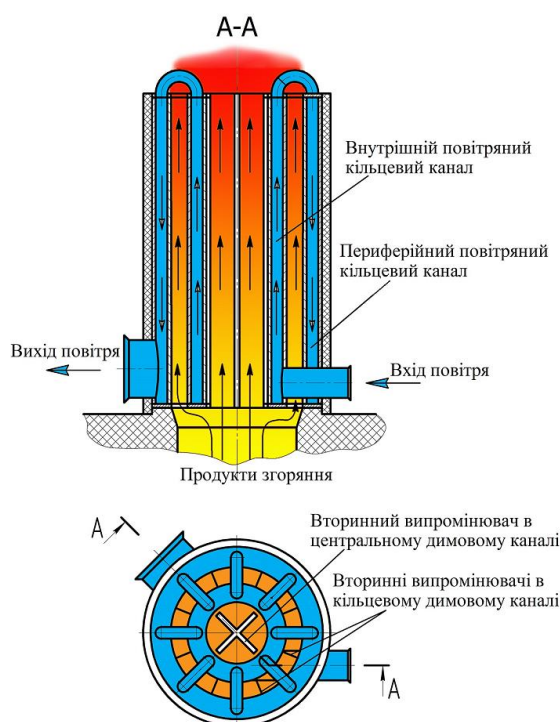


ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНІ АПАРАТИ ІННОВАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ПОСИЛЕНОЮ РАДІАЦІЙНОЮ СКЛАДОВОЮ ТЕПЛООБМІНУ ДЛЯ ПАЛИВНИХ ПЕЧЕЙ

Утилізація теплоти викидних газів є найважливішим напрямом підвищення ефективності використання палива у середньо- та високотемпературних технологічних печах. Це забезпечує економію близько 30 – 35% природного газу – залежно від технологічної температури та призначення печі. Процес реалізується у рекуперативних теплообмінниках шляхом підігріву теплоносіїв – компонентів горіння (перш за все повітря-окислювача), які надходять до печі. Що вищою є температура підігріву повітря горіння та технологічна температура печі (викидних газів), то більшою є економія палива. Науковцями Інституту газу НАН України на чолі з головним науковим співробітником Інституту, доктором технічних наук, професором Борисом Семеновичем Сорокою розвинуті науково-технічні засади глибокої утилізації теплоти викидних газів паливовикористовуючих агрегатів та теорія рекуперативних теплообмінників.

Учені запропонували сучасні підходи до створення удосконалених конструкцій рекуператорів. Ці підходи уможливають, по-перше – досягнення **енергетичної мети** (за рахунок інтенсифікації теплообміну в рекуператорах, що забезпечує підвищення температури підігріву теплоносіїв) і, по-друге – вирішення **експлуатаційної задачі** (завдяки зменшенню температури теплообмінних поверхонь). Скорочення витрат палива при цьому супроводжується **подовженням терміну експлуатації** рекуператорів (пічного обладнання), що є передумовою опалення печей низькокалорійними технологічними газами з умістом сірки.

Відповідно до запропонованої концепції було створено нові конструкції рекуператорів з посиленою радіаційною складовою, що забезпечується встановленням у каналах теплообмінника вторинних випромінювачів різноманітної оптимальної геометрії. При цьому використовуються вставки як на тракті прозорих середовищ (повітря), так і випромінюючих газів (продукти згоряння, окремі низькокалорійні газові палива). Науковцями Інституту газу НАН України було розвинуто два основні напрями конструктивної реалізації концепції – виносні циліндрично-кільцеві рекуператори (поширена назва – радіаційні) та трубчасті (конвективні) рекуператори, що розташовані в димоходах печі.



Принципова схема рекуператора РРД

1. Виносні циліндрично-кільцеві рекуператори РРД (патент України на винахід №103961 «Радіаційний рекуператор» / Сорока Б.С., Шандор П., Воробйов М.В.).

У рамках науково-технічного (інноваційного) проекту, що отримав фінансування за конкурсом НАН України, у 2014 р. Інститут газу розробив проектно-конструкторську документацію на пілотний зразок рекуператора РРД для подальшого використання в печах різного призначення – від термічних до скловарних в широкому діапазоні робочих температур (700 – 1600°C).

Конструкція РРД забезпечує підвищення теплової ефективності утилізаторів теплоти за рахунок різкого збільшення теплообмінної поверхні на одиницю об'єму (маси) апарату шляхом раціонального взаємного компонування каналів кожного з теплоносіїв та максимального оснащення вторинними (адіабатними) випромінювачами каналів з радіаційно непрозорим теплоносієм – потоками продуктів згоряння. У рекуператорі типу РРД організовано двоступеневу

схему підігріву повітря горіння. Рекуператори РРД, спроектовані в Інституті газу НАН України, були виготовлені в Угорщині та пройшли випробування на вогневих стендах для підігріву повітря-окислювача – при спалюванні природного газу (на підприємстві TUKI, м. Мішкольц) і при спалюванні змішаного коксо-доменного газу (на металургійному комбінаті «ISD DUNAFERR», м. Дунауйварош). **Пілотний зразок рекуператора РРД встановлений та успішно використовується в промислових умовах на ковпаковій печі для термообробки сталевих рулонів в цеху холодної прокатки комбінату «ISD DUNAFERR».**



Рекуператор РРД на промисловій ковпаковій термічній печі та дослідній установці для його випробувань (металургійний комбінат «ISD DUNAFERR», м. Дунауйварош, Угорщина)



Прохідна піч термічної обробки заготовок продуктивністю 2,5 т / год з рекуператором типу РРД в ковальському цеху автозаводу «МАЗ» (м. Мінськ, Республіка Білорусь)

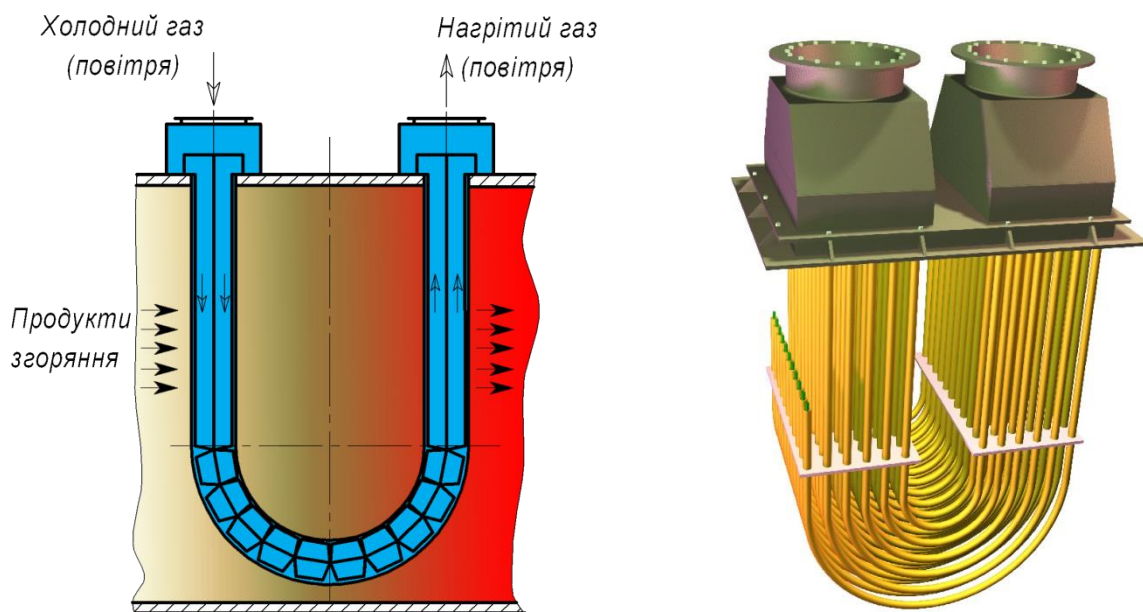
Встановлено можливість підігріву повітря до температури, вищої від 400°C при температурі викидних газів 720°C, та відповідної економії палива. Дані показники перевищують характеристики традиційних рекуператорів.

Рекуператори зазначеної конструкції впроваджені на нагрівальних печах машинобудівних підприємств України та Республіки Білорусь із забезпеченням ККД печей до 70%. Це значно перевищує показники наявних печей ковальсько-пресового виробництва.

Розроблено серію типорозмірів рекуператорів РРД номінальною продуктивністю 200 – 2500 м³/год.

2. Трубчасті рекуператори (РПС) підвищеної стійкості (Патент України на винахід № 101124 «Рекуператор» / Сорока Б.С., Шандор П., Кудрявцев В.С., Воробйов М.В.).

Доведено можливість забезпечення температури повітря горіння 700°C з її підвищенням на 100 – 170°C порівняно з характеристиками традиційних рекуператорів за одночасного зменшення температури стінок труб на 100°C. Таким чином вдається додатково до звичайної для трубчастих рекуператорів 25%-ї економії палива забезпечити ще 10 – 15% економії. Водночас, термін експлуатації високотемпературних рекуператорів зростає у 2 – 5 разів. Крім того, рекуператори РПС можна встановлювати в агресивному середовищі, що забезпечує їхнє використання в печах, які опалюються низькокалорійними газами.



Принципова схема та загальний вигляд секції петлевого трубчастого рекуператора РПС з вторинними випромінювачами в трубах

Систематичними дослідженнями у промисловості та на великомасштабному комп'ютеризованому вогневому стенді доведено, що за економією палива, енергетичними, гідравлічними та теплогідравлічними характеристиками запропоновані рекуператори високотемпературних печей перевищують показники наявних закордонних аналогів, що були розроблені у США, країнах – членах ЄС та Китаї. За умови впровадження рекуператорів РПС або їхніх елементів – вторинних випромінювачів – на частині (20%) печей прокатного виробництва чорної металургії України очікуваний ефект економії палива становитиме понад 95 млн. м³ природного газу на рік (у тому числі додаткова економія – близько 27,2 млн. м³/рік). Використання рекуператорів РПС запропонованої конструкції забезпечує значний економічний ефект з невеликим терміном окупності впровадження розробки (4 місяці). Річний економічний ефект при цьому складає 798,6 млн. грн. (31,3 млн. доларів США – станом на лютий 2015 р.), у тому числі додаткова економія за рахунок особливостей конструкції рекуператорів РПС – 226,4 млн. грн./рік (близько 9 млн. доларів США на рік). З іншого боку, використання запропонованого способу та пристроїв утилізації викидної теплоти печей гарантує можливість заміни природного газу технологічним (в т.ч. низькокалорійним). У цьому разі економічний ефект заміни природного газу становить 51,7 млн. доларів США на рік.



У грудні 2014 р. рекуператор типу РПС із внутрішньотрубними вторинними випромінювачами здобув **перемогу на Всеукраїнському конкурсі «Винахід року» у номінації «Енергетика та енергоефективність»**. Почесний диплом і пам'ятний кубок було вручено авторам винаходу – д.т.н., професору Б.С. Сороці, к.т.н. М.В. Воробйову, к.т.н. В.С. Кудрявцеву.

За матеріалами Інституту газу НАН України