

Міністерство освіти і науки України  
Департамент освіти і науки Дніпропетровської облдержадміністрації  
Дніпропетровське територіальне відділення МАН України

Відділення: технічних наук  
Секція: науково-технічна  
творчість та винахідництво

## **СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВІДАЧІ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА**

Роботу виконав:  
Гречин Кирило Олександрович,  
учень 11 класу  
КЗ «Технічний ліцей  
м. Дніпродзержинська»

Науковий керівник:  
Пабат Анатолій Іванович,  
доцент кафедри фізики  
Дніпродзержинського державного  
технічного університету,  
кандидат технічних наук

## ТЕЗИ

науково-дослідницької роботи

«Спосіб підвищення тепловіддачі продуктів згорання палива»

Автор Гречин Кирило Олександрович, учень 11 класу комунального закладу «Технічний ліцей м. Дніпродзержинська».

Науковий керівник Пабат Анатолій Іванович, доцент кафедри фізики Дніпродзержинського державного технічного університету, кандидат технічних наук.

Дніпропетровське територіальне відділення МАН України.

В науково-дослідницькій роботі пропонується спосіб підвищення тепловіддачі продуктів згорання палива. Розробка має відношення до теплотехніки і може бути використана при спалювання палива в системах опалення побутових, сушильних, підігрівальних, термічних, плавильних печей, парових і водогрійних казанів та інших теплових агрегатів.

В основу розробки поставлена задача удосконалення способу підвищення тепловіддачі продуктів згорання палива, недоліком якого є низька ефективність використання теплової енергії палива внаслідок необхідності підігріву інертного атмосферного азоту, який виносить з продуктами згорання значну частину теплової енергії, яка погано піддається рекуперації. Поставлена задача досягається тим, що в способі підвищення тепловіддачі продуктів згорання палива, який полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згорання шляхом спалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згорання тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі, процес спалювання палива здійснюють у збідненому азотом повітрі з підвищеною концентрацією кисню.

Збільшення концентрації кисню в атмосферному повітрі, що подається на горіння, збільшує повноту згорання палива. Це збільшує енергетичні показники нагрівального обладнання і зменшує частку екологічно шкідливих продуктів згорання та пилу в димових газах.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Основна частина.....	6
1.1. Постановка задачі досліджень.....	6
1.2. Результати роботи.....	10
Висновок.....	14
Список використаних джерел.....	15

## ВСТУП

В останні роки підвищення ефективності енергетики житлово-комунального господарства і насамперед ефективності використання палива пов'язують в основному з двома технологіями: 1) з використанням кисню як окислювача; 2) з високо-температурним підігрівом повітря за рахунок глибокої утилізації теплоти вихідних газів унаслідок застосування регенеративних пальників. Якоюсь мірою ці технології можна розглядати як конкуруючі, кожна з них має і переваги, і недоліки, тому вибір тієї чи іншої технології залежить від конкретних обставин для кожного об'єкта.

В Україні і країнах СНД кисень у нагрівальних печах і пристроях не застосовується. За літературними даними, технології використання кисню одержали широке поширення в США, Швеції, Німеччині, Франції, Південній Кореї, де його широко використовують на різних технологічних об'єктах завдяки разючим результатам – питомі витрати палива і викиди оксидів азоту знижуються в кілька разів.

Газокисневе опалення одержує усе більш широке поширення. Основним спонукальним аргументом у цьому випадку є зниження викидів оксидів азоту з димовими газами. Ефективність застосування кисню як окислювача при спалюванні газів визначається, по суті, одним фактором — виключенням баластового азоту з участі в процесі спалювання палива. Як наслідок, фізичні основи ефективності застосування кисню включають такі параметри:

- висока температура горіння;
- висока концентрація теплової потужності;
- невеликий у порівнянні з горінням у повітрі обсяг продуктів згорання палива, отже, менший винос тепла з димовими газами при однаковій температурі;
- турбулізація потоку продуктів горіння, що збільшує тепловіддачу конвекцією;
- збільшення теплового потоку внаслідок підвищення концентрації в продуктах горіння випромінюючих триатомних газів;

– рекуперация частины теплової енергії, що витрачається на рекомбінацію дисоційованих продуктів згоряння на поверхні, що нагрівається.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Фізичні і технологічні аспекти використання кисню наступні. Швидкість поширення полум'я водню в суміші з киснем у 4,2 рази і метану в 10,0 разів вище в порівнянні із сумішами з повітрям і складає 11,75 і 3,95 м/с. Межі запалення генерованого продуктами горіння CO у кисні істотно відрізняються від таких для інших газів, що пояснюється каталітичним впливом парів води на горіння CO.

Залежність температури горіння від концентрації кисню в окислювачі для природного газу наведена на рис.1.

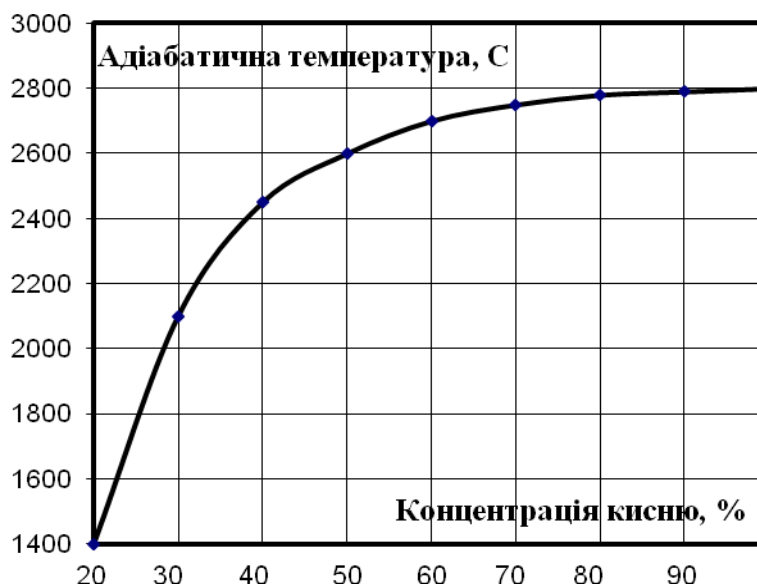


Рис. 1 Залежність температури горіння від концентрації кисню

Зокрема, основний підйом температури горіння відбувається до концентрації кисню 50 %, а при більш високих концентраціях ріст температури сповільнюється внаслідок збільшення витрат теплоти на дисоціацію продуктів горіння. Температура горіння, наприклад, природного газу при такому збагаченні така ж, яку можна було б досягти при підігріві повітря до 1450 °С, що практично нереально. Вигода від підвищення температури горіння в кисні очевидна - це зростання теплового потоку від полум'я пропорційно температурі в ступені 3,5. Однак, високі температури середо-

вища можуть бути не тільки корисні, але при неправильному використанні кисню можуть призвести до місцевих перегрівів і руйнувань теплового захисту приладів опалення. Іншим технологічним фактором що стримує застосування кисню є небезпека збільшення з димовими газами викидів токсичних оксидів азоту. Обидві ці небезпеки усуваються при використанні технологій, що одержали назву FLOX (Flameless Oxy-Fuel – безполум'яне газокисневе спалювання), чи DOC (Diluted Oxygen Combustion – спалювання з киснем при розведенні). Вони ідентичні і являють собою не традиційне безполум'яне спалювання, а спалювання в полум'ї, яке стає невидимим при температурах вище 850 °С. Паливо і кисень подаються з високими швидкостями витікання із сопел газокисневих пальників, так що спалювання відбувається в полум'ї, відірваному від зрізу пальника. На ділянці відриву в струмінь інжектуються продукти згоряння і завдяки розведенню газокисневого полум'я більш холодними продуктами горіння температура смолоскипа знижується і у деяких випадках може бути нижча, ніж при спалюванні з повітрям. Одночасно знижується і концентрація оксидів азоту.

Одним з факторів, що найбільш помітно впливають на підвищення ефективності використання палив при їхньому спалюванні з киснем, є зменшення обсягу продуктів згоряння в порівнянні зі спалюванням у повітрі. В скільки разів зменшується обсяг продуктів згоряння, у стільки разів підвищується ефективність використання палива (при однаковій температурі газів при спалюванні з невідігрітим повітрям). Для традиційних газових палив обсяг димових газів знижується приблизно в 3,5 рази. Однак, це не означає, що витрата палива обов'язково зменшиться в стільки ж разів, тому що на практиці температура димових газів газокисневого полум'я за умовами теплообміну виявляється трохи вищою, ніж газоповітряних. Економія палива від застосування кисню в якості окислювача представлена на рис. 2

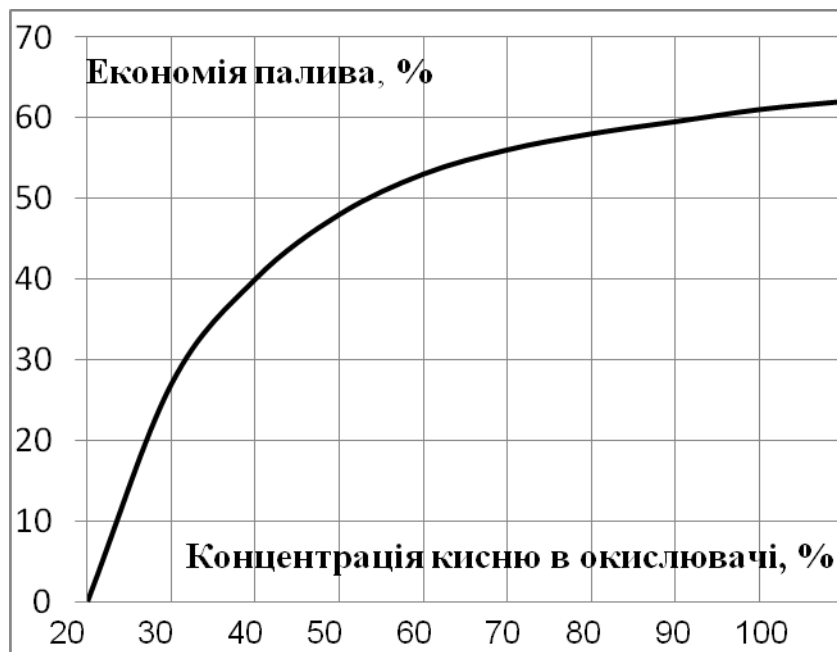


Рис. 2 Залежність ефективності використання палива від концентрації кисню

В технологіях опалення ЖКХ кисень в якості окислювача ніколи не застосовувався насамперед внаслідок високої вартості, відсутності прийнятних технологій видобутку та доставки. Сьогодні використання кисню в технологіях опалення ЖКХ стало можливим завдяки промислового видобутку кисню за використання мембранних технологій (Таблиця 1), які забезпечують видобуток кисню вартістю 30-35 грн/м<sup>3</sup> в об'ємі 5-20 м<sup>3</sup> за добу при тиску 0,07 бар навіть без використання електричних компресорів за рахунок власної тяги приладів опалення, що видається економічно доцільним насамперед для індивідуального опалення особливо за надмірної вартості природного газу.



## Способи одержання кисню

Способи одержання кисню	Чистота по кисню, %	Тиск поставки, бар	Енерговитрати, кВт-год/м <sup>3</sup>
Криогенні установки	70-99	0,2 – 17,5	330-360
Доставка в рідкому виді	99,5	17,5	1000-1150
Мембранна технологія	28-35	0,07	350- 370

## РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Розробка має відношення до теплотехніки і може бути використана при спалювання палива в системах опалення побутових, сушильних, підігрівальних, термічних, плавильних печей, парових і водогрійних казанів та інших теплових агрегатів.

Відомий спосіб підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива, переважно, побутових печей, полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згоряння шляхом спалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згоряння тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі зі збільшенням довжини каналів для відводу продуктів згоряння в димар. При цьому основний потік продуктів згоряння після його одержання розділяють, як мінімум, на два додаткових проміжних потоки шляхом установки на шляху основного потоку профільованого екрана з вікнами, переважно, у його периферійній зоні. Потім направляють отримані додаткові проміжні потоки продуктів згоряння через згадані вікна до стінок печі. Після цього, переважно, кожен додатковий проміжний потік продуктів згоряння розвертають і пропускають його по каналах уздовж стінок печі в частині, розташованій в безпосередній близькості біля труби. Після цього розвертають додаткові проміжні потоки продуктів згоряння, як мінімум, один раз, назустріч один одному і додають кожному згаданому потоку обертальний рух по спіралі. Далі перемішують додаткові проміжні обертові потоки продуктів згоряння між собою і направляють основний обертовий потік продуктів згоряння, що утворився, в димар (патент РФ № 2446360, F24B5/0, F24B7/00, 2012).

Недоліком способу підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива є низька ефективність використання теплової енергії палива внаслідок необхідності підігріву інертного атмосферного азоту, який виносить з продуктами згоряння значну частину теплової енергії, яка погано піддається рекуперації.

В основу розробки поставлена задача удосконалення способу підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива за допомогою зменшення концентрації азоту і збільшення концентрації кисню в атмосферному повітрі, що подається на горіння. Це збільшує ефективність використання енергії палива внаслідок збільшення повно-

ти згорання палива і зменшення виносу частини теплової енергії з димовими газами (додаток).

Поставлена задача досягається тим, що в способі підвищення тепловіддачі продуктів згорання палива, який полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згорання шляхом спалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згорання тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі, процес спалювання палива здійснюють у збідненому азотом повітрі з підвищеною концентрацією кисню.

Збільшення концентрації кисню в атмосферному повітрі, що подається на горіння, збільшує повноту згорання палива. Це збільшує енергетичні показники нагрівального обладнання і зменшує частку екологічно шкідливих продуктів згорання та пилу в димових газах.

Зменшення концентрації азоту в повітрі, що подається на горіння, зменшує витрати теплової енергії на нагрівання інертного азоту, який виноситься з димовими газами та зменшує концентрацію окислів азоту в димових газах, що збільшує енергетичні показники нагрівального устаткування і поліпшує екологічні характеристики процесу спалювання палива.

На рис.3 наведена залежність ефективності нагрівального устаткування при зменшенні концентрації азоту.

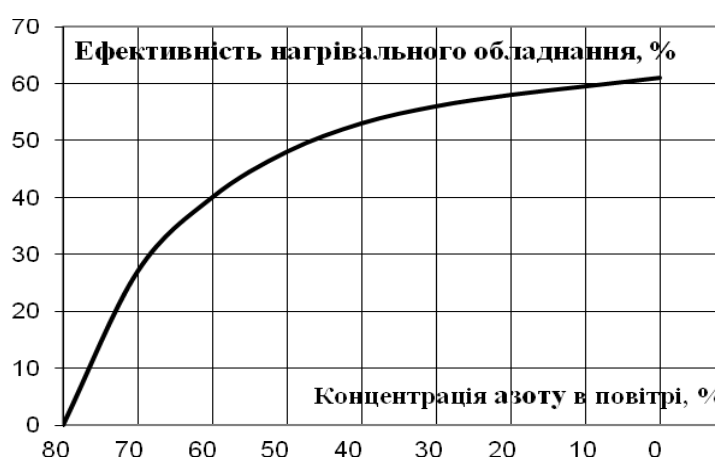


Рис. 3 Залежність ефективності нагрівального устаткування при зменшенні концентрації азоту

Реалізація способу підвищення тепловіддачі продуктів згорання палива здійснюється в такий спосіб.

Використовуване для горіння атмосферне повітря піддають сепарації за допомогою молекулярних сит, що збільшує концентрацію кисню при одночасному зниженні концентрації азоту. Ефективність застосування кисню як окислювача при спалюванні палив визначається насамперед підвищенням температури згорання палив (рис.1).

Одним з факторів, які найбільш помітно впливають на підвищення ефективності використання палив при їхньому спалюванні зі зниженою концентрацією азоту є зменшення обсягу продуктів згорання в порівнянні зі спалюванням у повітрі. В скільки разів зменшується обсяг продуктів згорання, у стільки ж разів підвищується ефективність використання палива (при однаковій температурі газів при спалюванні з невідігрітим повітрям) і для традиційних палив обсяг димових газів знижується приблизно в 2 - 3 рази.

Насьогодні використання кисню в технологіях опалення стало можливим завдяки промислового видобутку кисню за використання мембранних технологій, які забезпечують сепарацію повітря та видобуток кисню вартістю 30-35 грн/м<sup>3</sup> за рахунок власної тяги приладів опалення навіть без використання електричних компресорів. Таким чином, використання кисню є економічно доцільним насамперед для індивідуального опалення, особливо за надмірної вартості природного газу.

## ВИСНОВОК

Таким чином, використання способу підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива внаслідок зменшення концентрації азоту і збільшення концентрації кисню в атмосферному повітрі, що подається на горіння, дійсно збільшує ефективність використання енергії палива внаслідок збільшення повноти згоряння палива і зменшення виносу частини теплової енергії з димовими газами та поліпшує екологічні характеристики приладів опалення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карп И.Н. Продукты сгорания природного газа при высоких температурах / Карп И.Н., Сорока Б.С., Дашевский Л.Н., Семерница С.Д. / - Киев : Техника, 1997. – 380 с.

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 94757

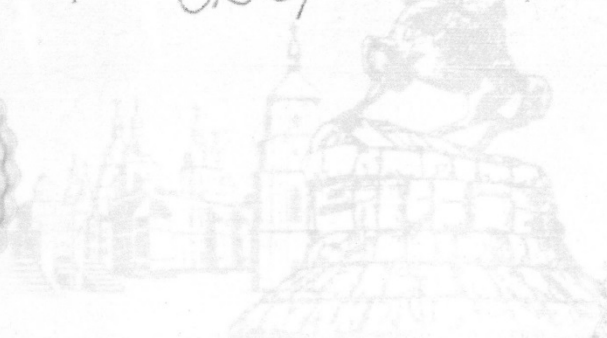
СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВІДАЧІ ПРОДУКТІВ  
ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.11.2014.

Голова Державної служби  
інтелектуальної власності України

А.Г. Жарінова



(11) **94757**(19) **UA**(51) МПК (2014.01)  
F24B 5/00  
F24B 7/00(21) Номер заявки: **u 2014 07316**(22) Дата подання заявки: **01.07.2014**(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну модель: **25.11.2014**(46) Дата публікації відомостей  
про видачу патенту та  
номер бюлетеня: **25.11.2014,**  
**Бюл. № 22**(72) Винахідники:  
**Пабат Анатолій Іванович,**  
**UA,**  
**Кирєєв Володимир**  
**Петрович, UA,**  
**Гречин Кирило**  
**Олександрович, UA**(73) Власник:  
**ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ**  
**ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ,**  
вул. Дніпробудівська, 2, м.  
Дніпродзержинськ,  
Дніпропетровська обл., 51918,  
UA

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива, який полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згоряння шляхом емалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згоряння тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі, який відрізняється тим, що процес спалювання палива здійснюють у збідненому азотом повітрі з підвищеною концентрацією кисню.



(11) **94757**

Пронумеровано, прошито металевими  
люверсами та скріплено печаткою  
2 арк.  
25.11.2014



Уповноважена особа

(підпис)



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94757 (13) U

(51) МПК (2014.01)

F24B 5/00

F24B 7/00

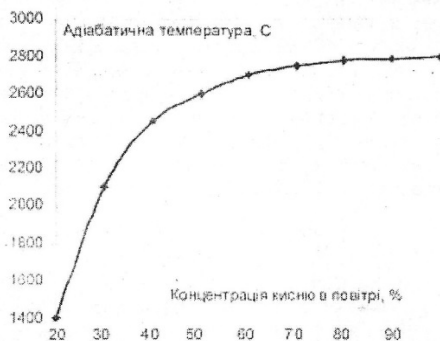
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: <b>u 2014 07316</b>	(72) Винахідник(и): Пабат Анатолій Іванович (UA), Кирсєв Володимир Петрович (UA), Гречин Кирило Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки: <b>01.07.2014</b>	(73) Власник(и): ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл., 51918 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.11.2014</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.11.2014, Бюл.№ 22</b>	

**(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА****(57) Реферат:**

Спосіб підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива, який полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згоряння шляхом емалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згоряння тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі, причому процес спалювання палива здійснюють у збідненому азотом повітрі з підвищеною концентрацією кисню.



Фіг. 1

UA 94757 U

## UA 94757 U

Корисна модель має відношення до теплотехніки і може бути використана при спалюванні палива в системах опалення побутових, сушильних, підігрівальних, термічних, плавильних печей, парових і водогрійних казанів та інших теплових агрегатів.

Відомий спосіб підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива (прототип), переважно, побутових печей, який полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згоряння шляхом спалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згоряння тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі зі збільшенням довжини каналів для відводу продуктів згоряння в димар, а основний потік продуктів згоряння після його одержання розділяють, як мінімум, на два додаткових проміжних потоки шляхом установки на шляху основного потоку профільованого екрана з вікнами, переважно, у його периферійній зоні, і направляють отримані додаткові проміжні потоки продуктів згоряння через згадані вікна до стінок печі, після чого, переважно, кожен додатковий проміжний потік продуктів згоряння розвертають і пропускають його по каналах уздовж стінок печі в її частині, розташованій в безпосередній близькості біля труби, потім розвертають додаткові проміжні потоки продуктів згоряння, переважно всі, як мінімум, один раз, назустріч один одному і додають кожному згаданому потоку обертальний рух, переважно, по спіралі, потім перемішують додаткові проміжні обертотві потоки продуктів згоряння між собою і направляють основний обертотві потік, що утворився, продуктів згоряння в димар (патент РФ № 2446360, F24B5/0, F24B7/00, 2012).

Недоліком способу підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива є низька ефективність використання теплової енергії палива внаслідок необхідності підігріву інертного атмосферного азоту, який виносить з продуктами згоряння значну частину теплової енергії, яка погано піддається рекуперації.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива за допомогою зменшення концентрації азоту і збільшення концентрації кисню в подаваному на горіння атмосферному повітрі, що збільшує ефективність використання енергії палива внаслідок збільшення повноти згоряння палива і зменшення вносу частини теплової енергії з димовими газами.

Поставлена задача досягається тим, що в способі підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива, який полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згоряння шляхом спалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згоряння тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі, процес спалювання палива здійснюють у збідненому азотом повітрі з підвищеною концентрацією кисню.

Збільшення концентрації кисню в подаваному на горіння атмосферному повітрі збільшує повноту згоряння палива, що збільшує енергетичні показники нагрівального обладнання зменшує частку екологічно шкідливих продуктів згоряння та пилу в димових газах.

Зменшення концентрації азоту в подаваному на горіння повітрі зменшує витрати теплової енергії на нагрівання інертного азоту, який виноситься з димовими газами та зменшує концентрацію окислів азоту в димових газах, що збільшує енергетичні показники нагрівального устаткування і поліпшує екологічні характеристики процесу спалювання палива.

На Фіг. 1 приведена залежність температури горіння від концентрації кисню в окислювачі, а на Фіг. 2 наведена залежність ефективності нагрівального устаткування при зменшенні концентрації азоту. Реалізація способу підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива здійснюється в такий спосіб.

Використовуване для горіння атмосферне повітря піддають сепарації за допомогою молекулярних сит, що збільшує концентрацію кисню при одночасному зниженні концентрації азоту. Ефективність застосування кисню як окислювача при спалюванні палив визначається насамперед підвищенням температури згоряння палив (Фіг. 1).

Зокрема, основний підйом температури горіння відбувається до концентрації кисню 50 %, а при більш високих концентраціях ріст температури сповільнюється внаслідок збільшення витрати теплоти на дисоціацію продуктів горіння. Ефективність використання збагаченого киснем повітря насамперед визначається зростанням теплового потоку від полум'я пропорційно температурі в ступені 3,5.

Одним з факторів, які найбільш помітно впливають на підвищення ефективності використання палив при їхньому спалюванні зі зниженою концентрацією азоту є зменшення обсягу продуктів згоряння в порівнянні зі спалюванням у повітрі. В скільки разів зменшується обсяг продуктів згоряння, у стільки ж разів підвищується ефективність використання палива (при однаковій температурі газів при спалюванні з невідігрітим повітрям) і для традиційних палив обсяг димових газів знижується приблизно в 2-3 рази (Фіг. 2).

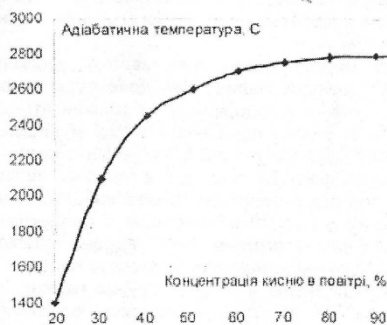
UA 94757 U

На сьогодні використання кисню в технологіях опалення стало можливим завдяки промислового видобутку кисню за використання мембранних технологій, які забезпечують сепарацію повітря та видобуток кисню вартістю 30-35 грн./м<sup>3</sup> в об'ємі 5-20 м<sup>3</sup> за добу при тиску 0,07 бар за рахунок власної тяги приладів опалення навіть без використання електричних компресорів, що видається економічно доцільним насамперед для індивідуального опалення особливо за надмірної вартості природного газу.

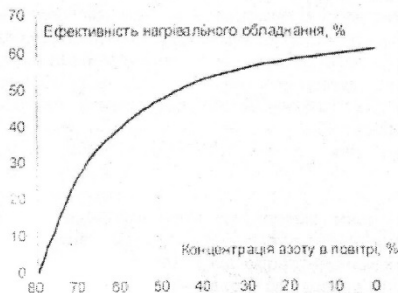
Таким чином, використання способу підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива внаслідок зменшення концентрації азоту і збільшення концентрації кисню в подаваному на горіння атмосферного повітря дійсно збільшує ефективність використання енергії палива внаслідок збільшення повноти згоряння палива і зменшення виводу частини теплової енергії з димовими газами та поліпшує екологічні характеристики приладів опалення.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Спосіб підвищення тепловіддачі продуктів згоряння палива, який полягає в одержанні безпосередньо самих продуктів згоряння шляхом емалювання палива в печі з наступним відбором у продуктів згоряння тепла за допомогою розігріву ними нагрівальних елементів печі, який відрізняється тим, що процес спалювання палива здійснюють у збідненому азотом повітрі з підвищеною концентрацією кисню.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601