



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38145 (13) U  
(51) МПК (2006)  
F28D 15/00  
F28F 1/00  
F28F 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) КОНВЕКТИВНО-КОНТАКТНИЙ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОР

1

(21) u200809128  
(22) 11.07.2008  
(24) 25.12.2008  
(46) 25.12.2008, Бюл.№ 24, 2008 р.  
(72) НІЩИК ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, UA, ГЕР-  
ШУНІ ОЛЕКСАНДР НАУМОВИЧ, UA  
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-  
ТУТ", UA  
(57) 1. Конвективно-контактний теплоутилізатор,  
що містить корпус з контактною та конвективною  
частинами в ньому, який **відрізняється** тим, що  
контактна та конвективна частини виконані у ви-

2

гляді випаровувальних ділянок пакетів теплових  
труб, конденсаційні ділянки яких виведені зовні  
корпусу через ущільнення та розміщені у послідо-  
вно з'єднаних між собою вхідній та вихідній каме-  
рах, причому у вхідній камері розміщені конденса-  
ційні ділянки контактної частини, а у вихідній –  
конвективної.

2. Теплоутилізатор за п. 1, який **відрізняється**  
тим, що випаровувальні ділянки теплових труб  
оснащені ребрами.

3. Теплоутилізатор за п. 2, який **відрізняється**  
тим, що конденсаційні ділянки теплових труб  
оснащені ребрами.

Корисна модель відноситься до галузі енерге-  
тики і може бути використана при розробці утилі-  
заторів теплоти відхідних потоків від паливо- та  
енерговикористовуючого устаткування.

Відомий контактний теплоутилізатор [див. кни-  
гу В.Г. Григоров, В.К. Нейман, С.Д. Чураков, Л.Г.  
Семенюк, Г.А. Пресич. Утилизация низкопотенци-  
альных тепловых вторичных энергоресурсов на  
химических предприятиях. - М.: Химия, 1987,  
с.113, рис.4.15] містить корпус з насадкою в ньому.  
Насадка найчастіше виконується з керамічних кі-  
лець. До переваг таких теплоутилізаторів, які мож-  
ливо застосовуються в якості економайзерів, є час-  
товість охолодити відхідні гази-продукти згоряння  
природного газу до температури нижче точки роси  
(50-60°C), що, як правило, не використовується в  
поверхневих (рекуперативних) теплоутилізаторах,  
і тим самим використати приховану теплоту паро-  
утворення (конденсації) водяної пари, що присутня  
у відхідних газах і потенціал якої складає більше  
10% (10-12%) від усієї теплоти, що виділяється  
при спалюванні природного газу [див., наприклад,  
статтю Повышение экономичности котлов путем  
утилизации тепла уходящих газов с применением  
новых видов поверхностей нагрева // Энергетик. -  
2006. - №4. - С.36] (ця теплота вважається неми-  
нучою втратою і викидається в атмосферу), при-  
чому процес конденсації водяної пари з відхідних  
газів буде проходити тим інтенсивніше і глибше,

чим меншою буде температура води і відповідно  
буде зменшуватись температура відхідних газів на  
виході з цього теплоутилізатора. Найбільш ефек-  
тивною є робота цього теплоутилізатора, якщо  
температура води на виході не буде перевищува-  
ти точку роси, а вхідна була б якомога нижча та не  
перевищувала б (20-30)°C. При цьому буде збіль-  
шуватись теплопродуктивність та енергетичний  
коефіцієнт корисної дії всієї установки (котел-  
контактний теплоутилізатор). Недоліком цього кон-  
тактного теплоутилізатора є те, що зниження тем-  
ператури відхідних газів можливе тільки при умові  
одночасного збільшення витрати води, що нагрі-  
вається в цьому теплоутилізаторі, та відповідного  
зменшення її температури. Це зменшує цінність  
води, що нагрівається в теплоутилізаторі, включа-  
ючи і можливість її використання в якості проміж-  
ного теплоносія [див. книгу В.Г. Григоров, В.К. Не-  
йман, С.Д. Чураков, Л.Г. Семенюк, Г.А. Пресич.  
Утилизация низкопотенциальных тепловых втори-  
чных энергоресурсов на химических предприя-  
тиях. - М.: Химия, 1987, с.102, 108]. Габарити і маса  
таких теплоутилізаторів є великими, так як коефі-  
цієнт теплообміну в насадкових шарах невеликий і  
глибоке охолодження відхідних газів може бути  
досягнуто при значних товщинах насадкового ша-  
ру (не менше 1,2м). Збільшення товщини насадки,  
в свою чергу, приводить до збільшення аеродина-  
мічного опору насадки, що знижує ефективність

UA (19) 38145 (11) U (13)

роботи цього теплоутилізатора.

В якості прототипу вибрано найбільш близький за технічною суттю конвективно-контактний теплоутилізатор [див. книгу В.Г. Григоров, В.К. Нейман, С.Д. Чураков, Л.Г. Семенюк, Г.А. Пресич. Утилизация низкопотенциальных тепловых вторичных энергоресурсов на химических предприятиях. - М.: Химия, 1987, с.122, рис.4.22], що містить корпус з контактною та конвективною частинами в ньому. В контактній частині встановлено насадку та систему зрошування, причому після розпилювання форсуною та проходження через насадку воду збирають в ємності, та після відфільтровування її через сито направляють в конвективну частину, яка являє собою поверхневий (рекуперативний) теплообмінник. В цьому теплоутилізаторі, на відміну від аналога, з'являється можливість догріти (підвищити температуру) води, попередньо підігрітої в контактній частині, в його поверхневій частині (обидві частини з'єднані послідовно за водою). Це дозволяє підвищити цінність води, що нагрівається, яка вже може бути використана в тому числі і в якості проміжного теплоносія. Перевагою цього теплоутилізатора є те, що вода в поверхневій частині, що являє собою рекуперативний теплообмінник у вигляді пакету труб, приєднаних з двох сторін зварюванням або розвальцьовуванням до колекторів, може рухатися всередині труб пакету відносно відхідних газів, які омивають труби пакету зовні, як в режимі найбільш вигідному з точки зору теплопередачі - протитечії, так і при необхідності в найменш вигідному режимі прямотечії, зазвичай переважно застосовується протитечія.

В той же час технічне рішення-прототип має наступні недоліки. В цілому ефективність роботи цього теплоутилізатора невисока, так як невисокою є ефективність поверхневої частини теплоутилізатора внаслідок невисокої інтенсивності теплообміну зі сторони теплоносія, який рухається всередині труб. Це спричинюється малою площею поверхні теплообміну (площа внутрішньої поверхні труб) та застосуванням малоефективного режиму повздовжнього обтікання теплоносієм внутрішньої поверхні цих труб. Така ж сама ситуація має місце і на зовнішній поверхні труб - малоефективне повздовжнє її омивання відхідними газами при відносно невеликій площі зовнішньої поверхні труб, причому становище зовні труб пакету погіршується у зв'язку з малими коефіцієнтами тепловіддачі від газового теплоносія. В результаті для одержання суттєвого підвищення температури води в поверхневій частині потрібно збільшувати або кількість труб в пакеті або їх довжину, що в свою чергу приводить до відповідного збільшення маси та габаритів теплоутилізатора. Крім того, поверхнева частина чутлива до термічних розширень труб пакету під час роботи і для підвищення надійності і уникнення руйнування потрібно передбачати температурні компенсатори, що суттєво ускладнює конструкцію теплоутилізатора. Поверхнева частина також є вразливою до виходу з ладу окремих труб, тому що при цьому теплоутилізатор не може далі використовуватися за призначення і потрібно проводити ремонтні роботи з демонтажем-монтажем всього пакету труб. Інші недоліки пов'язані із за-

стосуванням насадки в контактній частині теплоутилізатора, що являє собою досить товстий шар, наприклад, керамічних кілець, що також веде до збільшення маси та габаритів теплоутилізатора. Значний аеродинамічний опір насадки приводить до великих витрат енергії на прокачування відхідних газів через неї. Шар насадки повинен періодично очищатися, що потребує значних трудовитрат та витрат робочого часу.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення конвективно-контактного теплоутилізатора, в якому нова будова контактної та конвективної частин дозволила б забезпечити підвищення ефективності роботи, надійності, ремонтпридатності, зменшення маси і габаритів та спрощення очищення.

Поставлена задача вирішується тим, що в конвективно-контактному теплоутилізаторі, що містить корпус з контактною та конвективною частинами в ньому, згідно з корисною моделлю, контактна та конвективна частини виконані у вигляді випаровувальних ділянок пакетів теплових труб, конденсаційні ділянки яких виведено зовні корпусу через ущільнення та розміщено у послідовно з'єднаних між собою вхідній та вихідній камерах, причому у вхідній камері розміщено конденсаційні ділянки контактної частини, а у вихідній - конвективної, при цьому випаровувальні ділянки теплових труб можуть бути споряджені ребрами або випаровувальні ділянки і конденсаційні ділянки теплових труб можуть бути споряджені ребрами.

Виконання контактної та конвективної частин у вигляді випаровувальних ділянок пакетів теплових труб, конденсаційні ділянки яких виведено зовні корпусу через ущільнення та розміщено у послідовно з'єднаних між собою вхідній та вихідній камерах, причому у вхідній камері розміщено конденсаційні ділянки контактної частини, а у вихідній - конвективної, при цьому випаровувальні ділянки теплових труб можуть бути споряджені ребрами або випаровувальні ділянки і конденсаційні ділянки теплових труб можуть бути споряджені ребрами, дозволяє забезпечити підвищення ефективності роботи пропонованого теплоутилізатора в порівнянні з прототипом за рахунок реалізації в кожній з теплових труб обох пакетів теплових труб при функціонуванні конвективно-контактного теплоутилізатора випаровувально-конденсаційного контуру. Після монтування конвективно-контактного теплоутилізатора випаровувальні частини цих контурів знаходяться в корпусі теплоутилізатора: конвективної частини - в потокові відхідних димових газів, контактної частини - в зустрічних потоках відхідних димових газів, що виходять з конвективної частини, та розпиленої води, а конденсаційні - у камерах для теплоносія, що повинен бути нагрітий, наприклад, в потокові повітря або води. Багаторазове збільшення поверхні теплообміну з боку теплоносія, для руху якого в технічному рішенні-прототипі були призначені труби, досягається тим, що внутрішню поверхню труб в пропонованому технічному рішенні замінено на розгалужену поверхню теплообміну, утворену зовнішніми поверхнями як правило оребрених конденсаційних ділянок пакета теплових труб кон-

вективної частини, а зовнішню поверхню труб для іншого теплоносія - на розгалужену поверхню випаровувальних ділянок пакету теплових труб, поверхню ж насадки - також на зовнішню поверхню як правило оребрених випаровувальних ділянок теплових труб контактної частини, конденсаційні ділянки яких омиваються теплоносієм, що нагрівається в теплоутилізаторі. Зв'язок між потоками теплоносіїв, що рухаються в корпусі теплоутилізатора та у вхідній та вихідній камерах здійснюється за допомогою випаровувально-конденсаційних контурів в теплових трубах при майже однаковій температурі по всій поверхні теплових труб, що досягається за рахунок низького термічного опору цих теплопередаючих пристроїв як властивості випаровувально-конденсаційних контурів, реалізованих в герметичних оболонках теплових труб. В пропонованому конвективно-контактному теплоутилізаторі реалізований також ефективний спосіб теплообміну як зі сторони гарячого, так і холодного середовищ шляхом поперечного омивання гарячим і холодним потоками теплоносіїв зовнішніх поверхонь теплових труб на відміну від технічного рішення-аналогу, в якому застосовано повздовжнє малоефективне омивання зовнішніх і внутрішніх поверхонь труб зустрічними потоками теплоносіїв, між якими здійснюється теплообмін. В пропонованому конвективно-контактному теплоутилізаторі також забезпечується, як і в аналогах, використання найбільш ефективного протитіснєвого (зустрічного) режиму руху теплоносіїв, при якому забезпечується найкраще використання існуючої різниці температур між теплоносіями та найбільше змінювання температури кожного з теплоносіїв [див., наприклад книгу Справочник по теплообмінникам: В 2т. Т.1. - М.: Энергоатомиздат, 1987, с.7,8], хоча, при необхідності, в окремих випадках, можна застосовувати і менш ефективний прямиотіснєвий (паралельний рух) теплоносіїв. Підвищення надійності цього утилізатора забезпечується тим, що кожний з пакетів теплових труб нерухомо закріплений тільки в трубній дошці і кожна з теплових труб може вільно подовжуватись вздовж осі в обидві сторони від трубної дошки, не викликаючи термічних напружень, і, відповідно, не викликаючи небезпеки руйнування конструктивних елементів. Висока ремонтпридатність пропонованого конвективно-контактного теплоутилізатора забезпечується тим, що кожна з теплових труб пакета функціонує автономно і при розгерметизації однієї або кількох труб суттєво не буде змінюватися теплопередаюча спроможність теплоутилізатора. Крім того, тепла труба при розгерметизації може втратити щільність тільки з однієї із своїх сторін, що знаходиться тільки в одному з потоків теплоносіїв і при цьому немає небезпеки перемішування гарячого і холодного потоків теплоносіїв. Тобто розгерметизація однієї чи навіть кількох труб, що є малоімовірним, не може бути причиною помітного зниження ефективності роботи теплоутилізатора. Таким чином можна продовжувати експлуатацію теплоутилізатора при пошкодженні однієї чи кількох труб без помітної втрати ефективності його роботи. Заміна однієї чи кількох теплових труб при необхідності є досить

простою операцією і не потребує демонтажу всього пакету теплових труб. Так як даний теплоутилізатор як у контактній так і в конвективній частинах має розвинену поверхню теплообміну по обох потоках теплоносіїв в порівнянні з технічним рішенням-прототипом, то це дозволяє значно зменшити його масу та габарити [див., наприклад, книгу В.Б. Кунтыш, Н.М. Кузнецов. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. - СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург, отд-ние, 1992, с.31]. Очищення зовнішніх поверхонь теплових труб або мікрореберного простору також досить просте і може проводитися без демонтажу пакетів теплових труб на відміну від прототипу, де потрібно очищати внутрішню поверхню труб конвективної частини та поверхню насадки, що неможливо здійснити без демонтажу цих частин.

Технічна суть та принцип дії запропонованого конвективно-контактного теплоутилізатора пояснюється кресленням.

На кресленні зображений конвективно-контактний теплоутилізатор, загальний вигляд. Конвективно-контактний теплоутилізатор містить корпус 1 з контактною 2 та конвективною 3 частинами в ньому. До складу контактної частини 2 належать випаровувальні ділянки 4 пакету теплових труб 5. Випаровувальні ділянки 4 пакету теплових труб 5 виконують роль насадки для ефективної взаємодії відхідних газів з водою. Конденсаційні ділянки 6 цього пакету 5 виведені через ущільнення 7 у вхідну камеру 8, споряджену вхідним штуцером 9. Теплові труби пакету 5 мають ребра 10. До цієї контактної частини 2 належать також форсунка 11, водозбиральний басейн 12. Басейн 12 з'єднаний з форсункою 11 трубопроводом 13 з циркуляційним насосом 14 в ньому. До конвективної частини 3 належать випаровувальні ділянки 15 пакету теплових труб 16. Конденсаційні ділянки 17 цього пакету 16 виведені через ущільнення 18 у вихідну камеру 19, споряджену вихідним штуцером 20. Теплові труби пакету 16 споряджені ребрами 21. Вхідна камера 8 та вихідна камера 19 з'єднані між собою трубопроводом 22. Корпус 1 споряджено вхідним 23 та вихідним 24 патрубками для входу в корпус 1 та виходу з нього відхідних газів. Перед вихідним патрубком встановлено краплевловлюючий шар 25. Між конвективною частиною 3 та контактною частиною 2 встановлено жолоб 26 для переходу відхідних газів з конвективної в контактну частину.

Конвективно-контактний теплоутилізатор працює наступним чином. Відхідні гази подаються в корпус теплоутилізатора через вхідний патрубок 23, омивають випаровувальні ділянки 15 пакету теплових труб 16 конвективної частини 3, далі проходять через жолоб 26 і потрапляють у контактну частину. Тут відхідні гази омивають випаровувальні ділянки 4 пакету теплових труб 5, що зрошуються водою форсункою 11, тобто ці випаровувальні ділянки грають роль активної насадки, де відбувається взаємодія відхідних газів з водою, що циркулює у замкнутому контурі і подається з водозбирального басейну 12 по трубопроводу 13 за допомогою циркуляційного насоса 14.

Далі відхідні гази виходять з теплоутилізатора через вихідний патрубок 24, перед цим звільнившись від крапельологи у краплевловлюючому шарі 25.

Сприйнята від відхідних газів та нагрітої води теплота спричинює випаровування та кипіння теплоносія всередині теплових труб на їх випарувальних ділянках 4 пакета теплових труб 5, який переносить у кожній з труб тепловий потік у вхідну камеру 8. В цю камеру 8 через вхідний штуцер 9 подається теплоносій (газовий або рідинний), що підлягає нагріванню в теплоутилізаторі. В камері 8 цей теплоносій нагрівається від конденсаційних ділянок 6 пакету теплових труб 5 та по трубопроводу 22 потрапляє у вихідну камеру 19. В цій камері попередньо нагрітий у вхідній камері 8 теплоносій догрівається від конденсаційних ділянок 17 пакету теплових труб 16, теплоносій яких переносить тепловий потік, сприйнятий випарувальними ділянками 15 цього пакету від відхідних газів з їх найбільшою температурою при вході в теплоутилізатор шляхом випаровування-конденсації теплоносія теплових труб, та виходить через вихідний штуцер 20. При роботі конвективно-контактного теплоутилізатора процес теплообміну відхідних газів і розпиленої води з випарувальними ділянками 4 пакета теплових труб 5 та процес теплообміну теплоносія, що підлягає нагріванню, з конденсаційними ділянками 6 пакету теплових труб 5 в контактній частині розділено стінкою корпусу 1 та ущільненням 7, а процес теплообміну відхідних газів з випарувальними ділянками 15 пакета теплових труб 16 та процес теплообміну теплоносія, що підлягає нагріванню, з конденсаційними ділянками 17 пакету теплових труб 16 в конвективній частині розділено стінкою корпусу 1 та ущільненням 18.

Виготовлена модель конвективно-контактного теплоутилізатора, що мала в своєму складі герметичну камеру-імітатор корпусу конвективно-контактного теплоутилізатора, два пакети теплових труб по чотири штуки в кожному (верхній відносився до контактної частини, а нижній - до конвективної), випарувальні ділянки яких вмонтовані в герметичну камеру, а конденсаційні ділянки цих пакетів теплових труб виведені через ущільнення в дві окремі камери (верхня - з штуцером зверху камери і нижня - з штуцером внизу камери), з'єднані між собою. Вище випарувальних ділянок теплових труб контактної частини було

розміщено трубу з отворами у нижній її частині, що являла собою імітатор форсунки, а нижче цих ділянок було встановлено ємність для збирання води, що розбризкувалась імітатором форсунки. Вода з цієї ємності подавалась до імітатора форсунки за допомогою водяного насоса. До герметичної камери-імітатора корпусу теплоутилізатора в нижній її частині було приєднано штуцер, до якого підключався тепловентилятор. Між конвективною та контактною частинами був влаштований повітропровід для пропускання теплого повітря від тепловентилятора. У верхній частині герметичної камери було зроблено отвір для виходу потоку повітря від тепловентилятора.

В результаті проведених випробувань встановлено наступне:

через деякий час після ввімкнення тепловентилятора та водяного насоса в герметичній камері розпочався процес передачі теплоти на конденсаційні ділянки обох пакетів теплових труб, про що свідчило підвищення температури цих ділянок теплових труб, яка вимірювалась;

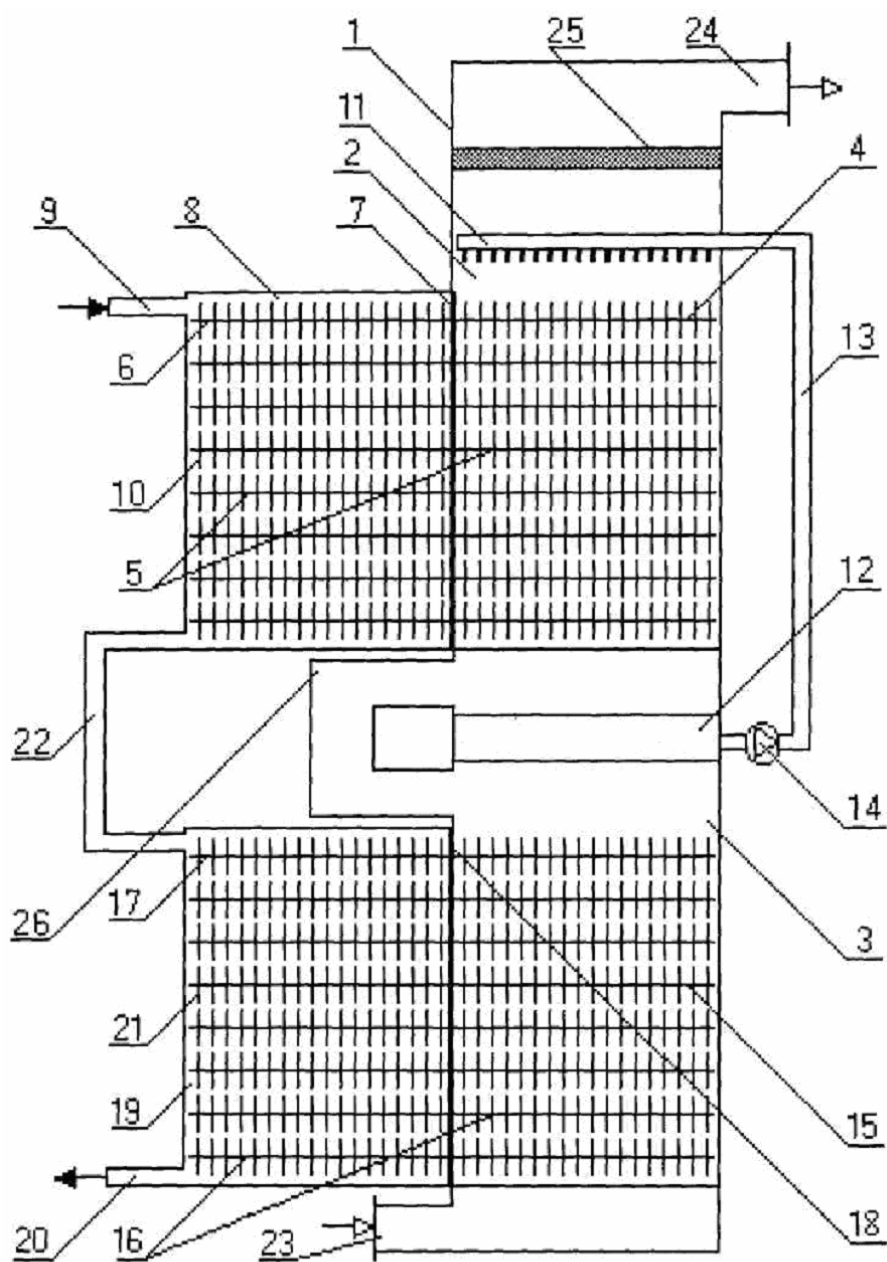
після прогрівання конденсаційних ділянок теплових труб в камерах з цими ділянками починався рух повітря, про що свідчив потік нагрітого повітря, що виходив з штуцера верхньої камери;

застосування в конвективно-контактному теплоутилізаторі двох пакетів теплових труб у конвективній та контактній частинах дозволить підвищити ефективність теплоутилізатора за рахунок як високих показників роботи замкнутого випарувально-конденсаційного циклу, реалізованого в пакетах теплових труб, так і за рахунок створення оптимальних режимів течії теплоносіїв (протитечії в поєднанні з поперечним омиванням);

висока ремонтпридатність теплоутилізатора обумовлена автономністю складових елементів як контактної, так і конвективної частин, кожна з яких може бути замінена індивідуально;

зменшення маси та габаритів теплоутилізатора обумовлено великою площею теплообмінних поверхонь по обох потоках теплоносіїв, причому всі частини цих поверхонь підтримуються при приблизно однаковій температурі, тобто працюють з однаковою ефективністю;

спрощення очищення робочих поверхонь досягається заміною поверхонь, що підлягають очищенню, із внутрішніх на зовнішні.



Фіг.