



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 88350

(13) C2

(51) МПК (2009)

F22B 1/00

F22B 37/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПАРОГЕНЕРАТОР ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПУ КОНСТРУКЦІЇ

1

(21) а200709315  
(22) 10.02.2006  
(24) 12.10.2009  
(86) РСТ/ЕР2006/050851, 10.02.2006  
(31) 05003268.9  
(32) 16.02.2005  
(33) ЕР  
(46) 12.10.2009, Бюл.№ 19, 2009 р.  
(72) БРЮККНЕР ЯН, DE, ФРАНКЕ ЙОАХИМ, DE, КРАЛЬ РУДОЛЬФ, DE  
(73) СІМЕНС АКЦІЕНГЕЗЕЛЬШАФТ, DE  
(56) US 4572110, 25.02.1986  
US 6055803, 02.05.2000  
ЕР 1398564 А1, 17.03.2004  
US 6189491 В1, 20.02.2001  
(57) 1. Парогенератор (1), в якому в каналі топкового газу (6), через який протікає приблизно в горизонтальному напрямі топковий газ (х), розташована випарна прямоточна поверхня нагріву (8), яка містить велику кількість паралельно включених для проходження текучого середовища труб (12) парогенераторів, з великою кількістю підключених на стороні текучого середовища після деяких труб (12) парогенераторів вихідних колекторів (20), який **відрізняється** тим, що вихідний колектор або кожний вихідний колектор (20) відповідно містить інтегрований водовіддільний елемент (28), через який відповідний вихідний колектор (20) на стороні пари сполучений з великою кількістю підключених після нього перегрівальних труб (22) перегрівальної поверхні нагріву (10).  
2. Парогенератор (1) за пунктом 1, який **відрізняється** тим, що вихідний колектор або кожний вихідний колектор (20) відповідно виконаний в основному у вигляді циліндрового тіла (32), яке на своєму не сполученому з трубами (12) парогенераторів кінці (36) сполучене з водовідвідним відрізком труби (38).  
3. Парогенератор (1) за пунктом 2, який **відрізняється** тим, що від відповідного циліндрового тіла (32) або від відповідного водовідвідного відрізка труби (38) відгалужується вихідний відрізок труби (34) для текучого середовища.

2

4. Парогенератор (1) за пунктом 2 або 3, який **відрізняється** тим, що циліндрове тіло (32) або водовідвідний відрізок труби (38) своїм відповідним поздовжнім напрямом розташований у напрямі течії похило вниз відносно горизонталі.  
5. Парогенератор (1) за будь-яким з пунктів 1-4, який **відрізняється** тим, що деякі або всі водовіддільні елементи (28) сполучені групами відповідно з одним вихідним колектором (40).  
6. Парогенератор (1) за пунктом 5, який **відрізняється** тим, що після відповідного вихідного колектора (40) включений водозбірний бак (42).  
7. Парогенератор (1) за пунктом 6, який **відрізняється** тим, що у підключену до водозбірного бака (42) зливну лінію (44) включений керований через відповідний регулювальний пристрій (60) встановлювальний клапан (64), причому регулювальний пристрій (60) навантажений вхідним значенням, характеристичним для ентальпії текучого середовища на виході на стороні пари підключеної після водовіддільної системи перегрівальної поверхні нагріву (10).  
8. Парогенератор (1) за пунктом 7, який **відрізняється** тим, що через регулювальний пристрій (60) є керованим доданий у відповідність трубам (12) парогенераторів циркуляційний насос (66).  
9. Парогенератор (1) за будь-яким з пунктів 1-8, який **відрізняється** тим, що вихідний колектор або кожний вихідний колектор (20) розташований вище за канал топкового газу (6).  
10. Парогенератор (1) за будь-яким з пунктів 1-9, який **відрізняється** тим, що випарна прямоточна поверхня нагріву (8) розрахована так, що у порівнянні з наступною трубою (12) парогенератора однієї і тієї ж випарної прямоточної поверхні нагріву (8) перегріта труба (12) парогенератора має у порівнянні з наступною трубою (12) парогенератора більш високу витрату текучого середовища.  
11. Парогенератор (1) за будь-яким з пунктів 1-10, який **відрізняється** тим, що перед каналом топкового газу (6) на стороні топкового газу включена газова турбіна.

(19) UA (11) 88350 (13) C2

Винахід стосується парогенератора, в якому в каналі топкового газу, через який протікає топковий газ приблизно в горизонтальному напрямі, розташована випарна прямоточна поверхня нагріву, яка містить велику кількість включених паралельно для протікання текучого середовища труб парогенераторів, з великою кількістю підключених після деяких парогенераторних труб на стороні текучого середовища вихідних колекторів.

У разі парогазотурбінної установки тепло, що міститься в розширеному робочому середовищі або топковому газі з газової турбіни, використовують для виробництва пари для парової турбіни. Теплопередача відбувається у включеному після газової турбіни парогенераторі на відхідному теплі (котлі-утилізаторі), в якому звичайно розташована велика кількість поверхонь нагріву для підігріву води, для виробництва пари і для перегріву пари. Поверхні нагріву включені у пароводяний контур парової турбіни. Пароводяний контур охоплює зазвичай декілька, наприклад, три ступені тиску, причому кожний ступінь тиску може містити випарну поверхню нагріву.

Для парогенератора, підключеного після газової турбіни на стороні топкового газу як парогенератор на відхідному теплі, беруться до уваги багато альтернативних концепцій розрахунку, а саме, розрахунок у вигляді прямоточного парогенератора або розрахунок у вигляді парогенератора з примусовою циркуляцією. У прямоточному парогенераторі нагрів труб парогенераторів, передбачених як випарні труби, приводить до випаровування текучого середовища в трубах парогенераторів за одноразовий прохід. У протилежність цьому в парогенераторі з природною або примусовою циркуляцією вода, що направляється в контурі, випаровується при одному проході через випарні труби тільки частково. Воду, яка при цьому не випарувалася, після відділення виробленої пари знову підводять до тих же самих випарних труб для подальшого випаровування.

Прямоточний парогенератор у протилежність до парогенератора з природною або примусовою циркуляцією не підлягає ніякому обмеженню тиску так, що він може бути розрахований для тиску свіжої пари значно вищого за критичний тиск води ( $P_{\text{кри}} = 221$  бар), де не існує ніякої відмінності фаз вода і пара і тим самим також не можливе ніяке розділення фаз. Високий тиск свіжої пари сприяє досягненню високого теплового коефіцієнта корисної дії і тим самим низьких емісій  $\text{CO}_2$  електростанції, яка працює на викопному паливі. Крім того, прямоточний парогенератор у порівнянні з парогенератором з примусовою циркуляцією має просту конструкцію і таким чином може виготовлятися з особливо низькими витратами. Вживання парогенератора, розрахованого за прямоточним принципом, як парогенератор на відхідному теплі парогазотурбінної установки, є тому особливо вигідним для досягнення високого загального коефіцієнта корисної дії парогазотурбінної установки при простій конструкції.

Особливі переваги щодо витрат на виготовлення, але також і щодо необхідних робіт по техні-

чному обслуговуванню пропонує парогенератор на відхідному теплі горизонтального типу конструкції, в якому нагрівальне середовище або топковий газ, тобто відхідний газ з газової турбіни, проходить через парогенератор у приблизно горизонтальному напрямі потоку. Подібний парогенератор, який при розрахунку у вигляді прямоточного парогенератора з порівняно малими будівельними і конструктивними витратами має особливо високий ступінь стабільності потоку, є відомим, наприклад, з WO 2004/025176 A1. Цей парогенератор має випарну прямоточну поверхню нагріву, яка містить велику кількість включених паралельно для протікання текучого середовища труб парогенераторів або випарних труб. При цьому для того, щоб між розташованими при розгляді у напрямі топкового газу одна за одною випарними трубами забезпечити гомогенізацію і стабільність умов потоку, цей прямоточний парогенератор має велику кількість включених після випарної прямоточної поверхні нагріву вихідних колекторів, які орієнтовані своїм поздовжнім напрямом в основному паралельно до напрямку топкового газу і тим самим приймають текуче середовище, яке витікає з розташованих при розгляді у напрямі топкового газу одна за одною і тим самим по різному нагрітих випарних труб. Ці вихідні колектори випарної прямоточної поверхні нагріву служать рівним чином як вхідний розподільник для включеної після них перегрівальної поверхні нагріву.

Загалом прямоточний парогенератор у режимі слабкого навантаження або при запуску експлуатують з мінімальним потоком текучого середовища у випарних трубах, щоб забезпечити надійне охолодження випарних труб і щоб уникнути можливого паротворення на підігрівальній поверхні нагріву, включеній на стороні текучого середовища перед випарною прямоточною поверхнею нагріву. Цей мінімальний потік в режимі запуску або в режимі слабкого навантаження не випаровують повністю у випарних трубах так, що при подібному виді експлуатації на кінці випарних труб є ще не випароване текуче середовище. Іншими словами: при цьому виді експлуатації з випарних труб виходить пароводяна суміш. Звичайно, розподіл подібної пароводяної суміші у зазвичай включені після випарних труб перегрівальні труби в прямоточному парогенераторі є, як правило, неможливим; зазвичай передбачений розподіл припускає, що підлягаюче розподілу текуче середовище містить виключно парові складові. Тому, як правило, в режимі запуску або в режимі слабкого навантаження прямоточного парогенератора на виході випарної прямоточної, поверхні нагріву потрібне розділення води і пари, яке відбувається, як правило, в так званих циклонних сепараторах.

Обумовлене типом конструкції проточне живлення цих циклонних сепараторів водою є можливим тільки умовно. Поверхня нагріву, яка може бути використаною для випаровування, повинна таким чином лежати при розгляді у напрямі потоку текучого середовища перед сепараторами і є тим самим обмеженою. Це має слідством, що температуру свіжої пари можна регулювати тільки у ву-

зких межах за рахунок кількості живильної води, причому для більшого діапазону регулювання потрібні, як правило, уприскувальні пароохолоджувачі. Пов'язане з цими аспектами обмеження експлуатаційної гнучкості обумовлює разом з високими апаратними витратами зазвичай, як правило, небажано довгі терміни запуску і терміни реакції при змінах навантаження прямоточного парогенератора в режимі слабкого навантаження.

В основі винаходу тому лежить задача показати прямоточний парогенератор вище названого виду, який при підтримуваних малими витратах на виготовлення також в режимі запуску або в режимі слабкого навантаження дозволяє мати особливо високу експлуатаційну гнучкість і тим самим, зокрема, також підтримувані малими терміни пуску і зміни навантаження.

Ця задача вирішується згідно з винаходом за рахунок того, що вихідний колектор або кожний вихідний колектор відповідно містить інтегрований водовіддільний елемент, через який відповідний вихідний колектор на стороні текучого середовища пов'язаний з великою кількістю підключених перегрівальних труб перегрівальної поверхні нагріву.

Винахід виходить при цьому з міркування, що для досягнення особливо високої експлуатаційної гнучкості також в режимі пуску в дію або в режимі слабкого навантаження для цілей випаровування повинна бути б використана особливо висока частина поверхонь нагріву, що є в цілому в розпорядженні. При цьому, зокрема, потрібно також мати можливість повертати для випаровування текучого середовища у разі потреби, тобто якраз для цілей пуску або слабкого навантаження, перегрівальну поверхню нагріву, підключену після випарної прямоточної поверхні нагріву. Згідно з цим кінцева точка випаровування повинна б бути зміщеною на перегрівальну поверхню нагріву. Щоб зробити це можливим, перехідна область між випарною прямоточною поверхнею нагріву і наступною перегрівальною поверхнею нагріву повинна бути б розрахована так, щоб було можливим переливання води на перегрівальну поверхню нагріву. У зв'язку з проблемами розподілу, які зазвичай супроводжують проточне переливання води, водовіддільна система, яка включена між випарною прямоточною поверхнею нагріву і перегрівальною поверхнею нагріву, тому повинна бути розрахована так, щоб складний розподіл не був потрібен. Це може бути досягнуто за рахунок того, що водовіддільна система на відміну від звичайно передбаченого централізованого розділення води і пари виконана децентралізованою, причому функція відділення інтегрована по групах труб у велику кількість паралельно включених, доданих у відповідність окремим групам труб конструктивних елементів. Для цього передбачені так чи інакше обумовлені конструктивним виконанням, додані у відповідність тільки невеликій кількості випарних труб, орієнтовані своїм поздовжнім напрямом у напрямі топкового газу вихідні колектори.

Переважаючим чином вихідні колектори розраховані при цьому на необхідне відділення води і пари за принципом інерційної сепарації. При цьому

використовують знання, що внаслідок значних інерційних відмінностей між парою, з одного боку, і водою, з другого боку, парова складова пароводяної суміші в наявному потоці може піддаватися відхиленню значно легше, ніж водяна складова. Якраз при інтеграції функції водовідділення у вихідний колектор або у вихідні колектори це можна реалізовувати особливо простим чином за рахунок того, що переважним чином відповідний вихідний колектор виконаний в основному у вигляді циліндрового тіла, яке на своєму не сполученому з трубами парогенераторів кінці сполучено з водовідвідним відрізком труби.

При цьому у подальшій переважній формі виконання від відповідного циліндрового тіла або від відповідного водовідвідного відрізка труби відгалужується вихідний відрізок труби для текучого середовища, який доцільно сполучений з великою кількістю підключених перегрівальних труб. В цій формі виконання забезпечений інтегрованою функцією водовідділення вихідний колектор тим самим в основному виконаний у вигляді Т-подібної деталі, в якій циліндрове тіло утворює канал, що протікає в основному прямолінійно, в якому внаслідок своєї порівняно високої інерційності переважно направляється водяна складова текучого середовища. Від цього каналу відгалужується вихідний відрізок труби, в який внаслідок своєї порівняно малої інерційності переважно відхиляється парова складова текучого середовища.

Переважаючим чином вихідні колектори - при розгляді зверху - орієнтовані своїм поздовжнім напрямом в основному паралельно до напрямку топкового газу так, що вони приймають текуче середовище, яке витікає з розташованих одна за одною при розгляді у напрямі топкового газу і тим самим по різному нагрітих випарних труб. При розгляді у бічному напрямі вихідні колектори можуть бути орієнтовані так само загально паралельно до напрямку топкового газу. Особливо висока сепарувальна дія є досяжною за рахунок того, що вихідний колектор з інтегрованою функцією відділення переважним чином розрахований так, що водяна складова текучого середовища, з одного боку, переважно направляється на протилежній відгалуженому вихідному відрізку труби внутрішній стінці циліндрового тіла і, з іншої сторони, підтримується відведення води. Для цього циліндрове тіло і/або водовідвідний відрізок труби переважним чином розташований своїм поздовжнім напрямом відносно горизонталі при розгляді у напрямі потоку текучого середовища нахиленим вниз. Нахил може бути при цьому також виражений порівняно сильно так, що циліндрове тіло в основному орієнтовано вертикально. При цьому названа інерційна сепарація ще додатково підтримується за рахунок дії сили ваги на водяну складову текучого середовища, що тече в циліндровому тілі.

Особливо проста конструкція відносно напрямку потоку відокремленої води може бути досягнута за рахунок того, що переважним чином деякі або всі водовіддільні елементи на стороні виходу води сполучені групами відповідно із загальним вихідним колектором, після якого, зі свого боку, в

подальшій переважній формі виконання включений водозбірний бак.

При розділенні води і пари у водовіддільній системі можна відділяти або майже всю водяну складову так, що на подальші перегрівальні труби ще передається тільки випароване текуче середовище. В цьому випадку кінцева точка випаровування лежить або ще у випарних трубах або фіксована в самій водовіддільній системі. Альтернативно проте можна відділяти також тільки частину води, що поступає, причому текуче середовище, що залишилося ще не випарованим, разом з випарованим текучим середовищем, передається у наступні перегрівальні труби. В цьому випадку, який має значення, зокрема, при накладанні додаткової циркуляції на власний потік середовища в режимі слабкого навантаження або в режимі пуску, кінцева точка випаровування зміщується у перегрівальні труби.

В названому останнім випадку, що позначається також як переливання віддільного пристрою, спочатку повністю заповнюються водою підключені після водовіддільних елементів на стороні води компоненти, як, наприклад, вихідний колектор або водозбірний бак так, що при воді, яка все ще притікає, у відповідних частинах лінії утворюється зворотний підпір. Як тільки цей підпір досягає водовіддільних елементів, принаймні частковий потік води, що знов притікає, разом з парою, яка направляється в потоці текучого середовища, передається далі на наступні перегрівальні труби. За об'ємом цей частковий потік відповідає при цьому кількості води, яка не може бути прийнята компонентами, підключеними після водовіддільних елементів на стороні води. Щоб в цьому режимі роботи так званого переливання віддільної системи забезпечити особливо високу експлуатаційну гнучкість, переважним чином у підключену до водозбірного бака зливну лінію введений встановлюваний вентиль, керований через відповідний регулювальний пристрій. Регулювальний пристрій є при цьому переважним чином навантажуваним вхідним значенням, характеристичним для ентальпії текучого середовища на виході на стороні пари перегрівальної поверхні нагріву, підключеної після водовіддільної системи.

За допомогою подібної системи в режимі роботи переливаної віддільної системи за допомогою націленого керування вентилем, включеним у зливну лінію водозбірного бака, можна регулювати масопотік, що витікає з водозбірного бака. Оскільки останній замінюють відповідним масопотоком води з водовіддільних елементів, таким чином масовий потік, який потрапляє з водовіддільних елементів у систему колектора, є також таким, що настроюється. Тим самим у свою чергу є таким, що настроюється, також залишковий частковий потік, який разом з парою передається далі у перегрівальні труби так, що за рахунок відповідного регулювання цього часткового потоку, наприклад, на кінці підключеної перегрівальної поверхні нагріву можна підтримувати задану ентальпію. Альтернативно або додатково можна впливати на переданий разом з парою на перегрівальні труби частковий потік води шляхом відповідного керу-

вання накладеною циркуляцією. Для цього у подальшій або альтернативній переважній формі виконання через регулювальний пристрій є керованим циркуляційний насос, який відноситься до випарних труб.

Переважним чином забезпечений відповідно інтегрованою водовіддільною функцією вихідний колектор розрахований на використання сили ваги для полегшення відведення відокремленої води. Для цього вихідний колектор або кожний вихідний колектор розташований переважним чином вище за канал топкового газу.

Особливо висока експлуатаційна стабільність парогенератора є досяжною за рахунок того, що випарна прямооточна поверхня нагріву є розрахованою на самостабілізуючу поведінку потоку при відмінностях нагріву, що з'являються, між окремими трубами парогенераторів прямооточної поверхні нагріву. Це є досяжним за рахунок того, що випарна прямооточна поверхня нагріву в особливо переважному виконанні розрахована таким чином, що більш нагріта у порівнянні з наступною трубою парогенератора тієї ж самої прямооточної поверхні нагріву труба парогенератора має у порівнянні з іншою трубою парогенератора більш високу витрату текучого середовища. Розрахована таким чином випарна прямооточна поверхня нагріву проявляє тим самим по типу характеристики потоку випарної поверхні нагріву з природною циркуляцією (характеристика природної циркуляції) при різному нагріві, що з'являється, окремим труб парогенераторів самостабілізуючу поведінку, яка без необхідності зовнішньої дії приводить до вирівнювання температур на стороні виходу також на по різному нагрітих, паралельно включених на стороні текучого середовища трубах парогенераторів.

Доцільним чином парогенератор використовується як парогенератор на відхідному теплі парогазотурбінної установки. При цьому парогенератор переважним чином включений на стороні топкового газу після газової турбіни. При цьому включенні доцільним чином після газової турбіни може бути розташована додаткова топкова камера для підвищення температури топкового газу.

Досягнуті винаходом переваги полягають, зокрема, в тому, що за допомогою інтеграції функції водовідділення у вихідні колектори можна надати у розпорядження виконану децентралізовану водовіддільну систему, при якій внаслідок невеликої кількості підключених після кожного окремого водовіддільника перегрівальних труб може відпасти необхідність у складній розподільній системі. Тим самим є можливим також переливання не випарованого текучого середовища за рахунок водовіддільників так, що кінцеву точку випаровування при необхідності можна зміщувати у перегрівальні труби. Тим самим якраз у режимі пуску або слабкого навантаження особливо великі частини поверхонь нагріву використовуються для цілей випаровування, причому до того ж є досяжною особливо висока експлуатаційна гнучкість також у разі цих режимів експлуатації. Зокрема, за допомогою Т-подібного виконання вихідного колектора у вигляді циліндрового тіла з відгалуженим вихідним відрізком труби можна до того ж забезпечува-

ти простими засобами надійне водовідділення за принципом інерційної сепарації.

Приклад виконання винаходу пояснюється більш детально за допомогою креслення. При цьому Фігура показує у спрощеному вигляді у поздовжньому перерізі випарну секцію парогенератора горизонтального типу конструкції.

Показаний на Фігурі зі своєю випарною секцією парогенератор 1 підключений по типу парогенератора на відхідному теплої на стороні відхідного газу після не представленої більш детально на кресленні газової турбіни. Парогенератор 1 містить захисну стінку 2, яка утворює канал 6 для відхідного газу з газової турбіни, що протікає приблизно в горизонтальному позначеному стрілкою 4 напрямі топкового газу х. В каналі топкового газу 6 розташована розрахована за прямооточним принципом випарна прямооточна поверхня нагріву 8, після якої для протікання текучого середовища W, D включена перегрівальна поверхня нагріву 10.

Випарна прямооточна поверхня нагріву 8 навантажується не випарованим текучим середовищем W, яке в режимі нормального або повного навантаження при однократному проході через випарну прямооточну поверхню нагріву 8 випаровується і після виходу з випарної прямооточної поверхні нагріву 8 у вигляді пари D подається до перегрівальної поверхні нагріву 10. Утворена з випарної прямооточної поверхні нагріву 8 і перегрівальної поверхні нагріву 10 випарна система включена у не представлений більш детально пароводяний контур парової турбіни. Додатково до цієї випарної системи у пароводяний контур парової турбіни включена велика кількість наступних, не представлених на Фіг. більш детально поверхонь нагріву, у разі яких може йтися, наприклад, про перегрівачі, випарники середнього тиску, випарники низького тиску і/або про підігрівачі.

Випарна прямооточна поверхня нагріву 8 утворена великою кількістю включених паралельно для проходження текучого середовища W труб парогенераторів 12. Труби парогенераторів 12 при цьому орієнтовані своєю поздовжньою віссю в основному вертикально і розраховані для протікання текучого середовища W від нижньої вхідної області до верхньої вихідної області, тобто від низу до верху.

При цьому випарна прямооточна поверхня нагріву 8 містить по типу пучка труб велику кількість розташованих одна за одною при розгляді у напрямі топкового газу х трубних шарів 14, кожний з яких утворений великою кількістю розташованих поряд одна з одною при розгляді у напрямі топкового газу х труб парогенераторів 12, і з яких на Фіг. відповідно видно тільки одну трубу парогенератора. Кожний трубний шар 14 при цьому може містити до 200 труб парогенераторів 12. Перед трубами парогенераторів 12 кожного трубного шару 14 при цьому включений загальний, орієнтований своїм поздовжнім напрямом в основному перпендикулярно до напрямку топкового газу х і розташований нижче за канал топкового газу 6 вхідний колектор 16. Альтернативно один загальний вхідний колектор 16 може відноситись також до великої кількості трубних шарів 14. Вхідні колектори 16 підключені

при цьому до показаної на Фіг. тільки схематично системи подачі води 18, яка може містити розподільну систему для розподілу при необхідності потоку текучого середовища W по вхідних колекторах 16. На стороні виходу і тим самим в області вище за канал топкового газу 6 труби парогенераторів 12, що створюють випарну прямооточну поверхню нагріву 8, впадають у велику кількість доданих у відповідність вихідних колекторів 20.

Аналогічно перегрівальна поверхня нагріву 10 утворена великою кількістю перегрівальних труб 22. Останні розраховані в прикладі виконання на протікання текучого середовища у низхідному напрямі, тобто зверху вниз. На стороні входу перед перегрівальними трубами 22 підключено велику кількість розподільників 24, виконаних у вигляді так званих Т-подібних розподільників. На стороні виходу перегрівальні труби 22 впадають у загальний колектор свіжої пари 26, від якого перегріта свіжа пара подається не показаним більш детально чином до відповідної парової турбіни. У прикладі виконання колектор свіжої пари 26 розташований нижче за канал топкового газу 6. Альтернативно перегрівальна поверхня нагріву 10 могла б мати U-подібно виконані перегрівальні труби 22. В цьому не представленому на Фіг. більш детально випадку кожна перегрівальна труба 22 містить відповідно відрізок опускної труби і підключений після нього відрізок підйомної труби, причому колектор свіжої пари 26 точно так, як і вихідний колектор 20 розташований вище за канал топкового газу 6. Між відрізком опускної труби і відрізком підйомної труби при цьому може бути включений дренажний колектор.

Випарна прямооточна поверхня нагріву 8 розрахована таким чином, що вона є придатною для живлення труб парогенераторів 12 з порівняно низькою густиною масопотоку, причому розрахункові співвідношення потоку в трубах парогенераторів 12 мають характеристики природної циркуляції. У разі цієї характеристики природної циркуляції труба парогенератора 12, більш нагріта у порівнянні з наступною трубою парогенератора 12 тієї ж самої випарної прямооточної поверхні нагріву 8, має у порівнянні з наступною трубою парогенератора 12 більш високу витрату текучого середовища W.

Парогенератор 1 розрахований на надійний, однорідний напрямок потоку при конструкції, яка залишається порівняно простою. При цьому передбачена згідно з розрахунком для прямооточної поверхні нагріву 8 характеристика природної циркуляції використана послідовно для витриманої простою розподільної системи. Річ в тому, що ця характеристика природної циркуляції і пов'язана з нею, передбачена згідно з розрахунком, підтримується порівняно низькою густиною масопотоку дозволяють об'єднання часткових потоків з розташованих при розгляді у напрямі потоку топкового газу х одна після іншої і тим самим по різному нагрітих труб парогенераторів 12 у загальний простір. При економії самостійної складної розподільної системи таким чином є можливим зміщення змішування витікаючої з випарної прямооточної поверхні нагріву

ву 8 текучого середовища W у вихідний колектор або вихідні колектори 20.

Для того, щоб можливо менше погіршувати при цьому досягнуту гомогенізацію текучого середовища W, витікаючого з по різному розташованих при розгляді у напрямі потоку топкового газу x і тим самим по різному нагрітих труб парогенераторів 12, при подальшому спрямовуванні в наступну систему, кожний з розташованих в основному паралельно один одному і поряд один з одним вихідних колекторів 20, з яких на Фіг. видно тільки один, направлений своєю поздовжньою віссю в основному паралельно до напрямку потоку топкового газу x. Кількість вихідних колекторів 20 при цьому узгоджено з кількістю труб парогенераторів 12 в кожному трубному шарі 14 так, що в основному до розташованих одна за одною, створюючих так звану випарну пластину труб парогенераторів 12 відповідно відноситься один вихідний колектор 20. Аналогічно також розподільники 24 орієнтовані своєю поздовжньою віссю паралельно до напрямку топкового газу x так, що до позиціонованих в основному відповідно одна за одною перегрівальних труб 22 відповідно доданий у відповідність один розподільник 24.

Парогенератор 1 розрахований для того, щоб при необхідності, зокрема, в режимі запуску або слабкого навантаження, трубам парогенераторів 12 можна було накладати ще додатково до випаровуваного масопотоку текучого середовища з причин експлуатаційної надійності ще інший циркуляційний масопотік текучого середовища. Для забезпечення при цьому особливо високої експлуатаційної гнучкості і тим самим, зокрема, підтримуваних малими термінів запуску і термінів зміни навантаження і досягнення можливості використання особливо високої частини поверхонь нагріву, передбачено, що в цьому режимі експлуатації кінцеву точку випаровування можна при необхідності зміщувати від труб парогенераторів 12 у перегрівальні труби 22. Щоб здійснити це з підтримуваними порівняно малими витратами на виготовлення, кожний з вихідних колекторів 20 містить інтегрований водовіддільний елемент 28, через який відповідний вихідний колектор 20 сполучений через перепускную трубу 30 на стороні текучого середовища з одним з підключених розподільників 24. За рахунок цього конструктивного виконання, зокрема, забезпечено, що після розділення води і пари складний розподіл пароводяної суміші на перегрівальні труби 22 не потрібен.

Для високої віддільної дії при високій експлуатаційній надійності забезпечені відповідно інтегрованою віддільною функцією вихідні колектори 20 розраховані на поняття інерційної сепарації пароводяної суміші. При цьому використовують знання того, що водяна складова пароводяної суміші внаслідок своєї порівняно великої інерційності в місці розгалуження переважно тече далі прямо у своєму напрямі потоку, тоді як парова складова внаслідок своєї порівняно меншої інерційності може порівняно легше слідувати вимушеному відхиленню. Щоб використовувати це для особливо простої конструкції водовідділення, вихідні колектори 20 виконані по типу Т-подібних деталей, причому від основно-

го тіла, в основному виконаного у вигляді циліндрового тіла 32, відгалужується впадаючий у відповідну перепускную трубу 30 вихідний відрізок труби 34 для текучого середовища.

Виконане у вигляді циліндрового тіла 32 основне тіло відповідного вихідного колектора 20 при цьому на своєму не сполученому з трубами парогенераторів 12 кінці 36 сполучено з водовідвідним відрізком труби 38. За рахунок цієї конструкції водяна складова пароводяної суміші тече тим самим у вихідному колекторі 20 на місці відгалуження вихідного відрізка труби 34, що створює відповідно інтегрований водовіддільний елемент 28, переважно в аксіальному напрямі далі і потрапляє тим самим через кінець 36 у водовідвідний відрізок труби 38. У протилежність цьому парова складова пароводяної суміші, що тече в циліндровому тілі 32, внаслідок своєї порівняно меншої інерційності може краще слідувати вимушеному відхиленню і тече тим самим через вихідний відрізок труби 34 і інші проміжно включені компоненти переважно до підключених далі перегрівальних труб 22. Для посилення досягнутої при цьому віддільної дії і/або для полегшеного відведення води циліндрове тіло 32 може бути розташоване своїм поздовжнім напрямом відносно горизонталі у напрямі потоку похило вниз.

На стороні виходу води, тобто через водовідвідні відрізки труби 38 інтегровані у вихідні колектори 20 водовіддільні елементи 28 сполучені групами з відповідно одним загальним вихідним колектором 40. Після нього підключений водозбірний бак 42, зокрема, балон-сепаратор. Водозбірний бак 42 на стороні виходу сполучений через підключену зливну лінію 44, від якої також відгалужується сполучена з каналізаційною системою відвідна лінія 45, з системою подачі води 18 прямої випарної поверхні нагріву 8 так, що виникає замкнуто працюючий циркуляційний контур. Через цей циркуляційний контур в режимі запуску, слабкого або часткового навантаження на випаровуване текуче середовище, що тече в трубах парогенераторів 12, можна накладати додаткову циркуляцію для підвищення експлуатаційної надійності. Залежно від вимоги експлуатації або при необхідності віддільну систему, утворену інтегрованими водовіддільними елементами 28, при цьому можна експлуатувати таким чином, що всю воду, яка ще направляється на виході труб парогенераторів 12, відділяють від текучого середовища і на перегрівальні труби 22 передають далі тільки випароване текуче середовище.

Альтернативно водовіддільну систему можна проте експлуатувати також у так званому режимі переливання, при якому з текучого середовища відділяють не всю воду, а передають разом з паром на перегрівальні труби 22 ще частковий потік води, що направляється разом. При цьому режимі роботи кінцева точка випаровування зміщується всередину у перегрівальні труби 22. В подібному режимі переливання спочатку повністю наповнюються водою як водозбірний бак 42, так і включені перед ним вихідні колектори 40 так, що утворюється зворотний підпір аж до перехідної області відповідного водовіддільного елемента 28, на яко-

му відгалужується вихідний відрізок труби 34. У зв'язку з цим зворотним підпором також водяна складова текучого середовища, що притікає до водовіддільних елементів 28, зазнає принаймні частково відхилення і потрапляє тим самим разом з паром у вихідний відрізок труби 34. Висота часткового потоку, який при цьому підводиться разом з паром до перегрівальних труб 22, виходить при цьому, з одного боку, зі всього масопотоку води, підведеного до відповідного водовіддільного елемента 28, і, з другого боку, з відведеного через водовідвідний відрізок труби 38 часткового масопотоку. Тим самим за рахунок відповідної зміни підведеного масопотоку води і/або відведеного через водовідвідний відрізок труби 38 масопотоку води можна встановлювати передаваний далі у перегрівальні труби 22 масопотік невідпарованого текучого середовища. Тим самим є можливим за рахунок управління однією або обома названими величинами встановлювати складову переданого далі у перегрівальні труби 22 невідпарованого текучого середовища таким чином, що на кінці перегрівальної поверхні нагріву 22 встановлюється задана ентальпія.

Щоб зробити це можливим, водовіддільній системі додано у відповідність регулювальний при-

стрій 60, який на стороні входу сполучений з чутливим елементом 62, виконаним для визначення параметра, що характеризує ентальпію на кінці димового газу перегрівальної поверхні нагріву 22. На стороні виходу регулювальний пристрій 60 діє, з одного боку, на встановлювальний вентиль 64, включений у зливну лінію 44 водозбірного баку 42. Тим самим, за допомогою націленого управління встановлювальним вентилем 64 можна задавати потік води, який відбирають з віддільної системи. Цей масопотік можна знову-таки витягувати з текучого середовища у водовіддільних елементах 28 і направляти далі до наступних систем колекторів. Таким чином за рахунок управління встановлювальним вентилем 64 можна здійснювати вплив на відповідно відгалужений у водовіддільному елементі 28 водяний потік і тим самим здійснювати вплив на водяну складову, що передавану далі у текучому середовищі після відділення у перегрівальні поверхні нагріву 22. Альтернативно або додатково регулювальний пристрій 60 ще може впливати на циркуляційний насос 66, включений у зливну лінію 44, так, що можна відповідно також встановлювати швидкість притоку середовища у водовіддільну систему.

