

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001721

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-04-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС\_62\_24 від 23.07.2024



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кобилянська Ольга Олександрівна

2. Olha Kobylianska

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4195-0841

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 144

Назва наукової спеціальності: Теплоенергетика

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Теплоенергетика

Дата захисту: 25-06-2024

Спеціальність за освітою: Теплоенергетика

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 26.002.155; ID 5480

**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:** 44.31.29, 44.31.39

**Тема дисертації:**

1. Підвищення ефективності робочого процесу струменево-нішевих пальників за рахунок домішок водню
2. Increasing the efficiency of the workflow of jet-niche burners due to hydrogen admixtures

**Реферат:**

1. Дисертацію присвячено дослідженню закономірностей процесу горіння традиційних вуглеводневих палив при додаванні водню в умовах струменево-нішевого стабілізатора полум'я, робочий процес якого визначає ефективність універсальних дифузійно-кінетичних промислових пальникових пристроїв. У вступі наводиться обґрунтування актуальності теми дослідження, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, показано особистий внесок здобувача та висновки. Представлено відомості щодо апробації результатів досліджень та напрямки їх потенційного використання. В першому розділі відображено актуальність даної тематики. Проаналізовано перспективи використання альтернативних газів. Розглянуто основні особливості водню як палива. Проаналізовано результати попередніх досліджень спалювання водню і встановлено основні

фактори впливу водню на процес горіння, в порівнянні зі спалюванням природного газу. В ході досліджень авторами показано, що додавання водню призводить до підвищення температури в зоні горіння, а отже і до зростання викидів токсичних оксидів азоту. Натомість викиди CO та CO<sub>2</sub> зменшуються. Однією з найбільш ефективних вітчизняних технологій горіння є Струменево-нішева технологія, яка має широку географію та номенклатуру ефективно модернізованого газоспалювального устаткування. В контексті основних переваг технології, спалювання сумішного газу з воднем постає перспективним напрямком розвитку вже існуючих науково-технічних рішень. В другому розділі наведено схему лабораторного стенду, детально представлено методику проведення експерименту і обробки отриманих даних при спалюванні традиційних паливних газів та їх суміші з воднем в умовах струменево-нішевої системи. В методиці проведення досліджень описано умови проведення вимірювань та особливості підготовки апаратури до вимірювань. Емісійні показники вимірювались за допомогою газоаналізаторів Testo-330 1LL та OKSI 5M-5H. В розділі наведено методику обробки експериментальних даних та методику тарування звужуючих пристроїв вимірювання витрати з використанням сопла Вітошинського, наведено порядок обробки результатів вимірювань. Окрема увага приділена оцінці похибок вимірювання. В третьому розділі наведено результати експериментального дослідження процесу горіння природного газу та пропан-бутану в суміші з воднем. Наведені фотографії факела, які наглядно показують, що додавання водню кардинально змінює структуру факела спалюваної суміші, що пояснюється підвищенням реакційної здатності палива. Результати вимірювання температур у відкритому факелі показало збільшення температури в усті пальника при додаванні водню більше 50% на 35...40°C і для чистого водню на 100-120°C у порівнянні з природним газом. Також додавання водню призводить до збільшення значення гідродинамічного параметра  $q$ , що характеризує далекобійність струменів. В роботі досліджено вплив домішок водню на стабілізаційні характеристики спалювання природного газу. Показано, що додавання водню значно розширяє межі зриву. Коефіцієнт регулювання пальника при цьому суттєво підвищується. Показано, що додавання водню локально підвищує температури горіння суміші. Експериментально досліджено вплив домішки водню на рівень емісії оксидів азоту та вуглецю у продуктах спалювання сумішевих палив. Встановлено закономірності утворення CO та NO<sub>x</sub> в залежності від геометричних та режимних параметрів стабілізатора. В розділі було проведено стехіометричний розрахунок викидів CO<sub>2</sub> у випадку заміщення метану воднем на 50% за об'ємом. Результати розрахунків показали зниження емісії CO<sub>2</sub> на 23,0%. Також проведено теоретичний розрахунок викидів CO<sub>2</sub> за ГКД 34.02.305-2002. Представлені теоретичні результати корелюються з характеристикою отриманою за результатами газового аналізу. В роботі наведені приведені показники концентрації оксидів азоту, які використовуються при проведенні екологічного аудиту пальникових пристроїв. Надані рекомендації щодо адаптації конструкції струменево-нішевого стабілізатору до спалювання сумішних палив в пальниках СНТ. В четвертому розділі наведено результати енергоекологічної оцінки паливоспалюючого устаткування. Так, за результатами аналізу емісійних показників модернізованого вогнетехнічного обладнання потужністю 0,5-60 МВт отримано дані для оцінки емісійних показників котлів малої та середньої потужності залежно від основних впливових факторів. Запропоновано методологічний підхід щодо екологічної оцінки котельного устаткування модернізованого на базі СНТ з використанням підходу компенсації впливів.

2. The thesis is devoted to the study of the regularities of the combustion process of traditional hydrocarbon fuels when hydrogen is added under the conditions of a jet-*niche* flame stabilizer, the working process of which determines the efficiency of universal diffusion-kinetic industrial burners. The introduction provides a justification of the relevance of the research topic, formulates the purpose and objectives of the study, defines the object, subject, scientific novelty and practical value of the results obtained, shows the personal contribution of the applicant and conclusions. Information on the testing of research results and areas of their potential use is presented. The first chapter reflects the relevance of this topic. The prospects for the use of alternative gases are analyzed. The main features of hydrogen as a fuel are considered. The results of previous studies of hydrogen combustion are analyzed and the main factors of hydrogen influence on the combustion process are established, compared to the combustion of natural gas. The authors have shown that the addition of hydrogen leads to an increase in the temperature in the combustion zone, and hence to an increase in toxic nitrogen oxide emissions. At

the same time, CO and CO<sub>2</sub> emissions are reduced. One of the most effective domestic combustion technologies is the jet-technique technology, which has a wide geography and a range of effectively modernized gas combustion equipment. In the context of the main advantages of the technology, the combustion of mixed gas with hydrogen appears to be a promising direction for the development of existing scientific and technical solutions. Chapter 2 presents a diagram of the laboratory testbed, describes in detail the methodology for conducting the experiment and processing the data obtained during the combustion of traditional fuel gases and their mixture with hydrogen in a jet-technique system. The research methodology describes the conditions of measurements and the peculiarities of preparing the equipment for measurements. The emission characteristics were measured using Testo-330 1LL and OXI 5M-5N gas analyzers. The chapter describes the methodology for processing experimental data and the methodology for calibrating flow restriction devices using a Vitoshinsky nozzle, and the procedure for processing the measurement results. Particular attention is paid to the estimation of measurement errors. Chapter 3 presents the results of an experimental study of the combustion of natural gas and propane-butane mixed with hydrogen. Photos of the flame are presented, which clearly show that the addition of hydrogen radically changes the structure of the flame of the combusted mixture, which is explained by an increase in the reactivity of the fuel. The results of measuring temperatures in an open flame showed an increase in the temperature at the burner mouth with the addition of hydrogen by more than 50% by 35...40°C and for pure hydrogen by 100-120°C compared to natural gas. Also, the addition of hydrogen leads to an increase in the value of the hydrodynamic parameter  $q$ , which characterizes the range of jets. The paper investigates the effect of hydrogen impurities on the stabilization characteristics of natural gas combustion. It is shown that the addition of hydrogen significantly expands the limits of failure. The burner control coefficient increases significantly. It was shown that the addition of hydrogen locally increases the combustion temperature of the mixture. The influence of hydrogen impurity on the level of nitrogen and carbon oxides emissions in the products of mixed fuel combustion was experimentally studied. The regularities of CO and NO<sub>x</sub> formation depending on the geometric and operating parameters of the stabilizer were established. In this section, we performed a stoichiometric calculation of CO<sub>2</sub> emissions in the case of methane replacement by hydrogen by 50% by volume. The calculation results showed a 23,0% reduction in CO<sub>2</sub> emissions. Also, a theoretical calculation of CO<sub>2</sub> emissions according to GKD 34.02.305-2002 was performed. The presented theoretical results are correlated with the characterization obtained from the gas analysis. The paper presents the preliminary indicators of nitrogen oxides concentration used in the environmental audit of burners. Recommendations on the adaptation of the JNS to the combustion of mixed fuels are given. The fourth chapter presents the results of the energy and environmental assessment of fuel-burning equipment. Thus, based on the results of the analysis of emission indicators of modernized fire equipment with a capacity of 0,5-60 MW, data were obtained to assess the emission indicators of small and medium-sized boilers, depending on the main influencing factors. A methodological approach for the environmental assessment of boiler equipment modernized on the basis of JNT using the approach of impact compensation is proposed.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Енергетика та енергоефективність

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

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

**Публікації:**

- Siryi O., Abdulin M., Bietin Y., Kobylanska O., Magera A. Study of gas-burning systems emission characteristics due hydrocarbon fuels combustion. Systems, Decision and Control in Energy V. Studies in Systems, Decision and Control. 2023. Vol. 481. P. 751-766. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_43)

- Сірий О.А., Кобилянська О. О. Шляхи покращення сталості горіння в стабілізаторних елементах прямооточних пальникових систем. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2023. Том 34 (73), № 5. С. 310–316. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.5/47>
- Абдулін М. З., Сірий О.А., Кобилянська О. О. Енергоекологічна оцінка котельного устаткування модернізованого на базі струменево-нішевої технології. Journal of Mechanical Engineering. Харків, 2022. Том 25, №3. С. 46–55. <https://doi.org/10.15407/pmach2022.03.046>
- Сірий О.А., Кобилянська О. О. CFD-моделювання процесу спалювання суміші метан-водень в струменево-нішевому стабілізаторі полум'я. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2022. Том 33 (72), № 4, Частина 1. С. 172–180. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/26>
- Сірий О. А., Абдулін М. З., Кобилянська О. О. Дослідження зривних режимів в струменево-нішевому стабілізаторі полум'я. Теплова енергетика: шляхи реновації та розвитку: Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ 10–12 жовтня 2023 р. Київ, 2023р. С. 170–173.
- Сірий О. А., Кобилянська О. О. Вибір параметрів паливорозподілу СНС при спалюванні метано-водневих сумішей. Сучасні технології в тепловій енергетиці: Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 25 – 28 квітня 2023 р. Київ, 2021р. С. 175–176.
- Сірий О.А., Кобилянська О. О. CFD-моделювання процесу спалювання суміші метан-водень в струменево-нішевому стабілізаторі полум'я. Теплова енергетика: шляхи реновації та розвитку: Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 1–2 листопада 2022 року. Київ, 2022. С. 182–187.
- Сірий О. А., Кобилянська О. О. Аналіз впливу основних технологічних параметрів котельного обладнання на емісію оксидів азоту. Сучасні технології в тепловій енергетиці: Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 20 – 23 квітня 2021 р. Київ, 2021р. С. 195–196.
- Абдулін М. З., Куник А. А., Кобилянська О. О. Нові види резервного та аварійного палива. Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики: Матеріали XXX Міжнародної конференції, м. Київ, 19 –20 листопада 2020 р. Київ: : Інститут технічної теплофізики, 2020. С.137–142.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** технології; методи, теорії, гіпотези; методичні документи

**Соціально-економічна спрямованість:** поліпшення стану навколишнього середовища; економія енергоресурсів

**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. Сірий Олександр Анатолійович

2. Oleksandr Siryi

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5811-9037

**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. Сміхула Анатолій Володимирович

2. Anatolii Smikhula

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.14.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-9698-9225

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут газу Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417035

**Місцезнаходження:** вул. Дегтярівська, буд. 39, Київ, 03113, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Меранова Наталія Олегівна

2. Nataliia Meranova

**Кваліфікація:** к. т. н., старший науковий співробітник, 05.14.05

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7223-8753

#### **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:

### Рецензенти

#### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Притула Наталя Олександрівна
2. Natalia Prytula

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3500-5165

#### 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:

#### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Романова Катерина Олександрівна
2. Kateryna Romanova

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 21.06.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9738-3383

#### 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**

Черноусенко Ольга Юріївна

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

Черноусенко Ольга Юріївна

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Кобилянська Ольга Олександрівна

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна