



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35577 (13) U  
(51) МПК (2006)  
F28D 15/00  
F28D 15/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР

1

2

(21) u200805437

(22) 25.04.2008

(24) 25.09.2008

(46) 25.09.2008, Бюл.№ 18, 2008 р.

(72) НІЩИК ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, UA, ГЕР-  
ШУНІ ОЛЕКСАНДР НАУМОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-  
ТУТ", UA

(57) Котел-утилізатор, що містить корпус з вхідною та вихідною камерами, барабан з випаровувальною поверхнею в ньому, який **відрізняється** тим, що випаровувальна поверхня виконана у вигляді конденсаційних ділянок пучка встановлених вертикально теплових труб, випаровувальні ділянки яких розміщено у камері, що відокремлена трубою дошкою від барабана і з'єднана з вхідною та вихідною камерами.

Корисна модель відноситься до галузі енергетики і може бути використана при розробці котлів-утилізаторів для отримання пари при використанні теплоти потоку викидних газів від різноманітного паливо- та енерговикористовуючого устаткування.

Відомий жаротрубний котел [див. книгу А.П. Ковалев, Н.С. Лелеєв, М.Д. Панасенко и др. Парогенераторы. - М.-Л.: Энергия, 1965, с. 23] має в своєму складі корпус, наповнений водою та жарову трубу (або дві труби) великого діаметра в ньому. У цьому котлі, що може працювати у режимі нагрівання води або продукування пари, гарячі димові гази проходять однією або послідовно однією, а потім другою трубами, або розділяються на два паралельних потоки. Основним недоліком цього котла є його низька теплотехнічна ефективність внаслідок малої продуктивності, що визначається площею, через яку тепловий потік від димових газів передається до води, яка дорівнює внутрішній поверхні жарової (або жарових) труби (труб) і є відносно невеликою.

Відомий найбільш близький за технічною суттю котел-утилізатор [див книгу А.П. Воинов, В.А. Зайцев, Л.И. Куперман, Л.Н. Сидельковский. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты. - М.: Энергоатомиздат, 1989, рис. 3.2], що містить корпус з вхідною та вихідною камерами, барабан з випаровувальною поверхнею в ньому. Випаровувальна поверхня являє собою пучок димогарних труб малого діаметра, які з'єднані з вхідною та вихідною камерами. Теплотехнічна ефективність і, відповідно, продуктивність такого котла, що називається газотрубним, підвищені в порівнянні з жаротрубним котлом за рахунок розвинення поверхні, через яку відбувається теплообмін, а

це - сумарна площа внутрішньої поверхні димогарних труб, яка безпосередньо контактує з гарячим середовищем, нагрівається при цьому і передає теплоту через стінки труб на їх зовнішню поверхню, де безпосередньо відбувається нагрівання води до температури насичення та перетворення її в пару.

Найближчий аналог також має суттєві недоліки. Тепловий потік  $Q$ , що відповідно закону Ньютона-Рихмана сприймається димогарними трубами на їх внутрішній поверхні від димових газів та передається теплопровідністю на їх зовнішню поверхню, де нагріває воду, прямо пропорційний коефіцієнту тепловіддачі  $\alpha$  від димових газів до внутрішньої поверхні димогарних труб, площі  $F$ , на якій відбувається контактування димових газів з цією поверхнею та температурному напору  $\Delta t$  або різниці температур димових газів  $t_{д.г.}$ , та стінки труби на її внутрішній поверхні  $t_{ст.т.}$ , тобто  $Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t$ . Зі сторони води обмежень по відведенню теплового потоку, що надійшов через стінку димогарних труб, немає внаслідок великих значень коефіцієнту тепловіддачі (кілька тисяч Вт/(м<sup>2</sup>·К) від зовнішньої поверхні димогарних труб до води. Тобто треба передати якомога більший тепловий потік від димових газів до внутрішньої стінки димогарних труб для підвищення теплотехнічної ефективності цього котла. Але невеликі величини теплового потоку  $Q$ , що передається до води від димових газів, і відповідно, низька теплотехнічна ефективність цього котла-утилізатора, визначаються не тільки невеликими величинами коефіцієнтів тепловіддачі  $\alpha$  від димових газів (кілька десятків Вт/(м<sup>2</sup>·К)), так і недостатньо розвинутою теплосприймаючою поверхнею  $F$ . Мала вели-

U  
(13)  
35577  
(11)  
UA  
(19)

чина а спричинюється ще і застосованим в прототипі способом теплообміну в умовах повздовжнього омивання газового потоку внутрішніх поверхонь димогарних труб. Таким чином резерви збільшення теплового потоку  $Q$  полягають головним чином у збільшенні теплосприймаючої площі  $F$  та у підвищенні величини  $\alpha$  за рахунок вибору більш ефективного способу омивання газовим потоком поверхні теплообміну  $F$ . Кількість димогарних труб у технічному рішенні-прототипі обмежується технологією виготовлення газотрубного котла, а виготовлення у трубах внутрішніх ребер не може суттєво збільшити площу  $F$  і є технологічно складним і малоефективним заходом. Процедура очистки такого котла від золових відкладень, тобто очистка внутрішніх поверхонь димогарних труб, є досить складною і потребує значних зусиль та витрат робочого часу [див., наприклад, книгу Я.М. Щелоков, А.М. Аввакумов, Ю.К. Сазыкин. Очистка поверхностей нагрева котлов-утилизаторов.-М.: Энергоатомиздат, 1984. - 160 с.]

В основу корисної моделі поставлено задачу створення котла-утилізатора, в якому нова будова випаровувальної поверхні дозволила б забезпечити підвищення теплотехнічної ефективності та спрощення його очистки.

Поставлена задача вирішується тим, що в котлі-утилізаторі, що містить корпус з вхідною та вихідною камерами, барабан з випаровувальною поверхнею в ньому, згідно з корисною моделлю випаровувальна поверхня виконана у вигляді конденсаційних ділянок пучка встановлених вертикально теплових труб, випаровувальні ділянки яких розміщено у камері, що відокремлена трубною дошкою від барабана і з'єднана з вхідною та вихідною камерами.

Виконання випаровувальної поверхні у вигляді конденсаційних ділянок пучка встановлених вертикально теплових труб, випаровувальні ділянки яких розміщено у камері, що відокремлена трубною дошкою від барабана і з'єднана з вхідною та вихідною камерами, дозволяє забезпечити підвищення теплотехнічної ефективності за рахунок значного збільшення площі  $F$ , а, відповідно, і пропорційного збільшення величини теплового потоку  $Q$ , що сприймається від димових газів оребреною, тобто значно збільшеною в порівнянні з гладкостінними трубами, поверхнею теплових труб, і який передається на внутрішню поверхню теплових труб, де відбувається випаровування та кипіння теплоносія теплових труб та перенесення сприйнятого теплового потоку крізь трубну дошку паровою фазою теплоносія за рахунок прихованої теплоти випаровування на конденсаційні ділянки теплових труб в барабан котла. Тут теплоносій теплових труб конденсується, передаючи перенесений тепловий потік на внутрішню поверхню теплового труб. Далі тепловий потік передається на розгалужену випаровувальну поверхню у вигляді оребреної поверхні конденсаційних ділянок теплових труб, де відбувається нагрівання води до температури насичення та її перетворення в пару. Тобто має місце значне збільшення поверхні теплообміну як зі сторони димових газів у відокремленій від барабана камері, так і зі сторони поверхні

випаровування, тому що кожна з вказаних поверхонь являє собою розвинену за допомогою ребер зовнішню поверхню труб, зв'язок між якими здійснюється за допомогою високоефективного циклу випаровування-конденсація, реалізованого в кожній з цих труб. Підвищення теплотехнічної ефективності зумовлено також тим, що димові гази в пропонуваному технічному рішенні омивають поверхню теплообміну поперечно на відміну від прототипу, в якому процес теплообміну здійснювався в умовах повздовжнього омивання внутрішньої поверхні димогарних труб. Спрощення очистки досягається шляхом заміни поверхні теплообміну у вигляді внутрішньої поверхні димогарних труб на зовнішню поверхню теплових труб. Це дозволяє для очистки поверхні теплообміну застосовувати більш прості і більш продуктивні та маловитратні за часом проведення способи. Це, наприклад, застосування продування відокремленої камери з випаровувальними ділянками теплових труб в ній за допомогою штатного обладнання котла, а саме димососа, який використовується для створення потоку димових газів через котел-утилізатор. Ця операція очистки повинна здійснюватися шляхом пропускання через котел потоку повітря при його відключенні від димових газів. При великій ступені забруднення можливе застосування щітки з наступним продуванням теплосприймаючої поверхні, при цьому для безперешкодного доступу до теплосприймаючої поверхні потрібно передбачити лючок в стінці відокремленої камери.

Технічна суть та принцип дії запропонованого теплоутилізатора пояснюється кресленням.

На кресленні зображений котел-утилізатор в розрізі. Котел-утилізатор містить корпус 1 з вхідною 2 та вихідною 3 камерами, барабан 4 з випаровувальною поверхнею 5. Ця випаровувальна поверхня 5 являє собою сукупність зовнішніх оребрених поверхонь конденсаційних ділянок 6 теплових труб 7, випаровувальні ділянки 8 яких розміщено в камері 9, відокремленій від барабана 4 за допомогою трубної дошки 10. В барабані 4 розміщено пристрій 11 для підведення води та сепараційна камера 12. Відведення пари здійснюється за допомогою паропроводу 13 через запірний вентиль 14.

Котел-утилізатор працює наступним чином.

Вода подається у барабан 4 котла 1 через пристрій 11 для підведення води. Вода повинна повністю покривати конденсаційні ділянки 6 теплових труб 7, створюючи поверхню розділу між киплячою рідиною та паром. Гарячі димові гази, через вхідну камеру 2 подаються у камеру 9, де нагрівають випаровувальні ділянки 8 теплових труб 7 та виходять через вихідну камеру 3. Теплоносій теплових труб 7 випаровується та кипить і переносить у вигляді пари за рахунок прихованої теплоти випаровування тепловий потік на конденсаційні ділянки 6 теплових труб 7 у барабан 4 котла 1. У барабані 4 теплоносій теплових труб 7 конденсується на конденсаційних ділянках 6, які охолоджуються водою, що при цьому нагрівається. Вода, що частково заповнює барабан 4 так, що покриває випаровувальну поверхню 5, тобто суку-

пність зовнішніх оребрених поверхонь конденсаційних ділянок 6 теплових труб 7, підігрівається до температури насичення та перетворюється у пару, яка накопичується у верхній вільній від теплових труб частині барабана 4. Далі пара направляється споживачу через сепараційну камеру 12, де відбувається відділення крапель води від пари, по паропроводу 13 при відкриванні запірного вентиля 14. Сконденсований теплоносіє теплових труб 7 повертається у вигляді рідини на випарувальні ділянки 8 теплових труб 7 у камеру 9, що відокремлена від барабана 4 трубою дошкою 10.

Виготовлена та випробувана модель котла-утилізатора, яка мала в своєму складі корпус з вхідною та вихідною камерами, що був поділений ізолюючою перегородкою на парову камеру-імітатор барабана котла-утилізатора (верхню) та відокремлену камеру (нижню). Через перегородку проходило кілька теплових труб, випарувальні ділянки яких були розміщені у відокремленій камері, а конденсаційні виведені через ізолююче ущільнення перегородки у парову камеру-імітатор барабана котла-утилізатора, яка у верхній частині мала отвір для заливання води та штуцер з краном для виходу утвореної пари. Теплові труби були споряджені ребрами по всій їх довжині. В якості гарячого середовища був використаний потік нагрітого повітря від тепловентилятора. Вода заливалась у парову камеру-імітатор барабана

котла-утилізатора так, що покривала конденсаційні ділянки теплових труб.

В результаті проведених випробувань було встановлено наступне.

1. Через деякий час після ввімкнення тепловентилятора теплові труби як у відокремленій (нижній камері), так у паровій камері-імітаторі барабана котла-утилізатора (верхній камері) починали прогріватись, про що свідчило підвищення температури їх оболонок, яка вимірювалась.

2. Після прогрівання конденсаційних ділянок теплових труб в паровій камері - імітаторі барабана котла-утилізатора вода прогрівалась від розгрітої поверхні конденсаційних ділянок теплових труб до температури насичення та перетворювалась у пару, яка накопичувалась у верхній вільній, від теплових труб, частині імітатора барабана. Після відкривання крана пара починала виходити з імітатора барабана.

3. Застосування оребрених теплових труб дозволяє підвищити теплотехнічну ефективність котла-утилізатора за рахунок збільшення площі, на якій відбувається теплообмін між гарячим теплоносієм і тепловими трубами та між тепловими трубами і водою, а також за рахунок застосування більш ефективного поперечного омивання гарячим теплоносієм ділянок випаровування теплових труб та використання високих показників роботи замкнутого випарувально-конденсаційного циклу, реалізованого в них.

