



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **57429** (13) **U**
(51) МПК
F24H 1/10 (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ НАГРІВУ РІДИННОГО ТЕПЛОНОСІЯ У ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ

1

(21) u201010017

(22) 13.08.2010

(24) 25.02.2011

(46) 25.02.2011, Бюл. № 4, 2011 р.

(72) ТКАЧЕНКО СЕРГІЙ ГРИГОРОВИЧ, БАРАБАШ
ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ, КОВАЛЬ АНАТОЛІЙ
АНДРІЙОВИЧ, КОВАЛЬ ЮРІЙ АНДРІЙОВИЧ, КУ-
ЧЕРЕНКО ЄВГЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) ТКАЧЕНКО СЕРГІЙ ГРИГОРОВИЧ

(57) 1. Спосіб нагріву рідинного теплоносія у теплогенераторі, який включає нагрів рідинного теплоносія у контактній камері теплогенератора шляхом прямого контакту рідинного теплоносія із потоком нагрітих газів, який **відрізняється** тим, що створюють зону випаровування у контактній камері шляхом забезпечення температури нагріву рідинного теплоносія нижче температури мокрого термометра та вище точки роси у частині об'єму контактної камери та створюють зону конденсації у контактній камері шляхом забезпечення температури нагріву рідинного теплоносія нижче точки

2

роси у іншій частині об'єму контактної камери, а потік нагрітих газів спочатку пропускають через зону випаровування, а потім через зону конденсації з наступним отриманням парогазової суміші, при цьому у зоні випаровування та у зоні конденсації здійснюють високодисперсне розпилення рідинного теплоносія.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що здійснюють рух рідинного теплоносія у напрямку руху потоку нагрітих газів у зоні випаровування.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що здійснюють рух рідинного теплоносія у напрямку, протилежному руху потоку нагрітих газів, у зоні конденсації.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що здійснюють розпилення рідинного теплоносія за допомогою форсунок.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розташовують зону конденсації в одному об'ємі із зоною випаровування.

Спосіб належить до галузі теплоенергетики, зокрема до способів нагріву теплоносія шляхом прямого контакту з нагрітими газами у водонагрівальних апаратах, та може бути використаний у конструкціях теплогенераторів, які застосовують, наприклад, у системах опалювання та гарячого водопостачання.

Заявнику відомо багато способів нагріву рідинного теплоносія у теплогенераторі, серед яких найближчими за заявленого способу є наступні.

Відомо спосіб нагріву рідинного теплоносія шляхом прямого контакту рідинного теплоносія та нагрітих газів, які є продуктами згоряння. У відомому способі забезпечують проходження нагрітих газів, отриманих у топці теплогенератора, через дві частини зони контактного теплообміну. У першій частині забезпечують дрібнодисперсне розпилення рідинного теплоносія через форсунки та контактний теплообмін з нагрітими газами. У другій частині забезпечують теплообмін між нагрітими газами, частково охолодженими, та рідинним теплоносієм, який пропускають через другу частину,

за рахунок конденсації пари рідини. Інтенсивність процесу теплообміну у другій частині підвищують за допомогою кілець Рашига, які зрошують водою. При реалізації відомого способу розташування топки та зони контактного теплообміну є однолінійним вертикальним. (Соснін Ю.П. Контактные водонагреватели. - М.: Стройиздат, 1974, стор. 6-14).

Недолік відомого способу полягає у низькій ефективності першої частини контактного теплообміну. Тому проходження нагрітих газів через першу частину не дозволяє отримати максимально насичене водними парами середовище через невисокі відносні швидкості контактуючих нагрітих газів та розпиленого рідинного теплоносія. Таким чином, у другу зону подають ненасичену парогазову суміш, ефективність теплообміну у якій істотно нижче ніж у середовищі, насиченому водними парами (Ісаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.П. Теплопередача. - М.: Энергоиздат, 1981, стор. 343). При цьому застосування зрошуваних кілець Рашига не забезпечує рівномірного зрошування

(13) **U**(11) **57429**(19) **UA**

поверхні вживаної насадки. Це веде до того, що частина високотемпературної парогазової суміші викидається у атмосферу, що знижує ефективність відомого способу. Особливо це виявляється при у випадках малої витрати циркуляційної води, коли різниця температури між прямою водою та зворотною водою перевищує 25°C. Також реалізація відомого способу призводить до збільшення габаритів конструктивних елементів теплогенератора та погіршення умов їх обслуговування через однолінійне вертикальне розташування топки та зони контактного теплообміну.

Також відомий спосіб нагріву рідинного теплоносія, описаний у а.с. СРСР №442807, опублікованому 15.09.1974р. у бюлетені №34, МПК: B01d 3/30, B01d 3/20, за яким здійснюють теплообмін між нагрітими газами та рідинним теплоносієм у контактному теплообмінному елементі барботажного типу. У елементах подібного типу рідину подають у контактний теплообмінний елемент під дією відцентрових сил, що призводить до її притискання до стінок елемента, наприклад, у вигляді кругової решітки, та стікання у зливну камеру у вигляді кільцевого шару, що обертається. Також закручують потік нагрітих газів у ту же саму сторону, що й рідину, за допомогою направляючих каналів. Це призводить до перетинання кільцевого шару рідини, що обертається, потоком нагрітих газів та дрібнодисперсного розпилення рідини.

У цьому способі за рахунок відцентрових сил збільшують інерційні властивості компонентів теплообміну і підвищують відносні швидкості між водою та газами. Недоліком цього способу є великі витрати енергії на створення середовища, що обертається, усередині контактної теплообмінної елемента, складність реалізації способу через необхідність застосування великих за розміром та складних елементів конструкції, а також відносно погіршені динамічні характеристики, що не дозволяє використовувати відомий спосіб при великому діапазоні зміни теплових навантажень.

Також відомий спосіб нагріву рідинного теплоносія, описаний у а.с. СРСР №175635, опублікованому 09.10.1965 р., МПК: F24g, за яким здійснюють теплообмін між нагрітими газами та рідинним теплоносієм у контактній камері. Інтенсифікацію теплообміну здійснюють розпилюванням теплоносія у камері розпилювачем з двома ярусами форсунок. Також додатково утворюють водяну захисну завісу шляхом встановлення кілець у контактній камері. При реалізації відомого способу розташування топки та контактної камери є однолінійним вертикальним.

Недоліком відомого способу є відсутність рівномірного заповнення контактної камери водою через двоярусне розташування форсунок, що призводить до «проскакування» продуктів згоряння і до зростання втрат тепла. Додаткові кільця у контактній камері також не забезпечують необхідного змішування нагрітих газів з водою, що нагрівається. Також реалізація відомого способу призводить до збільшення габаритів конструктивних елементів теплогенератора та погіршення умов їх обслуговування через однолінійне вертикальне розташування топки та контактної камери.

Також відомий спосіб нагріву рідинного теплоносія, описаний у патенті Російської Федерації RU 2134845, опублікованому 20.08.1999р. у бюлетені №23, МПК: F24H 1/10, за яким здійснюють теплообмін між нагрітими газами та рідинним теплоносієм у контактній камері. При цьому попередньо здійснюють часткове випаровування води у топці теплогенератора шляхом розпилювання води у топці з використанням форсунки (так звана «мокра топка»). Далі забезпечують конденсацію парогазової суміші за допомогою зрошуваної насадки з кілець Рашига. При реалізації відомого способу розташування топки та контактної камери є однолінійним вертикальним.

Недоліком цього способу є те, що застосування «микрої топки» призводить до охолодження нагрітих газів, які є продуктами згоряння палива у топці, на стадії згоряння, що збільшує хімічний недопал палива. Крім того, прямооточний рух крапель води і нагрітих газів не забезпечує високоефективного випаровування і вимушує істотно збільшувати висоту зони контакту парогазової суміші та нагрітих газів. Також у відомому способі присутні недоліки контактної-поверхневого теплообміну за допомогою кілець Рашига, про що вже було вказано раніше.

За прототип прийнято спосіб нагріву рідинного теплоносія, описаний у патенті України №13306, опублікованому 15.03.2006р. у бюлетені №3, ПК: F24H 1/10, за яким здійснюють теплообмін між нагрітими газами та рідинним теплоносієм у контактній камері. Контактна камера має вигляд горизонтального, закритого зверху та з боків каналу. За цим способом попередньо здійснюють розділення рідинного теплоносія на потоки вертикальних струменів за допомогою водорозподільника з отворами та рівномірне їх розподілення по довжині контактної камери. Далі подають потік нагрітих газів через струмені рідинного теплоносія, створюючи краплинно-газову суміш та здійснюючи теплообмін.

Недоліком прототипу є відсутність структурного розділення контактної камери на зони з різними умовами теплообміну між нагрітими газами та рідинним теплоносієм, наприклад, на зону, в якій здійснюється збільшення вологовмісту нагрітих газів з їх попереднім охолодженням, та на зону, в якій здійснюється основний нагрів рідинного теплоносія контактним способом. Також застосування зрошуваних контактних решіток має недоліки, аналогічні застосуванню кілець Рашига, описані вище. При цьому струминний спосіб подання рідинного теплоносія у контактну камеру не забезпечує необхідного його розпилення та збільшення поверхні контакту між компонентами теплообміну.

Завданням заявленого способу нагріву рідинного теплоносія у теплогенераторі є підвищення ефективності теплообміну між компонентами та збільшення компактності теплогенератора для реалізації заявленого способу шляхом створення умов для структурного розділення контактної камери на зони з різними умовами теплообміну - випаровування та конденсації, розташування цих зон одна відносно одної та зміни способу подання рідинного теплоносія у кожну з цих зон.

Поставлене завдання вирішується тим, що у способі нагріву рідини у теплогенераторі, який включає нагрів рідинного теплоносія у контактній камері теплогенератора шляхом прямого контакту рідинного теплоносія із потоком нагрітих газів, згідно з технічним рішенням, створюють зону випаровування у контактній камері шляхом забезпечення температури нагріву рідинного теплоносія нижче температури мокрого термометра та вище точки роси у частині об'єму контактної камери та створюють зону конденсації у контактній камері шляхом забезпечення температури нагріву рідинного теплоносія нижче точки роси у іншій частині об'єму контактної камери, а потік нагрітих газів спочатку пропускають через зону випаровування, а потім через зону конденсації, при цьому у зоні випаровування та у зоні конденсації здійснюють високодисперсне розпилення рідинного теплоносія.

Рух рідинного теплоносія можуть здійснювати у напрямку руху потоку нагрітих газів у зоні випаровування.

Рух рідинного теплоносія у напрямку, протилежному руху потоку нагрітих газів, можуть здійснювати у зоні конденсації.

Розпилення рідинного теплоносія можуть здійснювати за допомогою форсунок.

Зону конденсації можуть розташовувати в одному об'ємі контактної камери із зоною випаровування.

Між сукупністю суттєвих ознак способу нагріву рідинного теплоносія у теплогенераторі, який заявлено, і технічним результатом, який досягається, існує наступний причинно-наслідковий зв'язок.

Відомо, що при пропусканні потоку нагрітих газів (продуктів згоряння твердого чи рідкого палива або якого-небудь іншого екзотермічного процесу) назустріч потоку рідинного теплоносія, який потрібно нагріти, у контактній камері, та перетворенні потоку рідинного теплоносія у шар дрібнодисперсного середовища, якщо температура нагріву рідинного теплоносія на виході з контактної камери перевищує точку роси потоку нагрітих газів, але не досягає температури мокрого термометра, то у контактній камері будуть утворені дві зони: зона конденсації та зона випаровування (див. Соснін Ю.П. Контактные водонагреватели. - М.: Стройиздат, 1974, стор. 28-33). В зоні випаровування при поступовому русі потоку нагрітих газів їх температура знижуватиметься, а вологовміст поступово збільшуватиметься до тих пір, поки парціальний тиск парів рідинного теплоносія не стане рівним парціальному тиску водної пари навколо крапель рідинного теплоносія. На цьому етапі кінчається зона випаровування і починається зона конденсації. При подальшому русі потоку нагрітих газів назустріч потоку рідинного теплоносія тепловміст та вологовміст потоку нагрітих газів зменшуються одночасно. Таким чином, в зоні конденсації відбувається основний нагрів рідинного теплоносія, а тепло Q_k , передане воді контактним теплообміном, рівно:

$$Q_k = Q_{kc} + Q_{km} + Q_{bm},$$

де Q_{kc} - тепло, передане за рахунок зниження ентальпії сухих продуктів згоряння («сухий теплообмін»);

Q_{km} - тепло, передане воді за рахунок конденсації пари води, що утворюється в результаті згоряння палива («мокрый теплообмін»);

Q_{bm} - тепло, передане воді за рахунок конденсації пари води, що утворилася в зоні випаровування.

Q_{bm} виникає через особливості контактного теплообміну і є своєрідним баластом у даному процесі.

Відповідно до наведеного вище, забезпечення нагріву рідинного теплоносія нижче температури мокрого термометра та вище точки роси у частині об'єму контактної камери та забезпечення температури нагріву рідинного теплоносія нижче точки роси у іншій частині об'єму контактної камери дозволяє структурно розділити контактну камеру на зону випаровування та зону конденсації, що дозволяє суттєво інтенсифікувати процес теплообміну.

Здійснення високодисперсного розпилювання рідинного теплоносія у зоні випаровування та у зоні конденсації та почергове пропускання потоку нагрітих газів через ці зони дозволяє додатково інтенсифікувати процес теплообміну. Це пов'язано з тим, що спрямованість процесу теплообміну між зваженими частинками води і парогазовою сумішшю, окрім температурних перепадів, в значній мірі визначається поверхневими явищами, які характерні для двофазних середовищ. Відомо (див. Ісаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.П. Теплопередача. - М.: Энергоиздат, 1981, стор. 343), що сили поверхневого натягу Δp і мінімальний температурний перепад ΔT_k конденсації визначаються рівняннями Лапласа і Томсона:

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{R_{\text{ж}}}$$

$$\Delta T_k = \frac{2\sigma \times T_n}{r \times \rho_{\text{ж}} \times R_{\text{ж}}}$$

де σ - коефіцієнт поверхневого натягу рідини, н/м;

$R_{\text{ж}}$ - радіус кривизни поверхні рідини, м;

$\rho_{\text{ж}}$ - густина рідини, кг/м³;

T_n - температура насичення рідини при парціальному тиску пари в парогазовій суміші, К.

Таким чином, для інтенсифікації процесів теплообміну у зоні випаровування, де парціальний тиск пари на поверхні рідинного теплоносія повинен перевищувати парціальний тиск пари рідинного теплоносія у парогазовій суміші, необхідно зменшувати радіус кривизни поверхні рідинного теплоносія, тобто намагатися отримати максимально дрібні краплі рідинного теплоносія. В зоні конденсації, навпаки, парціальний тиск пари рідинного теплоносія у парогазовій суміші повинен перевищувати тиск пари у при поверхневому шарі рідинного теплоносія, тому необхідно зменшувати кривизну поверхні рідинного теплоносія.

Також структурне розділення зон випаровування та конденсації пов'язане з тим, що для інтенсифікації процесу у зону конденсації необхідно подавати максимально насичену парогазову суміш, яка досягається при температурі мокрого термометра та відповідної тепловмісту ентальпії потоку нагрітих газів на вході в контактну камеру.

Рух рідинного теплоносія у напрямку руху потоку нагрітих газів у зоні випаровування підвищує ефективність випаровування у зоні випаровування.

Рух рідинного теплоносія у напрямку, протилежному руху потоку нагрітих газів у зоні конденсації, підвищує ефективність теплообміну у зоні конденсації.

Здійснення розпилення рідинного теплоносія за допомогою форсунок дозволяє отримати максимально рівномірний розподіл потоку рідинного теплоносія у потоці парогазової суміші та збільшення реактивної поверхні контактуючих середовищ - рідинного теплоносія та потоку нагрітих газів.

Розташування зони конденсації в одному об'ємі із зоною випаровування дозволяє отримати більш компактную конструкцію теплогенератора, за допомогою якого може бути реалізований запропонований спосіб.

Застосування заявленого способу дозволяє отримати підвищення ефективності теплообміну у теплогенераторі та збільшення компактності теплогенератора для реалізації заявленого способу.