



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **57338** (13) **U**
(51) МПК (2011.01)
F24H 1/12МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ РОБОТИ ДВОБАРАБАННОГО ВОДОГРІЙНОГО КОТЛА**

1

2

(21) u201008636

(22) 12.07.2010

(24) 25.02.2011

(46) 25.02.2011, Бюл.№ 4, 2011 р.

(72) ЛАВРЕНЦОВ ЄВГЕН МИХАЙЛОВИЧ, МАРЧЕНКО ГЕОРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ, СМІХУЛА АНАТОЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, МАКАРЕНКО ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ГАЗУ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) 1. Спосіб роботи двобарабанного водогрійного котла, який включає подачу води в труби радіаційної поверхні нагріву та в труби конвективної поверхні нагріву з рециркуляцією води і змішуван-

ня води в верхньому барабані та відведення нагрітої води в тепломережу, який **відрізняється** тим, що в труби радіаційної поверхні нагріву подають зворотну воду єдиним потоком, а потім частково нагріту воду з верхнього барабана через систему багатократної рециркуляції подають в труби конвективної поверхні нагріву і після змішування в верхньому барабані нагріту воду з верхнього барабана відбирають зі сторони конвективної поверхні нагріву і направляють в тепломережу.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що відведення води для системи багатократної рециркуляції здійснюють також з верхнього барабана зі сторони конвективної поверхні нагріву.

Пропозиція належить до водогрійних котлів, в яких вода відділена від нагрівачого середовища. Котел може бути використаний для системи водяного опалення і гарячого водопостачання житлових, громадських та інших будівель.

Відомий спосіб роботи двобарабанного водогрійного котла [деклараційний патент України на корисну модель № 1431, М.кл.⁶ F24H1/12, 2002 р.], в якому холодну хімічно очищену воду подають для заповнення гідравлічної системи котла і мережної системи подачі нагрітої води до споживачів теплової енергії, в котрих створюють циркуляцію води з підведенням тепла до них від спалення палива в топці. Охолоджену воду після споживачів тепла підводять через вхідний трубопровід до котла і поділяють на дві частини. До однієї частини додають частину нагрітої води, відведеної від вихідного трубопроводу інжекційним відсосом, змішують їх і направляють в нижній барабан і через труби конвективної поверхні нагріву, де воду нагрівають від продуктів згоряння палива в топці, в верхній барабан. Другу частину одночасно подають в верхню частину опускних труб, по яких воду опускають до нижніх колекторів радіаційної поверхні нагріву, а потім в труби цієї поверхні, де воду нагрівають від факела і продуктів згоряння палива і подають в верхній барабан, де її змішують з водою, що поступає в барабан і через конвективні труби та через вихідний трубопровід подають в тепломережу для споживачів теплової енергії за

винятком частини води, яку відводять від вихідного трубопроводу інжекційним відсосом для змішування. А додаткова живильна лінія, створена між нижніми колекторами радіаційної поверхні нагріву і нижнім барабаном котла, повинна виконувати роль реверсії, тобто забезпечувати саморегулювання розподілу води між ними від можливої зміни тиску води в них в процесі роботи.

У відомому способі охолоджену (зворотну) воду після споживачів тепла подають в гідравлічну систему котла двома частинами (потоками). Розподіл води на два потоки зменшує в два рази швидкість її порівняльно з єдиним потоком, а це збільшує можливість порушення циркуляції і скипання води в окремих нагрівачих елементах системи. Додаткова живильна лінія між нижніми колекторами і нижнім барабаном котла повинна виконувати роль реверсії, тобто за рахунок так званої саморегуляції вода може рухатись в двох напрямках в залежності від різниці тиску води в двох контурах циркуляції на даний момент (трубах радіаційної поверхні і трубах конвективної поверхні). Іншими словами, в умовах самовільної зміни тиску води регулювання стає неконтрольованим і це може призвести до ще більшої зміни, як в бік збільшення, так і зменшення швидкості води в трубах поверхонь нагріву котла і, як наслідок, до можливості скипання води, принаймні, в окремих трубах, незважаючи на те, що вода в трубах поверхонь рухається знизу наверх. А якщо мати на

(13) **U**(11) **57338**(19) **UA**

увазі, що живі перерізи труб поверхонь дуже різняться, так живий переріз трубно́ї системи конвективної поверхні нагріву значно більший ніж трубно́ї системи радіаційної поверхні, то можливість скипання води, як в трубах радіаційної поверхні нагріву через високу температуру факела і продуктів згорання в топці, так і в трубах конвективної поверхні нагріву через низьку швидкість води в трубах ще більше зростає. Подача частини зворотної води у верхню частину опускних труб потребує значних витрат, пов'язаних з відокремленням опускних труб від верхнього барабану і з'єднанням їх з трубою подачі води. А подача нагрітої води в тепломережу для споживачів теплової енергії за винятком частини нагрітої води, яку відводять від вихідного трубопроводу інжекційним відсосом для змішування з частиною зворотної води, яка поступає крізь нижній барабан в конвективні труби, може мати низький потенціал для нормального обігріву споживачів, які знаходяться на віддаленій точці від джерела теплопостачання (котельні). При цьому підігрів зворотної (охолодженої) води при змішуванні з нагрітою водою від інжекційного відсосу може бути недостатнім для створення умов, які б унеможливили створення на зовнішній поверхні конвективних труб корозійно-активного конденсату.

Найбільш близький за сутністю до пропозиції є спосіб роботи двобарабанного водогрійного котла [патент України № 22331, М.кл⁶ F24H1/12, 1998 р.], в якому холодну хімічно очищену воду подають для заповнення гідралічної системи котла і мережної системи подачі нагрітої води до споживачів теплової енергії, в котрих створюють циркуляцію води з підведенням тепла до води від спалення палива в топці котла. Охолоджену (зворотну) воду після споживачів тепла підводять через вхідний трубопровід до котла і поділяють на дві частини. До одної частини додають частину нагрітої води, відведеної від вихідного трубопроводу інжекційним відсосом, змішують їх і направляють в нижній барабан і через труби конвективної поверхні нагріву, де воду нагрівають від продуктів згорання палива в топці, в верхній барабан. А другу частину одночасно подають в нижній колектор радіаційної поверхні нагріву, а потім в труби цієї поверхні, де воду нагрівають від факелу і продуктів згорання палива і подають в верхній барабан, де її змішують з водою, яка поступає в барабан через конвективні труби, і через вихідний трубопровід подають в тепломережу для споживачів теплової енергії за винятком частини нагрітої води, яку відводять від вихідного трубопроводу інжекційним відсосом для змішування.

Але за даним способом охолоджену (зворотну) воду після споживачів тепла подають також двома частинами (потокми). Розподіл води на два потоки зменшує в два рази швидкість її порівняно з єдиним потоком, а це збільшує можливість порушення циркуляції і скипання води в окремих нагріваних елементах системи. Відомо, що надійність роботи гідралічної системи водогрійних котлів пов'язана з прямоточністю і послідовністю руху води, коли вода єдиним потоком проходить послідовно по елементах циркуляційної системи. А

якщо мати на увазі, що живий переріз трубно́ї системи конвективної поверхні нагріву на порядок більший ніж трубно́ї системи радіаційної поверхні нагріву, то розподіл при цьому зворотної води на потоки впливає на ще більше зниження швидкості води в конвективних трубах і тому є найбільша вірогідність скипання води, принаймні, в окремих трубах. Деяке підмішування з нагрітою водою, відведеною від вихідного трубопроводу інжекційним відсосом, частини зворотної (охолодженої) води, яка йде на живлення конвективних труб, дещо підігріває цю живильну воду, але не гарантує від підвищення хоча б на окремих конвективних трубах температури зовнішньої поверхні вищої від температури "точки роси". Тобто нема повної гарантії того, що на поверхні окремих (а може всіх) труб конвективної поверхні не буде створюватися корозійно-активний конденсат. Також через поділ зворотної води на потоки і високу температуру в топці котла від факелу і продуктів згорання, котрі в топці мають високий потенціал, не можна гарантувати від перегріву (скипання) води хоча б в окремих трубах радіаційної поверхні нагріву. Інклекційний відсос частини нагрітої води з вихідного трубопроводу, тобто з тепломережі, може створювати умови для віддалених місць споживання в мережній системі, коли потенціал води буде вже низьким і споживач буде відчувати недогрів. А відведення нагрітої води через вихідний трубопровід зверху верхнього барабану в його передній від фронту котла частині напроти крайніх труб радіаційної поверхні нагріву не створюють умов для інтенсивного перемішування потоків води, які йдуть окремо і одночасно через труби радіаційної і конвективної поверхонь нагріву котла.

В основу пропозиції покладено завдання удосконалення способу роботи двобарабанного водогрійного котла, в якому, внаслідок зміни напрямку і об'єму подачі зворотної води в елементи гідралічної системи котла і тепломережу і відведення прямої (нагрітої) води з котла, а також зміни місця відбору води для багатократної рециркуляції, забезпечується робота котла без перегрівання (скипання) води, як в трубах радіаційної поверхні нагріву, так і в трубах конвективної поверхні нагріву, з підвищенням температури зовнішньої поверхні конвективних труб до температури вищої від температури "точки роси", що унеможливує утворення корозійно-активного конденсату, а також забезпечує незмінність об'єму води, що поступає з котла в мережну систему, і краще перемішування води в барабані, яка поступає до нього одночасно з труб радіаційної і конвективної поверхонь нагріву котла і за рахунок цього підвищується надійність і безаварійність роботи котла.

Поставлене завдання вирішено завдяки тому, що в способі роботи двобарабанного водогрійного котла, який включає подачу води в труби радіаційної поверхні нагріву та в труби конвективної поверхні нагріву з рециркуляцією води і змішування води в верхньому барабані та відведення нагрітої води в тепломережу, згідно пропозиції, в труби радіаційної поверхні нагріву подають зворотну воду єдиним потоком, а потім частково нагріту воду з верхнього барабану через систему багаток-

ратної рециркуляції подають в труби конвективної поверхні нагріву і після змішування в верхньому барабані нагріту воду з верхнього барабана відбирають зі сторони конвективної поверхні нагріву і направляють в тепломережу.

Додатковою ознакою є те, що відведення води для системи багатократної рециркуляції здійснюють також з верхнього барабану зі сторони конвективної поверхні нагріву.

Сукупність відмітних ознак пропозиції дозволяє вирішити поставлене завдання тому, що зворотна (охолоджена) вода має найнижчу температуру води в температурному графіку гідравлічної системи котла, краще охолоджує труби цієї системи. Це особливо важливо в умовах підвищеного теплового навантаження від факелу палива і високої температури продуктів згорання. Процесу охолодження радіаційних труб сприяє також порівняно висока швидкість води в радіаційних трубах. Тобто подача самої холодної води і порівняно велика швидкість води - це фактори, які роблять роботу радіаційної поверхні надійною від перегрівання (скипання). Висока температура топкового середовища, з іншого боку, сприяє підвищенню температури зовнішньої поверхні радіаційних труб і зменшує вірогідність утворення на зовнішній поверхні труб корозійно-активного конденсату. В котельній практиці в топках водогрійних котлів, як правило, утворення конденсату на топкових трубах не спостерігалось - тільки при зниженні навантаження до 50% і нижче можливість утворення конденсату може бути. А живлення труб конвективної поверхні нагріву вже частково нагрітою водою в радіаційних трубах сприяє підвищенню температури зовнішньої поверхні труб вище температури "точки роси" і тому ліквідує можливість появи на поверхні труб корозійно-активного конденсату. Підвищення швидкості води в трубах конвективної поверхні до рівня швидкості води в трубах радіаційної поверхні за рахунок багатократної рециркуляції води з верхнього барабану зі сторони конвективної поверхні нагріву до нижнього і далі в труби конвективної поверхні, тобто з таким же об'ємом, практично унеможливорює перегрів (скипання) води в конвективних трубах, а у разі скипання води в окремих трубах через гідравлічну нерівномірність, яка присутня в якійсь мірі при живленні паралельно підключених труб, ризик гідравлічних ударів зменшується нанівель тому, що парові бульбашки будуть підійматись як в конвективних, так і радіаційних трубах разом з рухом води наверх, не проти руху, а навпаки, сприяючи йому, входити в верхній барабан, заповнений водою, і конденсуватись. Відбір води на багатократну рециркуляцію з верхнього барабану не зменшує загального об'єму нагрітої води, яка поступає в тепломережу, й не буде являтися одною з причин, в результаті яких може бути недогрів у віддалених місцях споживачів тепла від котельні. А відведення нагрітої води в тепломережу з верхнього барабану зі сторони конвективної поверхні нагріву сприяє більш інтенсивному перемішуванню нагрітої води в поверхнях нагріву котла.

Пропонований спосіб роботи двобарабанного водогрійного котла здійснюють за схемою, що

представлена на кресленні. Спочатку холодну хімічно очищену воду подають для заповнення гідравлічної системи котла і мережної системи подачі нагрітої води до споживачів і зворотної води від споживачів до котла і створюють циркуляцію води з підведенням тепла до води від спалювання палива в пальнику котла. Після заповнення систем, створення рециркуляції і нагрівання воду подають до споживачів. Після споживачів зворотну (охолоджену) воду єдиним потоком подають через вхідний патрубок 1 і нижні колектори 2 радіаційної поверхні нагріву в радіаційні труби 3, де її частково підігрівають від факела пальника і продуктів згорання палива і направляють в верхній барабан 4 котла. Потім частково підігріту воду відводять з верхнього барабану зі сторони конвективної поверхні нагріву і через штуцер 5, лінію з багатократною рециркуляцією 6 і нижній барабан 7 котла подають в труби 8 конвективної поверхні нагріву, де воду догрівають від продуктів згорання палива і направляють в верхній барабан котла, де її змішують з водою, яка поступає з радіаційних труб і нагріту воду відводять з верхнього барабану зі сторони конвективної поверхні нагріву і через вихідний трубопровід 9 в тепломережу для споживачів теплової енергії.

Приклад 1 (за прототипом).

При тепловому навантаженні в 1,93Гкал/год. зворотну (охолоджену) воду після споживачів тепла двома паралельними потоками при температурі 50°C направляли в труби радіаційної поверхні нагріву і труби конвективної поверхні нагріву. В радіаційних трубах вода рухалася зі швидкістю 0,5м/с і нагрівалася до 98°C, а в конвективних трубах - зі швидкістю в 0,05м/с і нагрівалася до 82°C. Два потоки води подавали в верхній барабан, перемішувалися між собою, і з температурою $(98+82)/2=90^{\circ}\text{C}$ направляли в тепломережу споживачам.

Результати випробувань наведені в табл. 1.

Приклад 2 (за прототипом).

Як і в прикладі 1, але при тепловому навантаженні в 1,338Гкал/год. При цьому температурний режим води був іншим. Так, температура зворотної води - 38°C, температура води на виході з труб радіаційної поверхні - 62°C, а температура води на виході з труб конвективної поверхні - 54°C. Після перемішування потоків воду з температурою $(62+54)/2=58^{\circ}\text{C}$ направляли в тепломережу споживачам.

Результати випробувань наведені в табл.2.

Приклад 3. (за пропонованим способом).

При тепловому навантаженні 1,93Гкал/г зворотну (охолоджену) воду після споживачів тепла єдиним потоком при температурі 50°C направляли через нижній колектор радіаційної поверхні в труби цієї поверхні, а потім по трубах воду направляли знизу наверх в верхній барабан з достатньою в практиці експлуатації водогрійних котлів швидкістю 0,5м/с, нагріваючи її від факелу і продуктів згорання палива в топці до температури 74°C. Далі воду з верхнього барабану через встановлену додатково лінію багатократної рециркуляції направляли через нижній барабан котла в труби кон-

вективної поверхні нагріву, де воду, яка завдяки рециркуляції рухалася також зі швидкістю 0,5м/с, підігрівали від тепла продуктів згорання палива в топці котла до температури 90°C і направляли знову в верхній барабан і тепломережу до споживачів.

Результати випробувань наведені в табл. 1.

Приклад 4 (за запропонованим способом).

Як і в прикладі 3, але при тепловому навантаженні в 1,338Гкал/год. При цьому температурний режим води був іншим. Так, температура зворотної води 38°C, температура води на виході з труб радіаційної поверхні 50°C, а температура води догрітої до розрахункової величини всього 58°C. Результати випробувань наведені в табл. 2.

Як бачимо, різниця між температурами зовнішньої поверхні конвективних труб і "точки роси" за пропозицією 45°C проти 29°C за прототипом, тобто за пропозицією вірогідність утворення корозійного конденсату значно менша відносно прототипу. Також при способі роботи двобарабанного водогрійного котла за пропозицією робота проходить в більш поміркованому температурному режимі ніж робота за прототипом. Так температура

зовнішньої поверхні труб радіаційної поверхні всього 87°C проти 99°C за прототипом. Більш низька температура зовнішньої поверхні труб радіаційної поверхні нагріву впливає на деяке зниження температури факелу і продуктів згорання топки і тим самим впливає на поліпшення екологічних показників котла.

В табл. 1 наведені дані роботи котла в номінальному режимі. Відомо, що середньорічне теплове навантаження водогрійних котлів становить 50...60% від номінального навантаження. Це значить, що приблизно 30% часу котли працюють з навантаженням 30% від номінального, 30% часу – з навантаженням 50%, ще 30% часу – з навантаженням 60% і тільки 10% часу – з 100% навантаженням.

При випробуваннях найменше навантаження було в 1,338Гкал/год, що становить 70% від номіналу. Також відомо, що при зниженні навантаження знижується температурний рівень води, як зворотної, так і прямої. А це підвищує можливість створення умов для корозійної конденсації. Такі дані наводяться в табл. 2.

Таблиця 1

Результати випробувань способів роботи
двобарабанних водогрійних котлів при номінальному навантаженні

№	Назва показників	за прототипом	за пропозицією
1.	Теплопродуктивність режиму, Гкал/год	1,93	1,93
2.	Темп-ра води на вході в труби конвект. поверхні, °C	50	74
3.	Темп-ра води на виході з труб конвект. поверхні, °C	82	90
4.	Темп-ра води на вході в труби радіаційної поверхні, °C	50	50
5.	Темп-ра води на виході з труб радіаційної поверхні, °C	98	74
6.	Темп-ра зовн. поверхні труби конвект. поверхні, °C	91	107
7.	Темп-ра зовн. поверхні труби радіаційної поверхні, °C	99	87
8.	Темп-ра «точки роси» прийнята для газового пальника, °C	62	62
9.	Різниця між температурами зап.п.п. 6 і 8, °C	29	45
10.	Різниця між температурами зап.п.п. 7 і 8, °C	37	25

Таблиця 2

Результати випробувань способів роботи
двобарабанних водогрійних котлів при меншому від номінального навантаженні

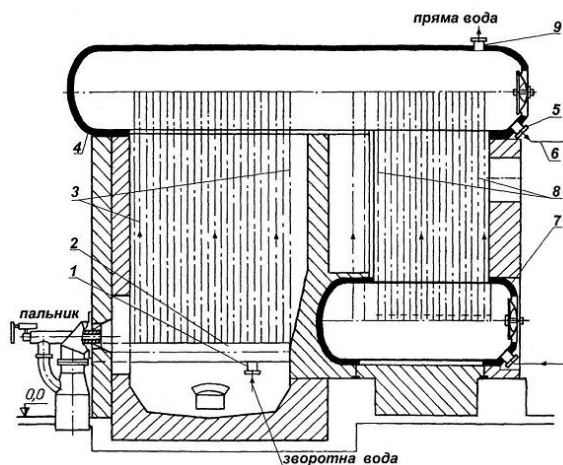
№	Назва показників	за прототипом	за пропозицією
1.	Теплопродуктивність режиму, Гкал/год	1,338	1,338
2.	Темп-ра води на вході в труби конвект. поверхні, °C	38	50
3.	Темп-ра води на виході з труб конвект. поверхні, °C	54	58
4.	Темп-ра води на вході в труби радіаційної поверхні, °C	38	38
5.	Темп-ра води на виході з труб радіаційної поверхні, °C	82	50
6.	Темп-ра зовн. поверхні труби конвект. поверхні, °C	71	79
7.	Темп-ра зовн. поверхні труби радіаційної поверхні, °C	75	69
8.	Темп-ра точки роси прийнята для газового пальника, °C	62	62
9.	Різниця між температурами зап.п. 6 і 8, °C	9	17
10.	Різниця між температурами зап.п. 7 і 8, °C	13	7

При зниженні навантаження котла підвищується можливість корозійної конденсації. Так, в нашому прикладі температура зовнішньої поверхні

конвективних труб в прототипі всього на 9°C вища від температури "точки роси". Можна очікувати, що при подальшому зниженні навантаження до

30...40% температура зовнішньої поверхні конвективних труб буде в межах температури конденсації, тобто "точки роси", а температура зовнішньої поверхні конвективних труб за пропозицією буде мати деяке перевищення на 4...6°C від температури "точки роси".

Таким чином, у способі роботи двобарабанного водогрійного котла за пропозицією агресивної конденсації водяної пари на зовнішній поверхні конвективних труб, також перегріву труб поверхонь нагріву котла та порушення циркуляції в гідравлічній системі котла через можливе скипання води в трубах не відбуватиметься в усьому діапазоні навантаження котла.



Фіг.