

Винахід стосується підвісного парогенератора, що має верхню частину з трубною стінкою із вертикальних труб і розміщених між ними вертикальних ребер і підвішену на вертикальній трубній стінці нижню частину з трубною стінкою із похилих труб і розміщених між ними похилих ребер.

Трубні стінки потужних парогенераторів, що працюють за принципами примусового протікання чи примусової циркуляції на сьогоднішній день виконані у вигляді мембранних трубних стінок із трубно-реберних конструкцій. Для надання парогенератору можливості вільного розширення він підвішений у каркасі котла. Для цього каркас котла має кришку, на якій підвішено несучий анкер парогенератора. Таким чином, усе навантаження парогенератора приймає кришка каркаса котла.

Зі свого боку, парогенератор має бути виконаний таким чином, щоб загальна вага, яка складається із власної ваги, ваги води, попелу і т.п. могла бути передана кришці каркасу котла. Верхня частина парогенератора має мембранні трубні стінки, у яких труби орієнтовані вертикально і теплоносії протікає в них вертикально (в цьому тексті називаються стінками вертикальних труб). На противагу цьому у нижній частині парогенератора камера згоряння оточена мембранними трубними стінками, орієнтованими не вертикально, а похило відносно горизонталі (в цьому тексті називаються стінками похилих труб).

Прикладення навантаження у стінці вертикальних труб парогенератора здійснюється вздовж поздовжньої осі вертикальних труб, тому вони навантажені на поздовжній розтяг.

На противагу цьому у нижній частині парогенератора прикладення навантаження у стінці похилих труб здійснюється під невеликими кутами впоперек поздовжньої осі похилих труб. Тому слабкіший у порівнянні з поздовжнім перерізом поперечний переріз труб зазнає частини виникаючих навантажень.

Для розвантаження цих поперечних перерізів труб у публікації DE 26 21 189 B запропоновано підтримувати нижню частину парогенератора за допомогою зовнішніх тягових чи несучих елементів, закріплених на верхній частині парогенератора. Тягові елементи у формі тягових стрічок простягаються по усій висоті стінки похилих труб, на якій вони закріплені за допомогою вставок, зварювальних колодок чи затискачів, і закінчуються над стінкою похилих труб на стінці вертикальних труб, до якої вони приварені за допомогою головок для стрічок, формованих елементів, наварних пластин, провусин чи інших з'єднувальних елементів. Таким чином, тягові чи несучі елементи передають навантаження від нижньої частини парогенератора зі стінкою похилих труб на стінку вертикальних труб верхньої частини парогенератора.

Однак у разі таких зовнішніх тягових елементів, які за допомогою з'єднувальних елементів приварені до стінки похилих труб, має бути забезпечена добра теплопередача від трубних стінок до тягових елементів. Разом з тим, при кожній зміні навантаження парогенератора у стінці похилих труб виникають змінні зусилля, зумовлені затримкою теплового розширення тягових елементів відносно стінки мембранних труб. Крім того, виконання численних з'єднань тягових елементів зі стінкою похилих труб означає значні конструктивні і зварювальні витрати. Тому згідно з іншою пропозицією, відомою із публікації DE 23 16 135 A, нижня частина парогенератора, яка безпосередньо приварена до вертикальних труб верхньої частини парогенератора, своєю трубною решіткою через шарнірні опори спирається на несучі елементи, які у свою чергу за допомогою тягових анкерів підвішені на стінці вертикальних труб верхньої частини парогенератора. Однак ця відома пропозиція означає значні конструктивні витрати при збільшеній за рахунок несучих елементів вазі, яка має бути прикладена до стінки вертикальних труб.

Задачею винаходу є значне зниження конструктивних витрат на підвішування нижньої частини парогенератора.

Предметом винаходу є підвісний парогенератор, що містить верхню частину зі стінкою вертикальних труб і розміщеними між ними вертикальними ребрами і підвішену на стінці вертикальних труб нижню частину зі стінкою похилих труб і розміщеними між ними похилими ребрами. Вздовж верхнього краю стінки похилих труб, на якому верхні кінцеві ділянки похилих труб зміщені одна відносно іншої у горизонтальному напрямку, виконано з'єднувальну смугу, що має велику кількість вертикальних трубних кутників і велику кількість похилих трубних кутників. Вертикальні трубні кутники і похилі трубні кутники мають приєднувальні плечі, орієнтовані від з'єднувальної смуги назовні, переважно перпендикулярно. Друге плече кожного вертикального трубного кутника є вертикальним плечем, вмонтованим у з'єднувальну смугу. Друге плече кожного похилого трубного кутника є похилим плечем, також вмонтованим у з'єднувальну смугу. Вертикальне плече кожного вертикального кутника орієнтоване на розміщену над ним вертикальну трубу і приварене до неї. Похиле плече кожного похилого кутника орієнтоване на кінцеву ділянку похилої труби і приварене до неї. З'єднувальна смуга зі свого боку з'єднувальна смуга нижче похилих плеч похилих кутників вздовж похилих плеч і вище кінцевих ділянок похилих труб вздовж кінцевих ділянок зварена зі стінкою похилих труб, а підвішування нижньої частини парогенератора до стінки вертикальних труб виконане шляхом зварювання з'єднувальної смуги зі стінкою похилих труб, а також приварювання вертикальних плеч вертикальних трубних кутників з'єднувальної смуги до вертикальних труб без спірання чи підвішування нижньої частини парогенератора на додаткові тягові чи несучі елементи.

Поза вертикальними плечами вертикальних трубних кутників між з'єднувальною смугою і вертикальними ребрами стінки вертикальних труб передбачено зазор для компенсації теплового розширення. Між верхньою частиною і нижньою частиною парогенератора виконана зовнішня розподільна система, під'єднана до відповідних приєднувальних пліч вертикальних і похилих трубних кутників. Завдяки вмонтовуванню вертикальних і похилих трубних кутників у з'єднувальну смугу, від якої стінка похилих труб розв'язана на переході до стінки вертикальних труб, розподільна система повністю розвантажена від ваги нижньої частини парогенератора.

Крім того, вага нижньої частини парогенератора вздовж верхнього краю стінки похилих труб рівномірно передається з'єднувальній смузі без допущення пікових навантажень на верхніх кінцевих ділянках похилих труб, тому що зварені з верхніми кінцевими ділянками похилих труб похилі плечі похилих трубних кутників вмонтовані у з'єднувальну смугу і навантаження за допомогою похилих ребер стінки похилих труб рівномірно розподіляється у з'єднувальній смузі, а від неї за допомогою вертикальних пліч вертикальних трубних кутників рівномірно передається вертикальним трубам.

Завдяки відсутності додаткових тягових і несучих елементів, якими згідно з рівнем техніки вага нижньої частини парогенератора передається вертикальним трубам, досягається значно менша загальна вага парогенератора, тому що усі ці тягові і несучі елементи разом із елементами, необхідними для їх приварювання до стінок похилих і вертикальних труб, відсутні. Крім того, без спеціальних тягових і несучих елементів монтаж усієї зони похилих труб парогенератора спрощується і може бути виконаний із незначним застосуванням

зварювальних робіт, до того ж, усуваються пошкодження похилих труб внаслідок нерівномірного нагрівання у зоні камери згоряння. Крім того, усуваються змінні навантаження стінки мембранних труб, які згідно з рівнем техніки виникають при кожній зміні навантаження парогенератора внаслідок затримки теплового розширення тягових і несучих елементів відносно стінки похилих труб, і досягається значна свобода у виборі швидкості зміни навантаження під час запуску чи зупинення парогенератора.

Внутрішні оптимізаційні розрахунки, наприклад шляхом моделювання методом кінцевих елементів, показали, що при застосуванні відповідної винаходів базової конструкції парогенератора шляхом цілеспрямованого варіювання діаметра і товщини стінок похилих труб і їх кроку вздовж стінки похилих труб, в також товщини і ширини похилих ребер стінки похилих труб досягаються параметри, при яких конструкція сама себе утримує. Завдяки застосуванню проміжної розподільної системи між вертикальними трубами верхньої частини парогенератора і похилими трубами нижньої частини парогенератора надається значна свобода у виборі кількості і діаметрів похилих труб порівняно з кількістю і діаметром вертикальних труб. Кут нахилу похилих труб також може бути вибраний значною мірою довільним.

Зумовлені відсутністю додаткових зовнішніх тягових і несучих елементів переваги винаходу дійсні зокрема для одноходових чи багатоходових парогенераторів, що працюють за принципом примусового протікання чи перемислової циркуляції зі спіральними трубами у камері згоряння до конструктивної висоти 200 м і поперечного перерізу камери згоряння до 30 м х 30 м при значною мірою довільному куті нахилу похилих труб і звичайних розмірах труб парогенератора, а також при використанні різних видів палива -нафти, газу, кам'яного вугілля і бурого вугілля.

У парогенераторі згідно з винаходом кількість вертикальних труб може бути більшою, ніж кількість похилих труб, тому з'єднувальна смуга і, відповідно стінка похилих труб підвішена на стінці вертикальних труб групами із кількох вертикальних трубних кутників на одну похилу трубу, завдяки чому прикладення ваги стінки похилих труб до стінки вертикальних труб здійснене розподілено між вертикальними трубами.

З'єднувальна смуга змонтована переважно із кількох зварених між собою з'єднувальних формованих, переважно кованих пластин, кожна з яких містить принаймні і переважно одну із груп, що складається із кількох вертикальних трубних кутників і одного похилого трубного кутника. Однак можуть бути виготовлені також формовані пластини з кількома групами вертикальних трубних кутників і похилих трубних кутників, які можуть бути поперемінні або на краях стінки похилих труб комбіновані також з формованими пластинами, що містять лише одну таку групу. Зокрема формовані пластини можуть містити від двох до п'яти вертикальних трубних кутників на групу, які також можуть бути комбіновані між собою.

У разі, коли передбачено кілька вертикальних трубних кутників на один похилий трубний кутник, доцільною є форма виконання, при якій приєднувальні плечі похилого трубного кутника і одного із вертикальних трубних кутників розміщені один над іншим на одній вертикальній лінії краї формованої пластини, а приєднувальні плечі інших вертикальних трубних кутників розміщені на лінії, паралельній осі похилого плеча похилого трубного кутника, і, таким чином, паралельно кінцевій ділянці похилої труби, привареної до похилого плеча кутника; при цьому вертикальні плечі вертикальних кутників групи мають довжину, що збільшується від кутника до кутника відповідно до нахилу згаданої вище лінії.

На фігурах схематично зображено:

фіг. 1. Парогенератор згідно з винаходом у аксонометрії,

фіг. 2. Фрагмент парогенератора на переході між вертикальною трубною стінкою (2) верхньої частини (1) парогенератора і похилою трубною стінкою (6) нижньої частини (5) парогенератора з проміжною розподільною системою (30),

фіг. 3. Фрагмент із фіг. 2 на рівні з'єднувальної смуги 10, однак без розподільної системи,

фіг. 4. Приклад виконання однієї із кованих з'єднувальних формованих пластин 16, із яких складена з'єднувальна смуга 10 із фіг. 3.

Підвісний парогенератор із фіг. 1 має верхню частину 1, оточену стінкою 2 вертикальних труб, і нижню частину 5, оточену стінкою 6 похилих труб і навішену на стінку 2 вертикальних труб верхньої частини 1 парогенератора без зовнішніх тягових і/або несучих елементів.

До того ж, як видно із фіг. 2 і 3, вздовж верхнього краю стінки 6 похилих труб розміщено виконану із зварених між собою кованих формованих пластин 16 (фіг. 4) з'єднувальну смугу 10, яка у свою чергу зварена зі стінкою 6 похилих труб і у якій вмонтовано вертикальні трубні кутники 11, зі свого боку зварений з вертикальними трубами 3 стінки 2. Поза вертикальними трубними кутниками 11 між з'єднувальною смугою 10 і стінкою 2 вертикальних труб передбачено компенсаційний зазор 25, завдяки чому вагу нижньої частини парогенератора сприймають лише вертикальні труби 3 верхньої частини парогенератора.

Як стінка 2 вертикальних труб, так і стінка 6 похилих труб виконані у формі мембранних стінок, що мають трубно-реберну конструкцію. Так, трубна стінка 2 має велику кількість вертикальних труб 3 з розміщеними між ними вертикальними ребрами 4, а трубна стінка 6 має велику кількість похилих труб 7 з розміщеними між ними похилими ребрами 8. Тому верхні кінцеві ділянки 9 похилих труб 7 закінчуються зі зміщенням одна відносно іншої у горизонтальному напрямку на верхньому краї стінки 6 похилих труб.

Вздовж цих верхніх кінцевих ділянок 9 похилих труб 7 вирізані похилі ребра 8 стінки 6 похилих труб (фіг. 3). Відповідно з'єднувальна смуга 10 на своєму нижньому краї для кожної вертикально угору орієнтованої кінцевої ділянки 9 похилих труб 7 має похилу виточку, як видно із фіг. 4 для однієї із кованих з'єднувальних формованих пластин 16, внаслідок чого з'єднувальні формовані пластини 16 мають похилі приварювальні краї 19, якими з'єднувальна смуга 10 вище відповідних кінцевих ділянок 9 похилих труб 7 приварена до стінки 6 похилих труб.

Крім того, як видно із фігур 3 і 4, у з'єднувальну смугу 10, що складається із формованих пластин 16, вмонтовано відповідну великій кількості вертикальних труб 3 стінки 2 велику кількість вертикальних трубних кутників 11 вздовж їх вертикальних пліч 13, а також відповідну великій кількості похилих труб 7 стінки 6 велику кількість похилих трубних кутників 14 вздовж їх похилих пліч 15. Вертикальні плечі 13 вертикальних трубних кутників 11 вивисшуються приварювальними буртиками 21 над верхнім краєм формованої пластини 16; до цих буртиків приварюються вертикальні труби 3. Похилі плечі 15 похилих трубних кутників 14 також виступають приварювальними буртиками 17 над бічними кромками формованих пластин 16; до цих буртиків приварені відповідні кінцеві ділянки 9 похилих труб 7.

Формовані пластини 16 з'єднувальної смуги 10 під кожним похилим плечем 15 мають аналогічно похило орієнтовані приварювальні краї 20, вздовж яких з'єднувальна смуга 10 зварена з відповідним похилим ребром 8 стінки 6 похилих труб у продовження приварювального краю 19 сусідньої формованої пластини 16. Крім того, формовані пластини 16 мають вертикальні приварювальні краї 18 вздовж обох вертикальних бічних кромки, до кожного з яких приварені сусідні формовані пластини з'єднувальної смуги 10 таким чином, що похилий приварювальний край 19 однієї формованої пластини є продовженням похилого приварювального краю 20 сусідньої формованої пластини.

Як найкраще видно на фіг. 4, у кожну формовану пластину 16 вмонтовано групу із кількох вертикальних трубних кутників 11 і одного похилого трубного кутника 14 таким чином, що приєднувальні плечі 12 похилого трубного кутника 14 і одного із вертикальних трубних кутників 11-1 розміщені один над іншим на одній вертикальній лінії на лівому на фіг. 4 краї формованої пластини, а приєднувальні плечі 12 вертикальних трубних кутників 11-1 - 11-4 розміщені на лінії, паралельній осі похилого плеча 15 похилого трубного кутника 14, і, таким чином, паралельно кінцевій ділянці 9 (фіг. 3) похилої труби 7, привареної до похилого плеча 15 кутника 14. Вертикальні плечі вертикальних кутників 11-1 - 11-4 мають довжину, що збільшується від кутника 11-1 до кутника 11-4 відповідно до нахилу згаданої вище лінії.

У відповідній винаходів конструкції підвісного парогенератора розміри стінок мембранних труб у верхній частині парогенератора і у нижній частині парогенератора, а також матеріали, з яких вони виготовлені, шляхом оптимізованого розрахунку вибрані таким чином, що стінка похилих труб утримує себе сама на стінці вертикальних труб, тобто підвішування здійснене без допомоги зовнішніх тягових і/або несучих елементів. Як приклад можуть бути вибрані такі параметри:

Приклад:

Верхня частина парогенератора:

Вертикальні труби мають зовнішній діаметр $D_a = 38\text{мм}$ при товщині стінки від 5мм, крок вертикальних труб від 58мм, товщина вертикального ребра $s = 6$ або 8мм. В залежності від теплового навантаження у камері згоряння, внутрішнього тиску і ваги товщина стінок труб може становити 5,6мм, 6,3мм або 7,1мм.

Нижня частина парогенератора:

- Похилі труби мають зовнішній діаметр $D_a = 42,4$ або 44,5мм при товщині стінок від 5,6мм. крок похилих труб від 58мм, товщина похилого ребра $s = 6$ або 8мм. В залежності від теплового навантаження у камері згоряння, внутрішнього тиску і ваги товщина стінок труб може становити 5,6мм, 6,3мм або 7,1мм.

Згідно зі стандартами EN 10216, DIN чи довідником Союзу працівників технічного нагляду ФРН (VDTDV) в залежності від теплового навантаження у камері згоряння, внутрішнього тиску і ваги матеріалом для похилих труб можуть бути:

1.5415(16Mo3)

1.7335 (13CrMo 4-5)

1,7380(10 CrMo 9-10)

1.7378 CrMoVTiB10-10 (T24).

Кут нахилу похилих труб може бути довільним.

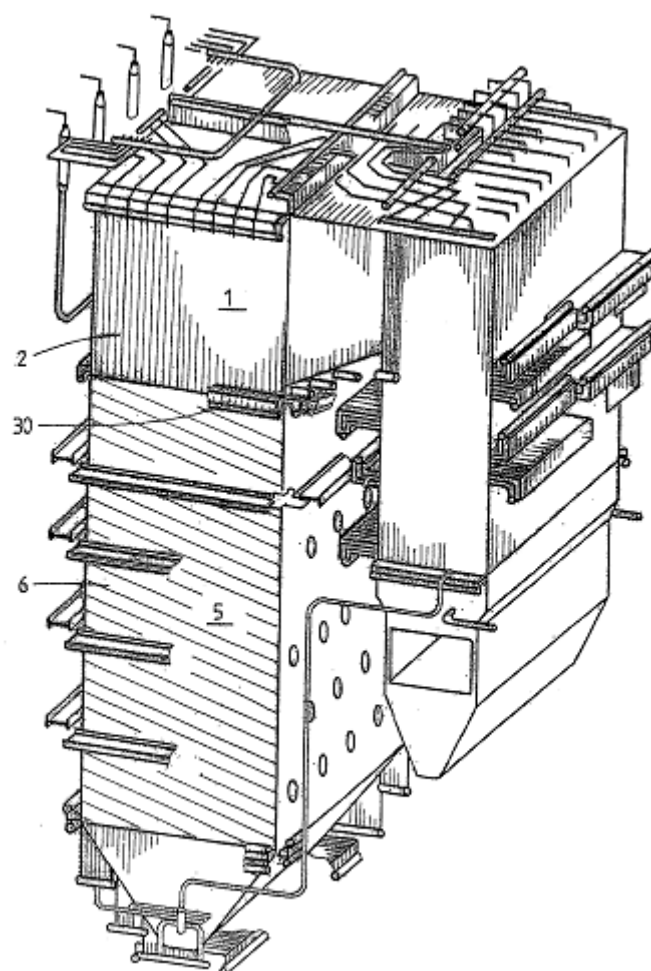


Fig. 1

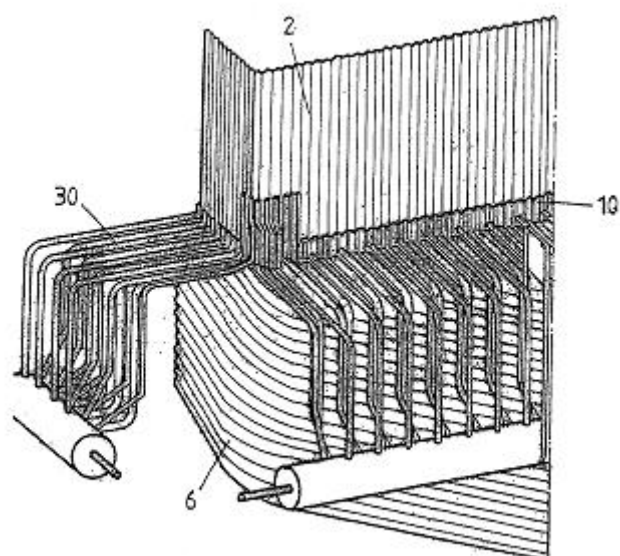


Fig. 2

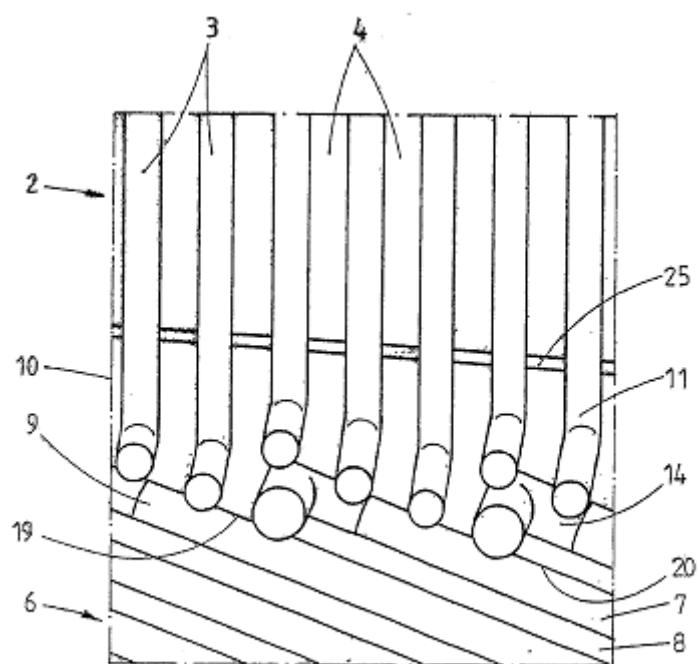


Fig. 3

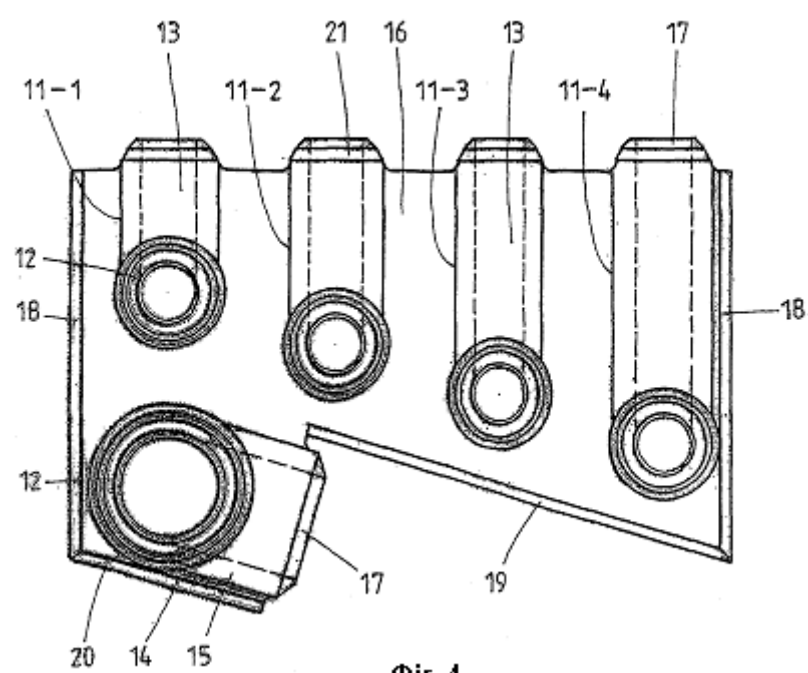


Fig. 4