



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81364 (13) C2
(51) МПК (2006)
F28D 15/00
F28D 15/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ТЕПЛОУТИЛІЗАТОР

1

2

(21) а200605749

(22) 26.05.2006

(24) 25.12.2007

(72) ГЕРШУНІ ОЛЕКСАНДР НАУМОВИЧ, UA,
НІЩИК ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, UA(73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ КООПЕРАТИВНЕ
ПІДПРИЄМСТВО "РИКС", UA

(56)	SU	1179086	A,	15.09.1985
	SU	1132114	A,	30.12.1984
	SU	1726958	A1,	15.04.1992
	SU	1617298	A1,	30.12.1990
	RU	2037121	C1,	09.06.1995

JP	9243280,	19.09.1997
JP	55033548,	08.03.1980
GB	2104206	A, 02.03.1983
JP	59029987,	17.02.1984
JP	56110886,	02.09.1981

(57) 1. Теплоутилізатор, що містить корпус,
поділений герметичною перегородкою на відсіки

для гарячого та холодного середовищ, і пучок теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці, який відрізняється тим, що відсік для холодного середовища поділений на дві камери стінкою, перпендикулярною перегородці, а саме камери попереднього нагрівання та остаточного нагрівання холодного середовища, причому перша з них заповнена по всій висоті тепловими трубами, а друга виконана з утворенням у верхній частині цієї камери ємності, вільної від теплових труб, при цьому камери з'єднано між собою трубопроводом.

2. Теплоутилізатор за п. 1, який відрізняється тим, що теплові труби споряджено ребрами у відсікові для гарячого середовища.

3. Теплоутилізатор за п. 1, який відрізняється тим, що теплові труби споряджено ребрами у відсікові для холодного середовища.

4. Теплоутилізатор за п. 1, який відрізняється тим, що теплові труби споряджено ребрами у відсіках для гарячого та холодного середовищ.

Винахід відноситься до галузі енергетики і може бути використаний при розробці теплообмінників-утилізаторів для отримання пари або нагрітої води при використанні теплоти потоку викидних газів від різноманітного паливо- та енерговикористовуючого устаткування.

Відомий жаротрубний котел [див. книгу Ковалев А.П., Лелеєв Н.С., Панасенко М.Д. и др. Парогенераторы. - М. - Л.: Энергия, 1965, с. 23] має в своєму складі корпус, наповнений водою та трубу (або дві труби) великого діаметра в ньому, що називається жаровою. У цьому котлі, що може працювати у режимі нагрівання води або продукування пари, продукти згоряння послідовно проходять однією або однією, а потім другою трубами (при наявності двох жарових труб котел називається ланкапирським) або розділяються на два паралельних потоки. Основним недоліком цього котла є його низька продуктивність, що залежить від площі нагрівання, яка є відносно невеликою.

Більш продуктивним є інший тип котла, що називається димогарним або комбінованим (локомотивним) [див книгу Ліхтман М.Ю., Храмович Л.О. Обладнання та експлуатація котельнь. - Київ: Техніка, 1997, с 46, 53], що має в своєму складі вкорочену жарову трубу, яка з'єднана з пучком димогарних труб малого діаметра. Продуктивність таких котлів підвищена в порівнянні з жаротрубними за рахунок розвинення поверхні, через яку відбувається теплообмін, а це - сумарна площа внутрішньої поверхні труб, яка безпосередньо контактує з гарячим середовищем, нагрівається при цьому і передає теплоту через стінки труб на їх зовнішню поверхню.

Даний аналог також має суттєві недоліки. Відповідно закону Ньютона-Рихмана, передаваний від продуктів згоряння тепловий потік Q прямо пропорційний коефіцієнту тепловіддачі α , площі F та температурному напору Δt або різниці температур димових газів $t_{д.г.}$ та стінки труби на внутрішній поверхні труби $t_{ст.т.}$, тобто $Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t$. Коефіцієнт тепловіддачі від газового середовища

(13) C2

(11) 81364

(19) UA

має відносно невеликі величини (порядку декількох десятків $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$) в порівнянні з величиною коефіцієнтів тепловіддачі від зовнішньої поверхні димогарних труб до води (порядку декількох тисяч $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$). Коефіцієнт α має невисокі значення ще і тому, що в даному типі котла використовується відносно малоефективний спосіб теплообміну, а саме в умовах повздовжнього обтікання внутрішніх гладкостінних поверхонь труб. Таким чином, критичною (такою, що визначає ефективність теплопередачі) буде ефективність тепловіддачі від газового середовища до внутрішньої поверхні димогарних труб. Можливість підвищення цієї ефективності (при сталих значеннях α та Δt) полягає у збільшенні площі внутрішньої поверхні димогарних труб. Це можна вирішити двома шляхами. Перший полягає у збільшенні кількості димогарних труб. Можливості в цьому напрямі є обмеженими у зв'язку з технологічними труднощами створення щільного пучка з великою кількістю труб малого діаметра. Другий шлях полягає у розвиненні внутрішньої поверхні димогарних труб за рахунок спорядження її додатковою поверхнею, наприклад у вигляді повздовжніх ребер. Але це є малоефективний та технологічно складний і дорогий спосіб, що практично не застосовується на практиці. Технологія виготовлення димогарного котла є досить складною, що визначається в першу чергу складністю створення колектора пучка димогарних труб в торцевій поверхні жарової труби, що здійснюється шляхом зварювання. Відстані між сусідніми трубами в трубному пучку визначаються технологічними можливостями і є значними, а відповідно і габарити котла будуть значними. Крім того, ремонт такого котла при появі тріщин або пор в зварювальних швах є трудомістким.

В якості прототипу вибраний найбільш близький по технічній суті теплообмінник-утилізатор [див. авторське свідоцтво СРСР №1179086, МПК F28D15/00, 15/02, опубл. 1985], що містить корпус, поділений герметичною перегородкою на відсіки для гарячого та холодного середовищ, і пучок теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці.

В цьому технічному рішенні ефективність та надійність підвищені в порівнянні з аналогом за рахунок застосування теплових труб, встановлених так, що їх випарувальні ділянки знаходяться у відсіку гарячого середовища, наприклад викидних димових газів, а конденсаційні встановлені у відсіку холодного середовища, наприклад води. Багаторазове збільшення поверхні теплообміну досягається тим, що у газовий потік занурені випарувальні ділянки пучка теплових труб, що, як правило, споряджені ребрами. Причому, температура по всій поверхні ділянок випаровування буде приблизно однаковою. Те ж саме стосується і поверхні теплообміну в холодному середовищі. Причому, в прототипі використовується більш ефективний спосіб теплообміну, а саме в умовах поперечного обтікання зовнішніх поверхонь

теплових труб. Надійність забезпечується тим, що теплові труби закріплені та ущільнені в перегородці. Це відомі в енергетиці та добре розроблені ущільнення в трубних дошках. При виході з ладу однієї або кількох теплових труб суттєво не змінюється теплопередаюча спроможність теплообмінника-утилізатора. При цьому також не порушується щільність між відсіками тому, що навіть при малоімовірній розгерметизації теплової труби зі сторони гарячого чи холодного середовища зберігається щільність її оболонки зі сторони іншого середовища. Тобто вихід з ладу однієї чи навіть кількох теплових труб, що є малоімовірним, не може бути причиною втрати щільності та наступного перемішування холодного і гарячого середовищ. Теплові труби можуть оперативно замінюватися у випадку необхідності. Теплові труби ефективно передають тепловий потік у відсік з холодним середовищем. Прототип також відзначається відносно невеликими габаритами та масою, що складають від 1/3 до 1/5 частини від габаритів та маси димогарних котлів [див., наприклад, книгу Васильєв Л.Л., Киселев В.Г., Матвеев Ю.Н., Молодкин Ф.Ф. Теплообменники-утилизаторы на тепловых трубах. - Минск: Наука и техника, 1987, с. 85].

До недоліків прототипу відноситься те, що в даному утилізаторі отримують лише одне гаряче середовище, а саме у вигляді рідини (як правило, це вода). Це знижує економічні показники цього утилізатора, тому що для отримання гарячого середовища у вигляді пари потрібно мати ще один утилізатор, а відповідно потрібно затратити кошти на його придбання. Якщо ж отримувати гаряче середовище двох видів в цьому утилізаторі, то він буде працювати неефективно, так як при утворенні пари і її накопиченні у верхній частині відсіку для холодного середовища частина ділянок конденсації теплових труб, що буде знаходитися в цій частині, не буде працювати на продукування пари, а, відповідно і ефективність утилізатора при цьому буде знижуватися. Відведення утвореної пари також буде утруднене внаслідок знаходження в паровому просторі пучка теплових труб. Наявний температурний напір в такому теплообміннику-утилізаторі при його роботі в режимі вироблення пари буде використовуватися нераціонально внаслідок відсутності економайзерної частини і, відповідно, попереднього підігрівання живильної води від її найнижчої температури на вході. Крім того, у відсікові для холодного середовища в цьому режимі роботи будуть існувати умови недогріву, і кипіння може відбуватися нестабільно по мірі прогрівання води до температури насичення. Це є абсолютно неприйнятно для парогенератора, який повинен працювати стабільно. При роботі теплообмінника-утилізатора в режимі отримання нагрітого середовища у вигляді рідини відсутність економайзерної частини також приводить до нераціонального використання наявного температурного напору.

В основу винаходу поставлено задачу створення теплоутилізатора, в якому нова будова відсіку для холодного середовища дозволила б

забезпечити розширення напрямів застосування та високі економічні показники роботи теплоутилізатора при високій теплотехнічній ефективності та надійності його роботи.

Поставлена задача вирішується тим, що в теплоутилізаторі, що містить корпус, поділений герметичною перегородкою на відсіки для гарячого та холодного середовищ, і пучок теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці, згідно з винаходом відсік для холодного середовища поділено на дві камери стінкою, перпендикулярною перегородці, а саме камери попереднього нагрівання та остаточного нагрівання холодного середовища, причому перша з них заповнена по всій висоті тепловими трубами, а друга виконана з утворенням у верхній частині цієї камери ємності, вільної від теплових труб, при цьому камери з'єднано між собою трубопроводом. Теплові труби у відсікові для гарячого середовища, або у відсікові для холодного середовища, або у обох відсіках можуть бути споряджені ребрами.

Виконання корпусу поділений герметичною перегородкою на відсіки для гарячого та холодного середовищ з пучком теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці, при цьому відсік для холодного середовища поділено на дві камери стінкою, перпендикулярною перегородці, а саме камери попереднього нагрівання та остаточного нагрівання холодного середовища, причому перша з них заповнена по всій висоті тепловими трубами, а друга виконана з утворенням у верхній частині цієї камери ємності, вільної від теплових труб, і ці камери з'єднано між собою трубопроводом, а теплові труби можуть бути споряджені ребрами у відсікові для гарячого середовища, або у відсікові для холодного середовища, або в обох відсіках, дозволяє забезпечити розширення напрямів застосування теплоутилізатора за рахунок забезпечення отримання гарячого середовища у вигляді пари, а також гарячого середовища у вигляді рідини. Економічні показники роботи такого теплоутилізатора будуть високими за рахунок розширення напрямів його застосування, тобто даний теплообмінник дозволяє економити кошти на придбання двох теплообмінних пристроїв для одержання двох гарячих середовищ. Теплоутилізатор, що пропонується, буде з однаковою ефективністю працювати при отриманні будь-якого з обох гарячих середовищ, так як для їх отримання буде раціонально використовуватися весь наявний температурний напір. Висока ефективність роботи теплоутилізатора забезпечується тим, що наявний температурний напір, що є у розпорядженні, використовується повніше і найбільш вигідним способом. Наприклад, при роботі теплоутилізатора в режимі отримання пари це здійснюється наступним чином. Викидні гази направляють в даний теплоутилізатор у відсік для гарячого середовища зі сторони, протилежній місцезнаходженню камери попереднього нагрівання у відсікові для холодного середовища. Тобто потік викидних газів потрапляє до

випаровувальних ділянок теплових труб, конденсаційні ділянки яких розміщені в камері попереднього нагрівання, вже суттєво охолодженим, частково втративши свій потенціал в камері остаточного нагрівання холодного середовища. Тут він віддає залишок свого потенціалу, що використовується на попереднє підігрівання холодного середовища у вигляді води до температури, дещо нижчій температури насичення, тобто доводить холодне середовище до стану, близького до закипання. Далі потік відпрацьованих газів потрапляє у димову трубу та викидається у довкілля. Потрапляючи в камеру остаточного нагрівання попередньо нагріте майже до температури насичення холодне середовище зразу починає кипіти, використовуючи високий початковий тепловий потенціал гарячого середовища, утворюючи парову фазу. Тобто маємо раціональне використання температурного напору. Якби в теплоутилізаторі не було камери попереднього нагрівання, то при потрапленні холодного середовища у відсік для холодного середовища кипіння могло би починатися лише після прогрівання холодного середовища до температури насичення та було б не стабільним, а відбувалося б періодично, тобто апарат працював би в пульсаційному режимі, що не є прийнятним. При роботі теплоутилізатора в режимі отримання нагрітого холодного середовища у вигляді рідини попереднє його нагрівання у камері попереднього нагрівання сприяє стабільній роботі теплоутилізатора з раціональним використанням температурного напору, що є в розпорядженні.

В запропонованому теплоутилізаторі зберігається висока надійність за рахунок використання в цьому технічному рішенні добре відпрацьованого ущільнення трубного пучка у трубній дошці та теплових труб з наявністю в кожній з них подвійного ізолюючого бар'єру між середовищами, теплообмін між якими вони здійснюють. Утворення вільної від теплових труб ємності у верхній частині камери остаточного нагрівання холодного середовища створює сприятливі умови роботи для теплових труб в режимі отримання нагрітого середовища у вигляді пари. Утворювана пара накопичується саме в цій ємності, а вся довжина ділянок конденсації знаходиться в холодному середовищі у вигляді киплячої рідини, що не дозволяє їм перегріватися, а працювати в оптимальному температурному режимі.

Технічна суть та принцип дії запропонованого теплоутилізатора пояснюється кресленням.

На кресленні зображений теплоутилізатор в розрізі. Теплоутилізатор включає в себе корпус 1 з герметичною перегородкою 2 в ньому. Ця перегородка 2 ділить корпус 1 на відсік для гарячого 3 та холодного 4 середовищ. Через обидва відсіки 3 та 4 проходить пучок теплових труб 5, що закріплені в герметичній перегородці 2. Стінка 6 ділить відсік для холодного середовища 4 на камеру попереднього нагрівання цього середовища 7 та камеру його остаточного нагрівання 8, які з'єднано між собою трубопроводом 9. В камері 8 утворена вільна від

теплових труб 5 ємність 10. Відсік 3 споряджено вхідним 11 та вихідним 12 патрубками. Камера 7 має вхідний патрубок 13, а камера 8 - вихідний патрубок 14.

Теплоутилізатор працює наступним чином. Теплоутилізатор може працювати в двох режимах.

1. Режим отримання нагрітого середовища у вигляді рідини. Холодне середовище, яке повинно бути нагріте, наприклад вода, подається у відсік для холодного середовища 4 через вхідний патрубок 13. Гаряче середовище, наприклад викидні димові гази, через вхідний патрубок 11 подається у відсік для гарячого середовища 3, де нагріває випаровувальні ділянки теплових труб 5 та виходить через вихідний патрубок 12. Теплоносії теплових труб 5 випаровується та кипить і переносить у вигляді пари за рахунок прихованої теплоти випаровування тепловий потік у відсік для холодного середовища 4. У відсіку 4 теплоносії теплових труб 5 конденсується на їх конденсаційних ділянках, які охолоджуються холодним середовищем, що при цьому нагрівається. Причому, холодне середовище заповнює камеру 7, попередньо підігрівається у цій камері, після чого по трубопроводу 9 подається у камеру остаточного нагрівання холодного середовища 8 до повного її заповнення (включаючи ємність 10), де остаточно догрівається та направляється споживачу через вихідний патрубок 14. Сконденсований теплоносії теплових труб 5 повертається у вигляді рідини на випаровувальні ділянки цих теплових труб у відсік для гарячого, середовища 3.

2. Режим отримання нагрітого середовища у вигляді пари. Холодне середовище у вигляді рідини, яка має бути перетворена у пару, наприклад вода, подається у відсік для холодного середовища 4 через вхідний патрубок 13. Гаряче середовище, наприклад викидні димові гази, через вхідний патрубок 11 подається у відсік для гарячого середовища 3, де нагріває випаровувальні ділянки теплових труб 5 та виходить через вихідний патрубок 12. Теплоносії теплових труб 5 випаровується та кипить і переносить у вигляді пари за рахунок прихованої теплоти випаровування тепловий потік у відсік для холодного середовища 4. У відсіку 4 теплоносії теплових труб 5 конденсується на їх конденсаційних ділянках, які охолоджуються холодним середовищем, що при цьому нагрівається. Холодне середовище у вигляді рідини повністю заповнює камеру 7 і попередньо підігрівається в цій камері, яка виконує функцію водяного економайзера, після чого у вигляді недогрітої до температури насичення рідини потрапляє по трубопроводу 9 у камеру остаточного нагрівання холодного середовища 8, де догрівається до температури насичення та перетворюється у пару, яка накопичується у вільній від теплових труб ємності 10. При цьому процес отримання пари потрібно проводити так, щоб холодне середовище у камері остаточного нагрівання повністю покривало б конденсаційні ділянки теплових труб, створюючи поверхню розділу між киплячою рідиною та парою. Після

цього пара направляється споживачу через вихідний патрубок 14. Сконденсований теплоносії теплових труб 5 повертається у вигляді рідини на випаровувальні ділянки цих теплових труб у відсік для гарячого середовища 3.

Теплоутилізатор споряджається всім необхідним обладнанням, як то: рівнемірною колонкою, водомірним склом, запобіжним клапаном, автоматичними системами регулювання і захисту тощо, причому при роботі в різних режимах використовується відповідна частина цього обладнання.

Виготовлений та випробуваний експериментальний зразок теплоутилізатора, що має в своєму складі корпус, що був поділений герметичною перегородкою на відсіки для гарячого та холодного середовищ. Через герметичну перегородку проходить пучок теплових труб, випаровувальні ділянки яких розміщені у відсіку для гарячого середовища, а конденсаційні - у відсіку для холодного середовища. Теплові труби були споряджені ребрами у відсікові для гарячого середовища. Відсік для холодного середовища поділено на дві камери стінкою, перпендикулярною перегородці, перша з яких зі сторони вхідного патрубка для холодного середовища, що була повністю заповнена по висоті тепловими трубами, виконувала функцію камери попереднього нагрівання (економайзера) і в якій знаходилися ділянки конденсації останнього (по ходу газів) ряду теплових труб, а друга, де знаходилися ділянки конденсації решти рядів теплових труб, виконувала функцію камери остаточного нагрівання холодного середовища, а саме - догрівання до температури насичення та пароутворення. Обидві камери були з'єднані між собою за допомогою труби. Теплоутилізатор був випробуваний як в режимі водопідігрівача (режим 1), так і в режимі парогенератора (режим 2). В якості гарячого середовища був використаний потік викидних продуктів згоряння природного газу від технологічної печі.

В результаті проведених випробувань були отримані такі характеристики роботи теплоутилізатора в номінальному режимі роботи печі.

1. Витрата продуктів згоряння, нм ³ /с	0,86
2. Температура продуктів згоряння на вході, °C	270
3. Температура продуктів згоряння на виході, °C	130
4. Аеродинамічний опір, Па	220
5. Утилізований тепловий потік, кВт	170
6. Теплопродуктивність (в режимі водопідігрівача), кВт	170
7. Паропродуктивність (в режимі парогенератора), кг/с	0,07
8. Робочий тиск води (пари), МПа, не більше	0,07
9. Габарити теплоутилізатора, мм	
ширина	950
довжина	820
висота	1550
10. Маса, кг	590
11. Енергозберігаючий ефект	

11.1. Економія природного газу за
рахунок утилізації теплоти викидного
потoku газів, м³/година 19

11.2. Підвищення коефіцієнту
використання палива на печі, % 25

Експериментальний зразок теплоутилізатора
стабільно і надійно функціонує з часу його пуску
(грудень 2005 р.).

