



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26932 (13) U

(51) МПК (2006)

F28D 15/00

F28D 15/02

F28F 1/10

F28F 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ТЕПЛООБМІННИК-УТИЛІЗАТОР

1

2

(21) u200706288

(22) 07.06.2007

(24) 10.10.2007

(72) ГЕРШУНІ ОЛЕКСАНДР НАУМОВИЧ, UA,  
НІЩИК ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, UA,  
ПИСЬМЕННИЙ ЄВГЕН МИКОЛАЙОВИЧ, UA,  
ОЧЕРЕТЯНИЙ ДМИТРО ЮРІЙОВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ", UA

(56)

(57) Теплообмінник-утилізатор, що містить корпус,  
поділений герметичною перегородкою на відсіки  
для потоків гарячого та холодного середовищ, і

пучок теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці, який відрізняється тим, що у корпусі додатково встановлено щонайменше одну стінку, що перетинає герметичну перегородку під прямим кутом і яка ділить відсіки для потоків гарячого та холодного середовищ принаймні на два окремих канали, причому ці канали кожного з відсіків по напрямку руху потоку середовища послідовно з'єднані між собою поворотними камерами, для утворення яких стінки корпусу і герметична перегородка подовжені за межі пучка теплових труб і замкнені глухими стінками.

Корисна модель відноситься до галузі енергетики і може бути використана при розробці теплообмінників-утилізаторів теплоти викидних потоків паливо- та енерговикористовуючого устаткування.

Відомий теплообмінник [див. книгу Теплотехнический справочник. В 2-х т. Т. 2.-М.: Энергия, 1976, с. 537, 543, рис.8-3,в] містить пакет оребрених труб, закріплених в трубних дошках. Головними недоліками цього теплообмінника є невисокий рівень теплової ефективності внаслідок того, що рівень підігрівання холодного середовища в ньому буде невисоким, а гаряче середовище в такому теплообміннику після виходу з нього ще матиме значний невикористаний потенціал утилізації. Надійність такого теплообмінника є невисокою, тому що при виході з ладу хоча б однієї з труб теплообмінника порушується його щільність і він потребуватиме ремонту, що є трудомістким та тривалим.

Найбільш близький за технічною суттю - теплообмінник-утилізатор [див. авторське свідоцтво СРСР №1179086, МПК F28D15/00, 15/02, опубл. 1985], що містить корпус, поділений герметичною перегородкою на відсіки для потоків гарячого та холодного середовищ, і пучок

теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці.

В цьому технічному рішенні теплова ефективність та надійність підвищені в порівнянні з аналогом за рахунок застосування теплових труб, встановлених так, що їх випаровувальні ділянки знаходяться у відсіку для потоку гарячого середовища, наприклад викидних димових газів, а конденсаційні встановлені у відсіку для потоку холодного середовища, наприклад повітря. Багаторазове збільшення поверхні теплообміну з обох сторін (як зі сторони гарячого, так і зі сторони холодного середовища) досягається тим, що у обидва потоки, між якими здійснюється теплообмін, встановлено відповідні ділянки теплових труб: випаровувальні ділянки у потік гарячого середовища та конденсаційні ділянки у потік холодного середовища, які, як правило, споряджені ребрами, що є складним у виконанні або і неможливим для технічного рішення-аналога (так як для одного з потоків збільшувати поверхню теплообміну потрібно всередині труб, споряджених ребрами по їх зовнішній поверхні). Причому, температура по всій поверхні ділянок випаровування та конденсації теплових труб буде приблизно однаковою, що суттєво підвищує

(13) U

(11) 26932

(19) UA

теплову ефективність технічного рішення найближчого аналога. В найближчому аналозі використовується більш ефективний спосіб теплообміну як зі сторони гарячого, так і холодного середовищ, а саме в умовах поперечного обтікання зовнішніх поверхонь теплових труб, що для аналога використовується тільки зовні оребрених труб. Надійність забезпечується тим, що теплові труби закріплені та ущільнені в герметичній перегородці. Такі ущільнення відносяться до відомих в енергетиці та відпрацьованих ущільнень в трубних дошках, які виконуються з високою якістю та широко використовуються. Вихід з ладу однієї або навіть кількох теплових труб, кожна з яких працює автономно і кількість яких значна, практично не впливає на теплопередаючу спроможність теплообмінника-утилізатора в цілому та не порушує щільності між відсіками з гарячим та холодним середовищами, тому що навіть при малоймовірній розгерметизації однієї чи кількох теплових труб зі сторони гарячого чи холодного середовища зберігається щільність їх оболонок зі сторони іншого середовища.

До недоліків найближчого аналога відноситься те, що даний теплообмінник-утилізатор ще має резерви підвищення рівня теплової ефективності, так як гаряче середовище після проходження через відсік для потоку гарячого середовища має значний невикористаний температурний потенціал. Це знижує техніко-економічні показники теплообмінника-утилізатора, тому що для використання цього залишкового потенціалу потрібно збільшувати поверхню теплообміну або застосувати ще один теплообмінник-утилізатор чи навіть кілька теплообмінників-утилізаторів, що потребує додаткових витрат матеріалів і відповідно коштів. Крім того, для розміщення каскаду теплообмінних апаратів потрібно буде передбачити додаткові габаритні об'єми у виробничому приміщенні, що не завжди є доцільним, а часто і неможливим.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення теплообмінника-утилізатора, в якому нова будова корпусу дозволила б забезпечити підвищення теплової ефективності на основі підвищення характеристик енергетичної

компактності  $\frac{Q}{V}$  і енергетичної матеріалоемності

$\frac{Q}{m}$ , де  $Q$  - тепловий потік, що передається,  $V$  - габаритний об'єм теплообмінника-утилізатора,  $m$  - маса теплообмінника-утилізатора, при високих техніко-економічних показниках і надійності.

Поставлена задача вирішується тим, що в теплообміннику-утилізаторі, що містить корпус, поділений герметичною перегородкою на відсіки для потоків гарячого та холодного середовищ, і пучок теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці, згідно з корисною моделлю, у корпусі додатково встановлено щонайменше одну стінку, що перетинає герметичну перегородку під прямим кутом і яка ділить відсіки для потоків гарячого та холодного

середовищ принаймні на два окремих канали, причому ці канали кожного з відсіків по напрямку руху потоку середовища послідовно з'єднані між собою поворотними камерами, для утворення яких стінки корпусу і герметична перегородка подовжені за межі пучка теплових труб і замикаються глухими стінками.

Виконання корпусу поділений герметичною перегородкою на відсіки для потоків гарячого та холодного середовищ з пучком теплових труб, що проходять через відсіки та закріплені в перегородці, при цьому у корпусі додатково встановлено щонайменше одну стінку, що перетинає герметичну перегородку під прямим кутом і яка ділить відсіки для потоків гарячого та холодного середовищ принаймні на два окремих канали, причому ці канали кожного з відсіків по напрямку руху потоку середовища послідовно з'єднані між собою поворотними камерами, для утворення яких стінки корпусу і герметична перегородка подовжені за межі пучка теплових труб і замикаються глухими стінками, дозволяє забезпечити підвищення теплової ефективності на основі підвищення характеристик енергетичної компактності і енергетичної матеріалоемності теплообмінника-утилізатора, як відношень теплового потоку, що передається, до габаритного об'єму теплообмінника-утилізатора та теплового потоку, що передається, до маси теплообмінника-утилізатора відповідно за рахунок того, що в пропонованому теплообміннику-утилізаторі забезпечується підігрівання холодного середовища до вищої температури у порівнянні з технічним рішенням найближчого аналога з тими ж габаритами і тією ж масою за рахунок більш повного використання наявного температурного потенціалу потоку гарячого середовища шляхом збільшення швидкості потоків і інтенсивності теплообміну відповідно. Для вирішення цієї задачі при застосуванні одноходового по обом середовищам теплообмінника найближчого аналога потрібно збільшити як його габаритний об'єм, так і відповідно масу або застосувати кілька теплообмінних апаратів, з'єднаних послідовно.

Техніко-економічні показники роботи такого теплообмінника-утилізатора будуть більш високими за рахунок отримання холодного середовища з більш високою температурою, тобто даний теплообмінник дозволяє більш повно утилізувати теплоту від потоку гарячого середовища та корисно її використати, наприклад, для підігрівання дуттьового повітря котлоагрегату, що, в свою чергу приведе до підвищення коефіцієнта корисної дії котлоагрегату та відповідної економії палива і, таким чином, дозволить заощадити кошти [див., наприклад, книгу Мейкляр М.В. Паровые котлы электростанций. - М.: Энергия, 1974, с. 70-71]. Теплообмінник-утилізатор, що пропонується, буде ефективно працювати при отриманні середовища, що підігрівається, так як для його отримання буде раціонально використовуватися наявний температурний напір гарячого середовища. Причому будова пропонованого теплообмінника-утилізатора дозволяє застосовувати крім

попутного руху гарячого та холодного середовищ також найбільш вигідні з точки зору теплообміну напрямки руху середовищ, а саме назустріч одне одному при поперечному обтіканні оребрених поверхонь пучка теплових труб.

В запропонованому теплообміннику-утилізаторі підтримується висока надійність, тому що в цьому технічному рішенні використовується відоме та добре відпрацьоване ущільнення трубного пучка у герметичній перегородці-трубній дошці. Застосування теплових труб, що працюють автономно та характеризуються наявністю в кожній з них подвійного ізолюючого бар'єру між потоками холодного та гарячого середовищ (стінки їх корпусів в кожному з середовищ, одночасне руйнування яких не може відбуватися ні при яких обставинах), також забезпечує високу надійність даного технічного рішення.

Технічна суть та принцип дії запропонованого теплообмінника-утилізатора пояснюється кресленням.

На кресленні зображений теплообмінник-утилізатор в розрізі: Фіг.1 - вигляд збоку; Фіг.2 - розріз А-А; Фіг.3 - розріз Б-Б; Фіг.4-Фіг.8 - варіанти розміщення каналів, поворотних камер та схем взаємного руху потоків. Теплообмінник-утилізатор включає в себе корпус 1 з герметичною перегородкою 2 в ньому. Ця перегородка 2 ділить корпус 1 на відсік 3 для потоку гарячого середовища та відсік 4 для потоку холодного середовища. Через відсіки 3 та 4 проходить пучок теплових труб 5, що закріплені та ущільнені в герметичній перегородці 2. В корпусі додатково встановлено хоча б одну стінку 6, що перетинає герметичну перегородку 2 під прямим кутом і яка ділить відсіки 3 та 4 на окремі канали: вхідний 7 та вихідний 8 канали гарячого середовища у відсіку 3 та вхідний 9 і вихідний 10 канали холодного середовища у відсіку 4. Вхідні та вихідні канали гарячого та холодного середовищ у відсіках 3 та 4 з'єднуються між собою по напрямку руху потоків відповідних середовищ поворотними камерами 11 та 12 відповідно для потоків гарячого та холодного середовищ. Потоки гарячого та холодного середовищ можуть вводиться як з різних сторін теплообмінника-утилізатора (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.3, Фіг.2 та Фіг.6), так і з однієї із його сторін (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.4, Фіг.2 та Фіг.5), а також потоки гарячого та холодного середовищ можуть бути направлені зустрічно (див. Фіг.2 та Фіг.3 або Фіг.2 та Фіг.5) або рухатися в одному напрямі (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.4 або Фіг.2 та Фіг.6). Можуть також використовуватись інші схеми взаємного руху потоків гарячого та холодного середовищ, яких може бути достатньо багато. Каналів для потоків гарячого та холодного може бути щонайменше два (див., наприклад, Фіг.2, Фіг.3, Фіг.4, Фіг.5, Фіг.6), три (див., наприклад, Фіг.7 та Фіг.8) та більше. Між каналами 7 і 8 для гарячого середовища та між каналами 9 і 10 для холодного середовища можуть бути розміщені проміжні канали 13 та 14 для відповідних середовищ (Фіг.7 та 8), яких може бути один або більше. Один з потоків може пропускатись по двом (або більше) каналам (див., наприклад, Фіг.2), а

інший - по трьом (див., наприклад, Фіг.8) або більше (менше) каналам, причому варіантів комбонувань відсіків з різною кількістю каналів може бути достатньо багато.

Теплообмінник-утилізатор працює наступним чином. Потік холодного середовища, яке повинно бути нагріте, наприклад повітря, подається у вхідний канал 9 відсіку для потоку холодного середовища 4 з однієї із сторін корпусу 1 (див. Фіг.1 та Фіг.3). Потік гарячого середовища, наприклад потік викидних димових газів, подається у вхідний канал 7 відсіку для потоку гарячого середовища 3 з іншої сторони корпусу 1 теплообмінника-утилізатора (див. Фіг.1 та Фіг.2). Потік гарячого середовища проходить через канал 7, де нагріває розташовану в ній частину випаровувальних ділянок пучка теплових труб 5, виходить за межі пучка теплових труб 5 в поворотну камеру 11 і виходить через вихідний канал 8 з тієї ж сторони корпусу 1 теплообмінника-утилізатора (див. Фіг.2). В каналі 7 та 8 відсіку 3 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, причому у каналі 7 більший тепловий потік у порівнянні з каналом 8. У каналах 9 та 10 відсіку 4 теплоносії теплових труб 5 конденсуються на їх конденсаційних ділянках, які охолоджуються потоком холодного середовища, яке при цьому нагрівається. Сконденсований теплоносії теплових труб 5 повертається у вигляді рідини на випаровувальні ділянки цих теплових труб у канали 7 та 8 відсіку для гарячого середовища 3. При цьому наявний температурний напір використовується найбільш раціональним чином в умовах застосування зустрічного руху потоків гарячого та холодного середовищ. Гаряче середовище з найбільшою початковою температурою у вхідному каналі цього середовища 7 попередньо нагріває холодне середовище з найнижчою початковою температурою у вхідному каналі 9 цього середовища. У вихідному каналі гарячого середовища 8 це середовище з вже дещо зниженою температурою підвищує температуру холодного середовища в його вихідному каналі 10, що вже було попередньо підігріте в каналі 9. При інших схемах взаємного руху потоків гарячого та холодного середовищ теплообмінник-утилізатор працює аналогічно. Різниця полягає у тому, що гаряче середовище підігріває холодне середовище за допомогою пучка теплових труб 5 при зустрічному рухові потоків (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.3 або Фіг.2 та Фіг.5) або при одному і тому ж напрямку руху потоків (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.4 або Фіг.2 та Фіг.6). При цьому обидва потоки рухаються по двох каналах (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.3 або Фіг.2 та Фіг.4 або Фіг.2 та Фіг.5 або Фіг.2 та Фіг.6, тощо) або обидва потоки по трьох (див. Фіг.7 та Фіг.8) каналах чи більше каналах або один з потоків по двох каналах, а інший по трьох каналах (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.8) і т.д. При цьому підігрівання холодного середовища може

здійснюватись у двох режимах. В одному режимі при зустрічному руху потоків (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.3) або при попутному руху потоків (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.4) гаряче середовище з найбільшим температурним потенціалом у його вхідному каналі 7 спочатку підігріває холодне середовище при його найменшій температурі у вхідному каналі 9 цього середовища, а у вихідному каналі 10 холодного середовища здійснюється догрівання попередньо підігрітого холодного середовища. В іншому режимі при зустрічному руху потоків (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.5) або при попутному руху потоків (див., наприклад, Фіг.2 та Фіг.6) гаряче середовище з найбільшим температурним потенціалом у його вхідному каналі 7 догріває холодне середовище у його вихідному каналі 10, що попередньо було підігріте у вхідному каналі 9 цього середовища потоком гарячого середовища з уже зниженим температурним потенціалом у його вихідному каналі 8.

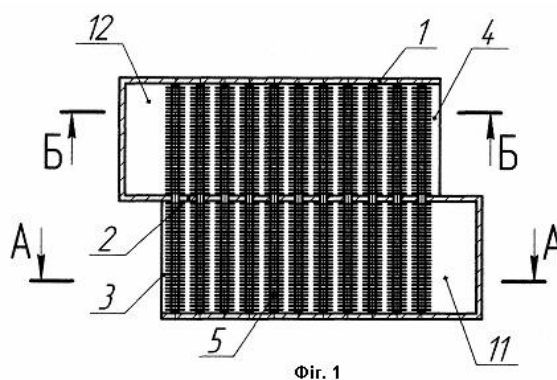
Виготовлена та випробувана модель теплообмінника-утилізатора, що мала в своєму складі корпус, що був поділений герметичною перегородкою на відсіки для гарячого та холодних середовищ. Через герметичну перегородку проходив пучок теплових труб, випаровувальні ділянки яких були розміщені у відсіку для гарячого середовища, а конденсаційні - у відсіку для холодного середовища. Теплові труби були споряджені ребрами у відсікові для гарячого середовища та для холодного середовища. У корпусі було додатково встановлено одну стінку, що перетинала герметичну перегородку під прямим кутом. Ця стінка поділила відсіки для гарячого та холодного середовищ на два окремих канали, що були з'єднані між собою поворотними камерами. Будова моделі теплообмінника-утилізатора відповідає Фіг.1-Фіг.3. В якості холодного середовища використовувалось повітря з кімнатною температурою. В якості гарячого середовища був використаний потік нагрітого повітря від тепловентилятора.

В результаті проведених випробувань було з'ясовано наступне.

1. Модель теплообмінника-утилізатора виявила працездатність при її випробуваннях у режимі повітропідігрівача.

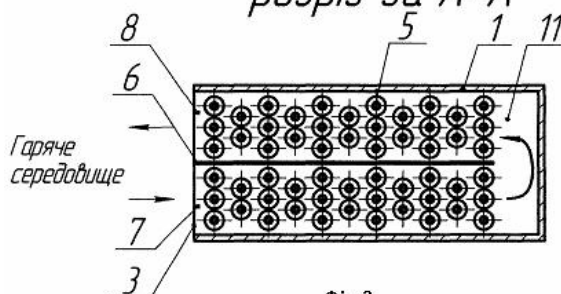
2. Як показали випробування, дане технічне рішення дозволяє в теплообмінному апараті невеликих габаритів і маси отримати більш високу температуру підігрівання холодного середовища за рахунок раціонального використання наявного температурного

потенціалу гарячого середовища.



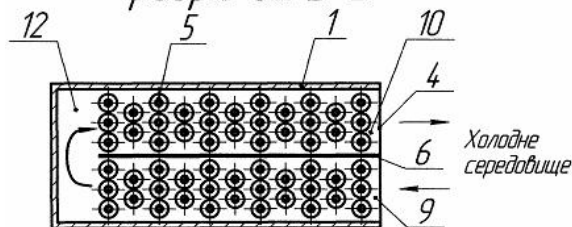
Фіг. 1

розріз за А-А



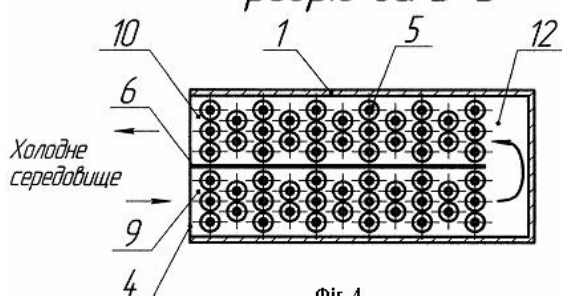
Фіг. 2

розріз за Б-Б



Фіг. 3

розріз за Б-Б



Фіг. 4

