechanisms relevant to direct-contact heat exchangers: low-frequency oscillatory instability caused by delayed completion of heat- and mass-transfer processes during condensation and by the inertia of pump head-flow characteristics; and impulse instability associated with conversion of the kinetic energy of the flow into the internal energy of a hydrodynamic impact. New deterministic methods for qualifying hydrodynamic impact conditions for both mechanisms are proposed. Chapter 1 reviews current approaches to modeling hydrodynamic impacts and different types of thermohydrodynamic instability in steam-generating, condensing, two-phase, and natural-circulation systems. It is shown that sufficiently substantiated methods for direct-contact heat-exchanger systems are currently lacking. Chapter 2 presents a deterministic method for modeling hydrodynamic impacts

under dynamic conditions of direct-contact heat exchangers in the turbine regenerative system. The impact condition is defined as an impulse decrease in flow velocity accompanied by conversion of flow kinetic energy into pressure-pulse energy. The principal instability factors are incomplete condensation processes and the inertial response of the condensate pump. The maximum relative amplitudes of condensate-flow, pressure, and condensate-level oscillations were 25%, 50%, and 99%, respectively, while the maximum oscillation frequency was 0.1 Hz. The maximum relative steam-pressure pulse reached 400%. To prevent instability, control of steam flow and condensate level and the installation of damping devices in the condensate supply pipeline are proposed. Chapter 3 presents experimental verification of the developed method using the “Hydraulic Impact” and “Pump” test facilities, whose parameters satisfy the thermohydrodynamic similarity criteria of the full-scale system. The maximum relative pressure-pulse amplitudes did not exceed 350% and 950%, respectively, while pressure oscillations in the closed loop of the “Pump” facility did not exceed 50%. Differences between calculated and experimental data are explained by the adopted assumptions of an isothermal hydraulic-impact process and the absence of irreversible thermohydrodynamic losses. Chapter 4 develops a deterministic method for qualifying the thermohydraulic stability of direct-contact heat exchangers under equilibrium conditions, based on analysis of independent fluctuations in pressure and flow velocity. This approach made it possible to determine the calculated instability-parameter domain and formulate practical recommendations for preventing instability and its consequences. The results may be used by NNEGC Energoatom to improve the efficiency and safety of Ukrainian nuclear power plant operation.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Skalozubov V., Dorozh O., Komarov Yu., Bundev D., Verbylo I., Sukhomlinov O. Method of qualification of mixing heaters of turbo plants in conditions of thermodynamic instability. Problems of Atomic Science and Technology. 2025. No. 2 (156). P. 96 – 99. doi.org/10.46813/2025-156-096
- Skalozubov V. I., Dorozh O. A., Komarov Yu. O., Galatsan M. P., Mazurenko A. S., Bundev D. S. Method of qualification of mixing heaters of turbo plants in conditions of thermodynamic instability. Nuclear Physics and Atomic Energy. 2024. Vol. 25, No. 1. P. 43 – 46. doi.org/10.15407/jnpae2024.01.043
- Скалозубов В. І., Дорож О. А., Бундев Д. С., Сухомлінов О. С., Прокоф'єв С. С. Питання безпеки та управління аваріями в малих модульних реакторах SMR-160 в умовах теплогідродинамічної нестійкості. Ядерна енергетика та довкілля. 2024. № 3(31). С. 23 – 28. doi.org/10.31717/2311-8253.24.
- Skalozubov V., Vierinov O., Kanivets A., Kochnieva V., Bundiev D., Hayo H. Risk-informed method for qualifying strategies for operation control of metal of safety related systems of nuclear power plants. Proc. of Odessa Polytechnic University (Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi). 2023. Iss. 2(68). P. 43 – 50. DOI 10.15276/opu.2.68.2023.05
- Скалозубов В. І., Верінов О. М., Канівець А. В., Кочнева В. Ю., Бундев Д. С., Хайо Х. Ризик-орієнтований метод оптимізації стратегії планового ремонту за технічним станом систем, важливих для безпеки ядерних енергоустановок. Ядерна енергетика та довкілля. 2023. № 3(28). С. 10 – 15. doi.org/10.31717/2311-8253.23.3.2

- Skalozubov V., Kozlov I., Kozlov O., Bundiev D., Kosenko S. Safety of Ukraine's nuclear power industry in extreme operating conditions. Proc. of Odessa Polytechnic University (Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi). 2022. Iss. 2(66). P. 74 – 81. DOI 10.15276/opu.2.66.2022.09

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; технології

Соціально-економічна спрямованість: зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Скалозубов Володимир Іванович
2. Volodimir I. Skalozubov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2361-223X

Додаткова інформація: Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки 2014 за роботу «Комплекс методів та заходів забезпечення безпечної експлуатації та ефективності АЕС України»

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, 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. Бошкова Ірина Леонідівна
2. Iryna Boshkova

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5989-9223

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Одеський національний технологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071062

Місцезнаходження: вул. Канатна, Одеса, 65039, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хлієва Ольга Яківна

2. Olga Khliyeva

Кваліфікація: д.т.н., проф., 05.05.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3592-4989

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська морська академія"

Код за ЄДРПОУ: 01127799

Місцезнаходження: вул. Дідріхсона, Одеса, 65029, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тарасов Віктор Олексійович

2. Victor Tarasov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1497-0214

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ковальчук Вячеслав Іванович

2. Viacheslav I. Kovalchuk

Кваліфікація: к. т. н., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8696-4414

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

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

Кравченко Володимир Петрович

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

Кравченко Володимир Петрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Бундев Денис Степанович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна