

ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ

**Матеріали XX міжнародної
науково-практичної конференції**

Національна академія наук України
Інститут відновлюваної енергетики НАН України
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
Мала академія наук України
Представництво Польської академії наук в м. Києві
Варшавський університет технологій
Громадська спілка «Енергетична асоціація «Українська воднева рада»»
Міжгалузевий науково-технічний центр вітроенергетики Інститут
відновлюваної енергетики НАН України
Кафедра ЮНЕСКО «Вища технічна освіта, прикладний системний
аналіз та інформатика» при КПІ ім. Ігоря Сікорського та ННК «Інститут
прикладного системного аналізу»

XX МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

"ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У XXI СТОЛІТТІ"

Матеріали науково-практичної конференції

15 – 16 травня 2019 року

**КИЇВ
2019**

УДК 620.91

В 42

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту відновлюваної енергетики Національної академії наук України (Протокол №9 від 05.04.2019 р.)

ISBN 978-617-696-959-4

УДК 620.91

Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті:
В 42 матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 15-16 травня 2019 р.). – К.: Інтерсервіс, 2019. – 952 с.

У збірнику викладено матеріали доповідей учасників конференції, присвяченої розвитку відновлюваної енергетики з метою подальшого використання відновлюваних джерел енергії для отримання додаткових обсягів теплової та електричної енергії з метою реалізації заходів з енергозбереження та енергоефективності в суспільстві.

Матеріали рекомендовано для науковців, викладачів, фахівців підприємств, аспірантів та студентів які займаються вирішенням проблем енергозбереження та енергоефективності в суспільстві.

Відповідальні за випуск:

Директор Інституту відновлюваної енергетики
НАНУ, член-кореспондент НАНУ, професор
Заступник директора з наукових питань
Інституту відновлюваної енергетики НАНУ,
член-кореспондент НАНУ, д. т. н.
Вчений секретар Інституту відновлюваної
енергетики НАНУ, к. т. н.

Кудря С. О.

Резцов В. Ф.

Суржик Т. В.

Матеріали друкуються в авторській редакції. При цитуванні посилання на джерело обов'язкове. Редакція не несе відповідальність за достовірність інформації, надану авторами.

©Колектив авторів, 2019

©Інститут відновлюваної енергетики НАНУ,
укладання, оформлення, 2019

ISBN 978-617-696-959-4

МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПЛАЗМОПАРОВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ СУМІШІ ДОННИХ МУЛІВ ТА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН	593
<i>В.А. Жовтянський, М.В. Остапчук-Якимович,</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК атмосферного ПАЛЬНИКА ПОБУТОВОЇ ГАЗОВОЇ ПЛИТИ «WHIRLPOOL»	597
<i>Б.С. Сорока, В.В. Горупа, В.С. Кудрявцев, В.П. Демчина</i>	
ЗМЕНШЕННЯ ЕМІСІЇ ЧАСТОК ПРИ СПАЛЮВАННІ БІОМАСИ	604
<i>М.М. Жовмір, Н.О. Маслова, М.О. Будько</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ ПЕЛЕТ З ДЕРЕВИНИ ТА СОЛОМИ В ПОБУТОВОМУ ПАЛЬНИКУ	609
<i>Б.І. Басок, Б.В. Давиденко, Л.М. Кужель, С.М. Гончарук, В.Г. Новіков, В.П. Приємченко</i>	
СПАЛЮВАННЯ ДРІБНО ФРАКЦІЙНОЇ БІОМАСИ В РЕЖИМІ САМОЗАЙМАННЯ	613
<i>В.М. Чмель, І.П. Новікова</i>	
ЕФЕКТИВНА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТОРФУ НА ПАЛИВО ТА ДОБРИВО	616
<i>Ю.Ф. Снежкін, Ж.О. Петрова, Д.М. Корінчук</i>	
ТЕПЛОНАСОСНА СУШИЛЬНА УСТАНОВКА	621
<i>Ю.Ф. Снежкін, Д.М. Чалаєв, Н.О. Дабіжа, Р.О. Шапар, Н.С. Малащук</i>	
ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ З БІОМАСИ	625
<i>Є.В. Склярєнко, Л.Й. Воробйов</i>	
ТЕПЛООБМІННИЙ АПАРАТ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СТІЧНОЇ ВОДИ ДОМОГОСПОДАРСТВА	629
<i>Б.І. Басок, М.П. Новицкая, М.В. Мороз</i>	
ОДЕРЖАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ЗА ДОПОМОГОЮ БУРИХ ВОДОРОСТЕЙ	633
<i>Н.Б. Голуб, І.І. Левтун</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЧА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА	637
<i>Я.Д. Ярош</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА РІДКОГО МОТОРНОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ	641
<i>Г.Г. Дідкієвська, А.Г. Грицай</i>	
БІОТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ	645
<i>Н.Б. Голуб, М.В. Потапова</i>	
ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ БІОВУГІЛЛЯ ДО СУБСТРАТІВ ПРИ АНАЕРОБНОМУ БРОДІННІ	648
<i>З.В. Маслюкова</i>	

УДК 662.951.22:662.6/9:662.614.2(043.2)

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНОГО ПАЛЬНИКА ПОБУТОВОЇ ГАЗОВОЇ ПЛИТИ «WHIRLPOOL»

**Б.С. Сорока¹, В.В. Горупа, В.С. Кудрявцев,
В.П. Демчина,**

*Інститут газу НАН України, Київ вул. Дегтярівська 39,
03113 Київ, Україна, e-mail: boris.soroka@gmail.com*

У роботі наведено екологічні характеристики атмосферного пальника побутової газової плити при спалюванні природного газу. Представлені залежності викидів оксидів азоту та монооксиду вуглецю від коефіцієнту надлишку первинного повітря в умовах варіювання потужності пальника (тиску перед соплом).

Ключові слова: *атмосферний пальник, монооксид вуглецю, оксиди азоту, природний газ, продукти згоряння, побутова газова плита.*

TESTING THE ENVIRONMENTAL OF CHARACTERISTICS OF ATMOSPHERIC BURNER FOR DOMESTIC GAS COOKER "WHIRLPOOL"

**B.S. Soroka¹, V.V. Horupa, V.S. Kudryavtsev,
V.P. Demchyna,**

*Gas Institute of NAS of Ukraine, Kyiv, 39, Dehtiarivska Str.,
03113 Kyiv, Ukraine, e-mail: boris.soroka@gmail.com*

The presentation concerns the experimental data on environmental characteristics of an atmospheric burner by its operation with natural gas. The dependences of emission the nitrogen oxides and carbon monoxide on primary air excess

factor by variation the operating parameters of the burner are considered.

Keywords: *atmospheric burner, domestic gas cookers, natural gas, combustion products, nitrogen oxides, carbon monoxide.*

ORCID: 10000-0001-9174-0992.

Проблема сталого розвитку енергетики передбачає посилення уваги до екологічних аспектів горіння. Разом з тим протягом останніх десятиріч в Україні було фактично призупинено вивчення спалювання газу в атмосферних пальниках газових плит, що призвело до відсутності обґрунтованої інформації щодо утворення шкідливих викидів газового обладнання такого типу.

В Інституті газу НАН України останнім часом поновлені дослідження атмосферних пальників з енергетичних та екологічних позицій. Відповідні дослідження виконуються на спеціально розробленому та виготовленому комп'ютеризованому вогневому стенді. Стенд забезпечує дві схеми збору та відведення продуктів згоряння від пальника, який досліджується, та обладнаний спеціальним пристроєм, що забезпечує контрольоване спалювання газоповітряної суміші в умовах фіксованого первинного надлишку повітря λ_{pr} та заданого загального надлишку λ_{Σ} . Значення λ_{Σ} для стенду з огляду на реальний процес ($\lambda_{\Sigma} \rightarrow \infty$) вибирається значним, $\lambda_{\Sigma} \geq 5-12$.

Проведені систематичні експериментальні дослідження утворення основних шкідливих речовин – оксидів азоту NO, NO₂ та вуглецю CO, що потрапляють в атмосферу при спалюванні газу в побутових приміщеннях. З цих речовин найбільш токсичним компонентом з найменшим ГДК є NO₂.

Зазвичай основним компонентом з числа NO_x в факелі є моно оксид азоту NO , який в подальшому під дією світла перетворюється на NO_2 . Дослідження, проведені Національною лабораторією ім. Лоуренса (США) підтверджують пряме утворення діоксиду азоту NO_2 , в продуктах згоряння при спалюванні природного газу, в атмосферних пальниках побутових газових плит [1]. Оскільки продукти згоряння побутових газових плит формуються в внутрішньому просторі помешкання людини існує велика небезпека впливу викидів на неї безпосередньо.

Запропонована методологія узагальнення характеристик викидів у вигляді трансформованої концентрації шкідливих компонентів (NO , NO_2 , CO). Згадана процедура забезпечується по результатах вимірів складу продуктів згоряння шляхом визначення концентрацій компонент, зведених до концентрації $[\text{O}_2] = 3\%$ в складі продуктів.

На утворення шкідливих речовин в продуктах згоряння впливають конструктивні характеристики пальників, системи «пальник ємність» номінальні та фактичні режимні параметри роботи пальника. До конструктивних характеристик належать тип та особливості пальника, а саме принцип підводу вторинного повітря, периферійне або одночасно периферійне та центральне підведення, а також відстань від пальника до робочої ємності, що нагрівається. До фактичних режимних параметрів належать коефіцієнт надлишку первинного повітря, відносне теплове навантаження та тиск газу перед соплом. В побутових газових плитах використовується природний або скраплений газ.

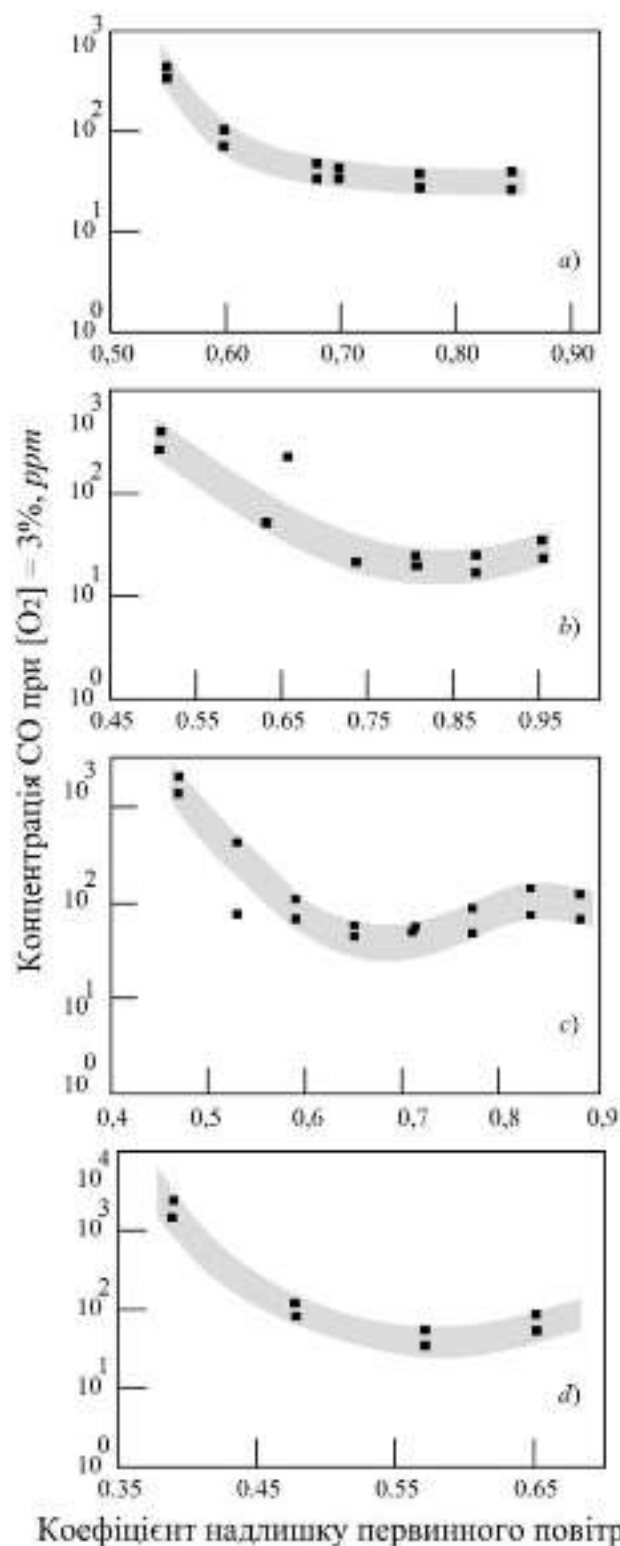


Рис 1. Залежність концентрації CO від коефіцієнту надлишку первинного повітря. Паливо – природний газ. Пальник побутової газової плити «WHIRLPOOL», досліди a – 500, b – 1000, c – 1500, d – 2500.

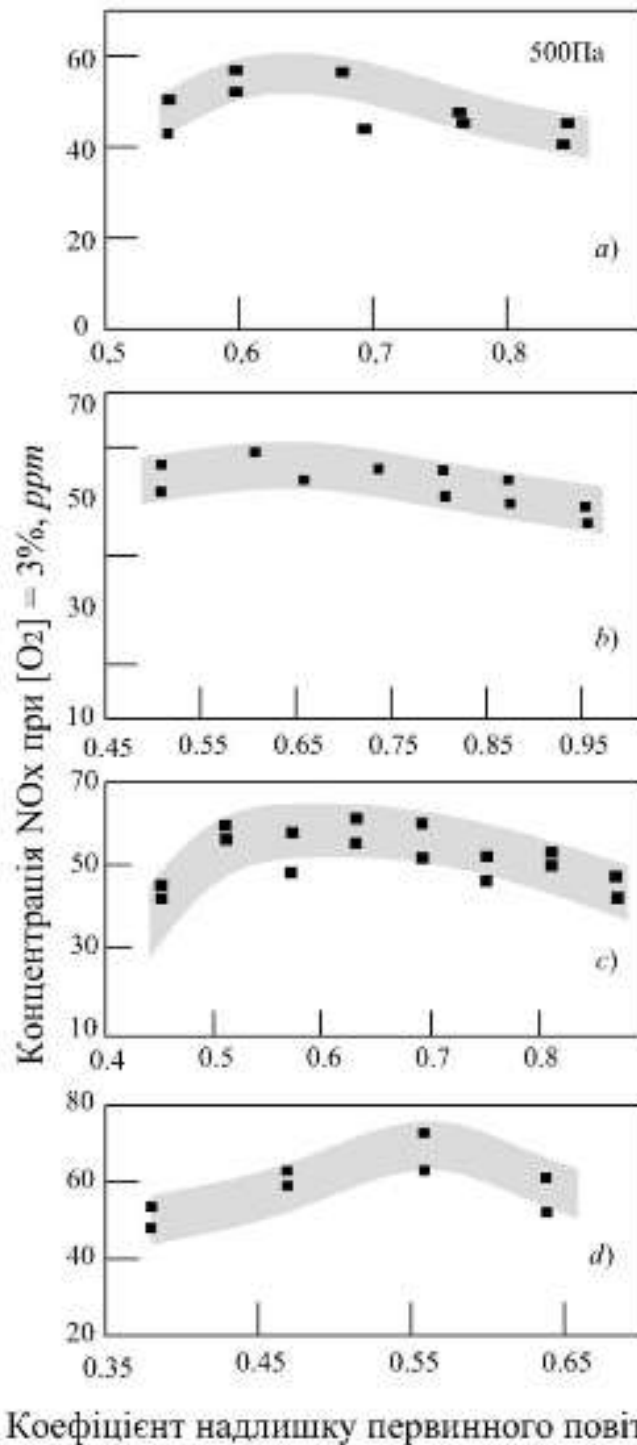


Рис 2. Залежність концентрації NO_x від коефіцієнту надлишку первинного повітря. Паливо – природний газ. Пальник побутової газової плити «WHIRLPOOL», досліди при зміні тиску природного газу перед соплом Δp_г, Па: a – 500, b – 1000, c – 1500, d – 2500.

Особливістю роботи атмосферних пальників є попереднє приготування паливної-повітряної суміші. Завдяки конструктивним особливостям ежекційного пальника паливний газ змішується з повітрям. Горюча суміш виходить через вогневі отвори, запалюється та формує язик полум'я, що контактує з поверхнею робочої ємності. На виході з вогневих отворів до язиків полум'я надходить вторинне повітря, яке в залежності від конструкції пальника може надходити з периферії або одночасно з периферії та центру.

В пальниках побутових газових плит у випадку їх роботи на природному газі коефіцієнт первинного надлишку повітря знаходиться в межах $0,4 \div 0,6$. Цьому діапазону відповідає зона стійкої роботи пальника. Зменшення коефіцієнту надлишку повітря призводить до появи жовтих язиків полум'я, що свідчить про процеси неповного згоряння. Наявність жовтих язиків полум'я завжди підтверджується підвищеною концентрацією оксиду вуглецю CO. Збільшення первинного коефіцієнту повітря може призвести до повисання полум'я та його відриву.

Ежекційний пальник побутової плити «WHIRLPOOL» має конструкцію типу «rap cake», вторинне повітря підводиться тільки периферійно. Схожі конструкції ежекційних пальників за вторинним підводом повітря використовуються в побутових водонагрівачах (США).

Дослідження викидів CO та NO_x для атмосферних пальників водонагрівачів [2] вказують, що максимальні концентрації викидів NO_x відповідають діапазону $\lambda_{pr} = 0,35 \div 0,45$. Значення [CO] монотонно скорочуються при зростанні $\lambda_{pr} \in \{0,15 \div 0,45\}$.

На рис 1 та рис 2 представлені результати наших експериментальних досліджень (шкідливих викидів при роботі пальників «WHIRLPOOL»). Дослідження проводилися на природному газі для чотирьох значень надлишкового тиску Δp_0 перед соплом (Па): 500, 1500, 2000, 2500.

Концентрації [CO] наведена на рис 1, причому значення CO наведені в логарифмічних координатах з огляду на високі концентрації при невеликих λ_{pr} . З представлених графіків можна зробити висновок, що [CO] мають значення більше 1000 ppm в умовах мінімальних λ_{pr} і скорочуються до 30 ppm в області фактичного використання пальників в плитах. Проведені дослідження на експериментальному вогневому стенді якісно підтверджують результати роботи [2], проте максимальні концентрації NO_x в діапазоні $\lambda_{pr} \in \{0,4 \div 0,6\}$ зафіксовані при $\lambda_{pr} \approx 0,5$.

Література:

1. Wendee N. *Cooking Up Indoor Air Pollution [Online resource]. – Access mode: <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/122/1/ehp.122-A27.pdf>.*

2. Hao Wang *The Effect of Primary Air Distribution on Emissions from a Natural Gas Water Heater [Online resource]. – Access mode https://epublications.marquette.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1167&context=theses_open.*

3. Сорока Б.С., Горупа В.В. *Сучасний стан та напрями удосконалення пальників побутових газових плит. Частина 1. Науково-технологічні засади ефективного використання палива та екологічно чистого спалювання газу в кухонних плитах // Энерготехнологии и ресурсосбережение, 2017, №3. – С 3 – 19.*