Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000828

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-02-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ніжник Наталія Андріївна

2. Nataliia A. Nizhnyk

Кваліфікація: молодший науковий співробітник

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3226-8071

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: 144 Теплоенергетика

Дата захисту: 16-01-2024

Спеціальність за освітою: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Місце роботи здобувача: 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:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.224.009

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.31.29, 44.31.39, 44.31.43

Тема дисертації:

1. Зниження утворення оксидів азоту при спалюванні метану з додаванням водневих розчинів

2. Reduction of the formation of nitrogen oxides during the combustion of methane with the addition of hydrogen solutions

Реферат/анотація:

1. В дисертаційній роботі для вирішення задач, пов'язаних з дослідженням процесів спалювання сумішей з добавками водню до метану, визначенням їх теплоти згоряння, дослідженням утворення оксидів азоту був допрацьований експериментальний стенд, а також розроблена відповідна методика проведення експериментів. Процес горіння в роботі розглядався як трикомпонентна реакція за участю водяної пари, що міститься в атмосферному повітрі, розпад води на складові запускає основні процеси ланцюгових реакцій, які притаманні горінню палива. Теоретичне вивчення процесів горіння включало кількісний аналіз енергії, яка витрачається на нагрів та випаровування води, що міститься в атмосферному повітрі, та оцінки її частки по відношенню до корисної енергії палива, яка залежить від вмісту водню в паливі та коефіцієнту надлишку повітря. Визначено, що при вмісті вологи у повітрі 20г/м3 і коефіцієнті надлишку повітря 1,15, значення цієї

частки енергії знаходиться в межах від 1,98% (природний газ) до 6,01 % (водень). З метою виявлення впливу домішок водню, який подавався у вигляді водного розчину перекису водню, на процес утворення оксидів азоту і доокислення NO до NO2 у процесах горіння, були проведені експериментальні дослідження. Розчин перекису водню різної концентрації (від 4% до 30%, що відповідало вмісту водню у водному розчині від 10,8% до 9,44%) вносився у вигляді краплі рідини у фронт полум'я ламінарного факелу метану. Встановлено, що характер отриманих залежностей є аналогічним розподілу концентрації монооксиду азоту при введенні у фронт полум'я краплі дистильованої води. Інтенсивне зростання концентрації оксидів азоту спостерігається вже у початкових перерізах фронту полум'я з моменту початку розігрівання суміші ще до досягнення максимальної температури. При чому чим вища концентрація розчину H2O2, що вноситься у фронт полум'я, тим інтенсивніше відбувається зростання вмісту оксидів азоту. При внесені у фронт полум'я 30% розчину H2O2 (що відповідає вмісту H2 в розчині 9,44 %) рівень концентрації NO практично досягає початкового, тобто одержаного без внесення краплинної вологи (90-95 мг/м3), тоді як внесення у фронт полум'я H2O (що відповідає вмісту H2 в розчині 11,1 %) приводить до зниження концентрації NO до 65 мг/м3, тобто на 35-40 %. Це можливо пояснити тим, що H2O2 інтенсивніше ніж H2O утворює радикал OH-, що бере активну участь у окисленні вуглеводнів. Таким чином, збільшення концентрації H2O2 до 30% у розчині (відповідно концентрації H2 в розчині до мінімальної в експериментах - 9,44%) призводило до збільшення сумарного виходу монооксиду азоту на 35-45% для умов експерименту за рахунок інтенсивнішого утворення радикалів OH-, HO2- і збільшення рівня температур за рахунок догорання CO. Відокремлені вимірювання NO і NO2 показали, що залежність частки NO2 від вмісту H2 у розчині, що вводиться у фронт полум'я, є неоднозначною і істотно залежить від місця відбору проби в перерізі фронту полум'я. Температура понад 800 C істотно впливає на швидкості реакції і змінює кінетику процесів, що відбуваються за участі перекису водню, причому у різних перерізах фронту ці зміни різні за характером, що можна пояснити зменшенням часу існування H2O2 у полум'ї (20 мс і менше). Найсприятливішими умовами доокислення NO в NO2 є введення у факел розчину, в якому вміст водню становить 10,0 - 10,5 %, у температурному інтервалі 800 – 1000° C. Цим умовам відповідає не фронт полум'я, а заполум'яна область. Тому при збільшенні концентрації водню у метановодневій паливній суміші у топці котла буде відповідно зростати концентрація NO, частка NO2 буде зменшуватися. Інтенсивність доокислення NO в NO2 має свій екстремум, який залежить від концентрації водню у розчині, що вводиться. Максимальне утворення NO2 в наших експериментах спостерігалось для вмісту H2 у розчині близько 9,4%. Збільшення концентрації розчину H2O2 від нуля до 30% (і відповідно зменшення вмісту водню у розчині від 10,8% до 9,44 %) призводило до збільшення сумарного утворення оксидів азоту на 35-45% і збільшення рівня температур в тому числі за рахунок догорання CO.

2. In the dissertation, an experimental laboratory stand was developed to solve the problems related to the study of combustion processes of mixtures with hydrogen added to methane, the determination of their heat of combustion, the study of the formation of nitrogen oxides, and the appropriate method of conducting experiments was also developed. The combustion process in the work was considered as a three-component reaction involving water vapor contained in the atmospheric air, the breakdown of water into components triggers the main processes of chain reactions that are inherent in fuel combustion. The theoretical study of combustion processes included a quantitative analysis of the energy spent on heating and evaporation of water contained in the atmospheric air, and estimates of its share in relation to the useful energy of the fuel, which depends on the hydrogen content in the fuel and the coefficient of excess air. It was determined that with a moisture content in the air of 20g/m3 and an excess air ratio of 1.15, the value of this share of energy ranges from 1.98% (natural gas) to 6.01% (hydrogen). In order to identify the effect of hydrogen impurities, which was supplied in the form of an aqueous solution of hydrogen peroxide, on the process of formation of nitrogen oxides and post-oxidation of NO to NO2 in combustion processes, experimental studies were conducted. The hydrogen peroxide solution of different concentrations (from 4% to 30%, which corresponded to the hydrogen content in the aqueous solution from 10.8% to 9.44%) was introduced as a drop of liquid into the flame front of the laminar methane torch. It was established that the nature of the obtained dependences is similar to the distribution of nitrogen monoxide

concentration when a drop of distilled water is introduced into the flame front. An intense increase in the concentration of nitrogen oxides is already observed in the initial cross-sections of the flame front from the moment the mixture begins to heat up, even before the maximum temperature is reached. Moreover, the higher the concentration of the H2O2 solution introduced into the flame front, the more intensively the nitrogen oxide content increases. When a 30% H2O2 solution (which corresponds to a 9.44% H2 content in the solution) is introduced into the flame front, the level of NO concentration almost reaches the initial level, i.e. obtained without the introduction of droplet moisture (90-95 mg/m3), while introduction into the front the H2O flame (corresponding to the H2 content in the solution of 11.1%) leads to a decrease in the concentration of NO to 65 mg/m3, i.e. by 35-40%. This can be explained by the fact that H2O2 forms the OH- radical more intensively than H2O, which takes an active part in the oxidation of hydrocarbons. Thus, an increase in the concentration of H2O2 to 30% in the solution (corresponding to the concentration of H2 in the solution to the minimum in the experiments - 9.44%) led to an increase in the total yield of nitrogen monoxide by 35-45% under the conditions of the experiment due to the more intensive formation of OH- radicals, HO2- and an increase in the temperature level due to the afterburning of CO. Separate measurements of NO and NO2 showed that the dependence of the fraction of NO2 on the content of H2 in the solution introduced into the flame front is ambiguous and significantly depends on the place of sampling in the cross section of the flame front. A temperature above 800 °C significantly affects the reaction rate and changes the kinetics of the processes taking place with the participation of hydrogen peroxide, and these changes are of a different nature in different sections of the front, which can be explained by a decrease in the time of existence of H2O2 in the flame (20 ms or less). The most favorable conditions for the reoxidation of NO to NO2 are the introduction into the torch of a solution with a hydrogen content of 10.0 - 10.5%, in the temperature range of 800 - 1000° C. These conditions are not met by the flame front, but by the flaming area. Therefore, with an increase in the concentration of hydrogen in the methane-hydrogen fuel mixture in the boiler furnace, the concentration of NO will increase accordingly, and the proportion of NO2 will decrease. The intensity of the post-oxidation of NO to NO2 has its extreme, which depends on the concentration of hydrogen in the injected solution. The maximum formation of NO2 in our experiments was observed for the H2 content in the solution of about 9.4%. An increase in the concentration of the H2O2 solution from zero to 30% (and, accordingly, a decrease in the hydrogen content in the solution from 10.8% to 9.44%) led to an increase in the total formation of nitrogen oxides by 35-45% and an increase in the temperature level, including due to afterburning CO.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- О.І. Сігал, Н.А. Ніжник. (2020). Перспективи використання водню у промислових процесах спалювання. Теплофізика та теплоенергетика. Т.42. №3. С.68–75. doi.org/10.31472/ttpe.3.2020.8
- I. Dubovkina, O. Sigal, V. Rikhte, N. Nizhnyk. (2021). Toxic substances formation in co-incineration process for food production, Ukrainian Food Journal. V.10. Issue 4. P. 828-839. doi:10.24263/2304-974X-2021-10-4-15
- Н.А. Ніжник, О.І. Сігал, С.В. Плашихін, А.С. Сафьянц. (2021). Проблематика використання водню в якості палива на підприємствах комунальної теплоенергетики України. Monograph-USA-Technical research and development. P. 474-480, Boston (USA) doi:10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.I, ISBN 978-1-63732-136-2
- О.І. Сігал, Д.Ю Падерно, Н.А. Ніжник. (2021). Основні концептуальні підходи та технічні рішення схеми теплопостачання м. Києва на період до 2030 року. Теплофізика та теплоенергетика. – Т.43– №3. – С.36–43 doi.org/10.31472/ttpe.3.2021.5

- S. Pryiomov, V. Shybetskyi, S. Plashykhin, S. Kostyk, A. Safiants, K. Romanova, N. Nizhnyk. (2022). Increasing the energy efficiency of cyclone dust collectors. International Journal of Energy for a Clean Environment. Issue 1 (24). P. 81-96. doi: 10.1615/InterJEnerCleanEnv.2022043211
- N. Nizhnyk, A. Sigal, S. Plashykhin, A. Safiants. (2022). Influence of hydrogen on the toxic substances formation process during co-incineration with natural gas. International Science Journal of Engineering & Agriculture. 1(4). С.19–26 . doi: 10.46299/j.isjea.20220104.05
- [І.М. Карп], Є.Є. Нікітін, Б.І. Басок, С.В. Дубовський, Г.Г. Гелетуха, О.І. Сігал, О.В. Дутка, І.С. Комков, М.В. Тарновський, О.Е. Силакін, М.Є. Бабін, Т.А. Желєзна, А.В. Пастух, Д.Ю. Падерно, С.В. Плашихін, Н.А. Ніжник. (2022) Стан та шляхи розвитку систем централізованого теплопостачання в Україні у 2 кн. / НАН України, Ін-т газу, Ін-т техн. теплофізики. - Київ : Наукова думка, 2021 - 2022. - (Проєкт "Наукова книга"). ISBN 978-966-00-1822-8
- I. Tyshchenko, O. Sigal, N. Nizhnyk, A. Safiants. (2023). Prospects for the development of hydrogen energy. AIP Conference Proceedings Journal. V. 2684, Issue 1. P. 105-116. doi.org/10.1063/5.0119924 (https://www.scopus.com/sourceid/26916)

Наукова (науково-технічна) продукція: дослідженння теплоенергетичних та екологічних характеристик процесу спалювання

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

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0115U002605

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сігал Олександр Ісакович

2. Oleksandr Sigal

Кваліфікація: к. т. н., 05.23.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9436-2675

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сміхула Анатолій Володимирович

2. Anatoliy Smihula

Кваліфікація: к. т. н., професор, 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:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тесленко Олександр Іванович

2. Oleksandr Teslenko

Кваліфікація: к. т. н., с.д., 05.14.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3772-5991

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут загальної енергетики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 04589627

Місцезнаходження: вул. Антоновича, буд. 172, Київ, 03150, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Альошко Сергій Олександрович

2. Serhii Aloshko

Кваліфікація: к. т. н., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0430-7144

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. 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:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Фіалко Наталія Михайлівна
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Фіалко Наталія Михайлівна
Відповідальний за підготовку облікових документів	Ніжник Наталія Андріївна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна