

# Облікова картка дисертації (ОКД)

Шифр спецради: ДФ 26.002.20

Відкрита

Вид дисертації: 08

Державний обліковий номер: 0823U100321

Дата реєстрації: 31-05-2023



## 1. Відомості про здобувача

ПІБ (укр.): Філонова Юлія Сергіївна

ПІБ (англ.): Filonova Yuliia S.

Шифр спеціальності, за якою відбувся захист: 143

Дата захисту: 17-05-2023

На здобуття наукового ступеня: Доктор філософії (д.філ)

Спеціальність за освітою: Атомна енергетика

## 2. Відомості про установу, організацію, у вченій раді якої відбувся захист

Назва організації: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Підпорядкованість: Міністерство освіти і науки України

Код ЄДРПОУ: 02070921

Адреса: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Телефон: 380442367989

Телефон: 380442044862

Телефон: +38 (044) 204-82-82

E-mail: mail@kpi.ua

WWW: <https://kpi.ua/>

Інше: kpi.ua

## 3. Відомості про організацію, де виконувалася (готувалася) дисертація

Назва організації: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Підпорядкованість: Міністерство освіти і науки України

Код ЄДРПОУ: 02070921

Адреса: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Телефон: 380442367989

Телефон: 380442044862

Телефон: +38 (044) 204-82-82

E-mail: mail@kpi.ua

WWW: <https://kpi.ua/>

Інше: kpi.ua

#### **4. Відомості про організацію, де працює здобувач**

**Назва організації:** Товариство з обмеженою відповідальністю "ІПП-Центр"

**Підпорядкованість:**

**Код ЄДРПОУ:** 24264063

**Адреса:** вул. Будіндустрії 5Б, м. Київ, 01013, Україна

**Телефон:** 380445024570

**E-mail:** ipp@ipp-centre.com.ua

**WWW:** <https://www.ipp-centre.com.ua/>

#### **5. Наукові керівники та консультанти**

##### **Наукові керівники**

Кондратюк Вадим Анатолійович (к. т. н., доц., 05.14.14)

#### **6. Офіційні опоненти та рецензенти**

##### **Офіційні опоненти**

Авраменко Андрій Олександрович (д.т.н., професор, член-кор., 05.14.06)

Терещенко Юрій Матвійович (д.т.н., професор, 05.05.03)

##### **Рецензенти**

Клевцов Сергій Валерійович (к. т. н., доц., 05.14.14)

Воробйов Микита Валерійович (к.т.н., 05.14.06)

#### **7. Підсумки дослідження та кількісні показники**

**Підсумки дослідження:** 40 - Нове вирішення актуального наукового завдання

**Кількість сторінок:** 163

**Кількість додатків:** 5

**Ілюстрації:** 59

**Таблиці:** 8

**Схеми:** 0

**Використані першоджерела:** 73

**Кількість публікацій:** 13

**Кількість патентів:**

**Впровадження результатів роботи:**

**Мова документа:** Українська

**Зв'язок з науковими темами:**

#### **8. Індекс УДК тематичних рубрик НТІ**

**Індекс УДК:** 620.9:662.92; 658.264, 621.039.5, 621.039.75, 621.039.588

**Тематичні рубрики:** 44.31.35, 44.33.31, 58.35.13

#### **9. Тема та реферат дисертації**

##### **Тема (укр.)**

Обґрунтування надійності тепловідводу від металу вигородки РУ типу ВВЕР-1000 при деградації її геометрії



## Тема (англ.)

Substantiation of the possibility of reliable heat removal from the VVER-1000 reactor core baffle metal with its geometry degradation

## Реферат (укр.)

Дисертаційна робота присвячена дослідженню впливу деградації геометрії вигородки внутрішньокорпусної на зміну умов охолодження внутрішньокорпусних пристроїв реактору типу ВВЕР-1000. У вступі обґрунтовано вибір теми досліджень, сформульовані мета і задачі дослідження, визначено методи дослідження, висвітлено зв'язок з науково-дослідними програмами та роботами, а також наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, охарактеризовано особистий внесок автора, приведені відомості про апробацію результатів дисертації, її структуру та обсяг. У першому розділі проведено огляд наявних досліджень, пов'язаних з тематикою дисертації. Проаналізовано першопричини і особливості процесів деградації металу внутрішньокорпусних пристроїв (ВКП), а також найбільш імовірні зміни відносно проектної геометрії – вичерпання зазорів між вигородкою і шахтою, а також поява не передбачених проектом РУ ВВЕР-1000 радіальних перетоків через розкриття кілець вигородки. На основі літературного огляду сформульовано мету, завдання, предмет і об'єкт дослідження. Другий розділ присвячений дослідженню зміни умов охолодження вигородки при деградації її геометрії, а саме її контакті із шахтою внутрішньокорпусною та розкритті кілець вигородки і як наслідок – появи не передбачених проектом радіальних перетоків теплоносія з активної зони реактору. Запропоновано методологію вирішення задачі дослідження зміни умов охолодження ВКП, що базується на поступовому аналізі. Розроблено універсальну (з точки зору конфігурування та задання граничних умов) розрахункову тривимірну CFD модель охолодження вигородки. Проведено серію розрахунків для різних паливних кампаній енергоблоку АЕС України та обґрунтовано вибір представницької кампанії для подальшого аналізу деградації геометрії. Запропоновано підхід із розглядом різних можливих конфігурацій контакту. Розглянуто 8 варіантів контакту, серед яких – проектна геометрія, шість прогнозованих, восьмий – реалістичний на основі попередньої оцінки на міцність для представницької кампанії. На основі розробленого підходу якомога повно проаналізовано всі імовірні стани ВКП при наявності контакту та з'ясовано його вплив на зміну температурного стану основних конструкційних елементів ВКП (вигородки, шахти, шпильок та різьбових тяг). Проведено оцінку інтенсивності радіальних перетоків за допомогою аналітичної оцінки, та із застосуванням розробленої CFD – моделі, що дозволяє врахування наявності розкриття. Отримано можливу максимальну межу величини інтенсивності байпасу з активної зони до кільцевого каналу і каналів охолодження вигородки та проаналізовано його вплив на температурний стан вигородки. З'ясовано вплив розкриття на стан ВКП та наявність появи зворотніх зв'язків типу «розкриття – локальна інтенсифікація охолодження – зменшення інтенсивності подальшого розкриття» та зроблено висновок щодо необхідності використання зв'язаного підходу з урахуванням взаємного впливу трьох фізик – нейтронно-фізичному, теплогідравлічному розрахунках та розрахунку міцності. В третьому розділі представлено опис ключових складових частин нейтронно-фізичного модулю. Розроблений модуль складається з трьох основних частин до яких відносяться: інженерний аналіз паливних завантажень енергоблоку, безпосередньо модель транспорту нейтронів та гамма-квантів і параметричний аналіз. Побудована транспортна модель випромінювання, що базується на використанні коду Монте-Карло MCNPX, та дозволяє задання нерівномірності температури та матеріального складу. За допомогою транспортної моделі а також розробленої підпрограми постобробки реалізовано синтез тривимірних (r-p-z) миттєвих та накопичених характеристик випромінювання, які можуть передаватися в теплогідравлічний модуль та модуль розрахунків на міцність. Четвертий розділ присвячено розробці комплексної зв'язаної мультифізичної процедури оцінки зміни умов охолодження елементів ВКП при деградації їх геометрії з урахуванням наявності зворотніх зв'язків типу «розкриття кілець вигородки – поява радіальних перетоків – локальна зміна умов охолодження металу вигородки – зміна інтенсивності розкриття». Запропоновано концепцію спряження блоків, що відповідають оцінкам трьох фізичних складових проблеми розпухання – нейтронно-фізичного модулю, теплогідравлічного аналізу та модулю оцінки міцності. Модифіковано та раціоналізовано модуль теплогідравлічного аналізу, та, відповідно, розділено його на три складові (субмоделі) – одновимірну теплогідравлічну модель байпасу активної зони, твердотільну модель основних елементів ВКП, та модифіковану CFD-модель активної зони. Проведено розрахунковий аналіз деградації геометрії вигородки з урахуванням зворотніх зв'язків, пов'язаних з локальним впливом наявності радіальних перетоків на умови охолодження вигородки. Уточнено значення розкриття кілець на момент 60-ї кампанії, що були отримані в Розділі 2 в рамках виконання послідовного аналізу. Отримані величини зазорів між кільцями мають в середньому на 22% нижчі за результати консервативного послідовного аналізу.

## Реферат (англ.)

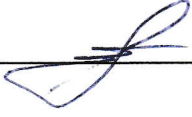
The thesis work is devoted to the study of the influence of the core baffle geometry degradation due to the change in the VVER-



1000 reactor internals cooling conditions. The introduction substantiates the choice of the research topic, formulates the purpose and objectives of the study, defines the research methods, highlights the connection with research programs and works, as well as the scientific novelty and practical significance of the results obtained, characterizes the personal contribution of the author, provides the approbation of the dissertation results, its structure and scope. The first section reviews the existing research related to the subject of the thesis. So the following are analyzed: the root causes and peculiarities of the internals metal degradation processes, the most probable changes in relation to the design geometry - exhaustion of the gaps between the core baffle and reactor core barrel, as well as the appearance of radial flows not provided by the VVER-1000 reactor design. Based on the literature review, the aim, objectives, study subject and object were formulated. The second section covers to the study of changes in the core baffle cooling conditions during the degradation of its geometry, namely its contact with the reactor core barrel and the baffle rings opening. A methodology for solving the problem of the change in the internals cooling conditions, based on a gradual analysis, is proposed. In order to carry out this analysis, a universal three-dimensional baffle cooling CFD model was developed. The series of runs was performed for different fuel campaigns of Ukrainian NPP power unit and the choice of a representative campaign for the further analysis was substantiated. In order to study the changes in the core baffle cooling conditions in the presence of its contact with the reactor core barrel, an approach with a consideration of various possible contact configurations is proposed. In the framework analysis, 8 variants of contact are considered. In addition its influence on the change in the temperature state of the main internals structural elements (baffle, barrel, studs and tie bars) was clarified. The influence of the baffle rings opening presence and the appearance of radial flows on the change in the internals cooling conditions are investigated. The intensity of radial flows was estimated analytically and by using the developed CFD model. The possible maximum limit of the bypass intensity from the reactor core was obtained and its influence on the baffle temperature state was analyzed. The following inverse influence presence "opening - local cooling intensification - decrease in the intensity of further opening" had been received and the conclusion about the needs to use a coupled approach considering the mutual influence of the three physics type - neutron, thermal-hydraulic and strength analysis was made. The third section presents a description of the neutron-physics module key components. The developed module consists of three main parts, which include: fuel loading engineering analysis unit, neutron and gamma-ray transport model and parametric analysis. A radiation transport model was built based on the Monte Carlo code MCNPX and allowing the setting of non-uniformity of temperature and material composition. Using the transport model and the developed post-processing subprogram, the synthesis of three-dimensional (r- $\phi$ -z) instantaneous and integral radiation characteristics is implemented, which can be exported to the thermal-hydraulic and strength calculations module. The fourth section includes the description of the complex coupled multiphysical procedure development for assessing the change in internals elements cooling conditions during the degradation of their geometry, considering the presence of the inverse influence on the cooling and deformation intensity. The following concept, based on the three physical components of the swelling problem - neutron-physical module, thermal-hydraulic analysis and strength assessment module is proposed. The thermal-hydraulic analysis module was modified and divided into 3 sub-models - a 1-D thermal-hydraulic model of the reactor core bypass, a solid model of the internals main elements, and a modified reactor core CFD model. The description of each component is given and effective interfaces for coupling of individual modules are developed. Applying the developed multiphysics procedure, a calculation analysis of the baffle geometry degradation was carried out. The procedure considered feedback related to the local influence of the radial flows presence on the baffle cooling conditions. As a result of coupled assessment, the values of the rings opening after 60 years of operation, obtained in Section 2 as part of the sequential analysis, were clarified. The resulting values of the gaps between the rings have smaller values, which are on average 22% lower than the results of conservative sequential analysis.

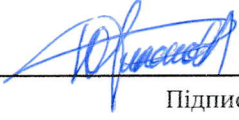
Голова спеціалізованої вченої ради: Туз Валерій Омелянович (д.т.н., професор, 05.14.06)

Підпис



Відповідальний за подання документів: Філонова Юлія Сергіївна (Тел.: 0664670049)

Підпис



Керівник відділу реєстрації наукової діяльності  
УкрІНТЕІ

Юрченко Т.А.

