



УКРАЇНА

(19) UA (11) 87556 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
F23G 5/027  
F23G 7/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) ПЛАЗМОВИЙ ІНСИНЕРАТОР

1

(21) а200709741

(22) 29.08.2007

(24) 27.07.2009

(46) 27.07.2009, Бюл. № 14, 2009 р.

(72) МАРИНСЬКИЙ ГЕОРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ, ПЕТРОВ СТАНІСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ, КОРЖИК ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, ЧЕРНЕЦЬ ОЛЕКСАНДР ВЛАДИСЛАВОВИЧ, ВОЛКОВ СЕРГІЙ СИМОНОВИЧ, РОМАНЮК ВАЛЕРІЙ СТЕПАНОВИЧ, ВОЛКОВ ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(56) UA 73442, F23G5/24, 15.07.2005

CA 2339457, F23G5/00, 07.09.2002

DE 4024700, F23G5/00, 06.02.1992

GB 1468918, F23N5/02, 30.03.1977

JP 7035324, F23G5/16, 07.02.1995

RU 2143086, F23G5/00, 20.12.1999

US 4932334, B01D53/00, 12.06.1990

(57) 1. Плазмовий інсинератор, що містить реакційну камеру з плазмотроном та пристроями для завантаження відходів та шлаковидалення і отвором для виходу газових продуктів, що розташований в купольній частині реакційної камери, і до якого герметично приєднана камера для допалювання відхідних газів, що обладнана допоміжним енергогенеруючим пристроєм і патрубком для вводу окислювача на допалювання, який **відрізняється** тим, що камера допалювання відхідних газів виконана у вигляді теплообмінника, центральний канал якого, що охоплений кесоном для циркуляції зовнішнього енергоносія, закріплений на купольній частині реакційної камери, що включає в себе отвір для виходу газових продуктів, в якому герметично закріплений допоміжний енергогенеруючий пристрій у вигляді ежектора, змішувальна і дифузورها частина якого співвісно розмі-

2

щені в центральному каналі теплообмінника, при цьому патрубок для вводу окислювача на допалювання має на вихідному кінці сопловий насадок і введений у змішувальний канал ежектора.

2. Інсинератор за п. 1, який **відрізняється** тим, що центральний канал теплообмінника на ділянці поза розташуванням ежектора містить трубчасті циркуляційні перетинки, що герметично закріплені на протилежних стінках центрального каналу таким чином, що сполучують протилежні по відношенню до центрального каналу зони кесона для циркуляції зовнішнього енергоносія.

3. Інсинератор за п. 2, який **відрізняється** тим, що порожнина кесона для циркуляції зовнішнього енергоносія розділена парними аксіальними герметичними перетинками, що відокремлюють зони порожнини кесона з боку нагнітання та відводу зовнішнього енергоносія.

4. Інсинератор за п. 3, який **відрізняється** тим, що верхня ділянка порожнини кесона з боку нагнітання зовнішнього енергоносія має дренажний відвід, обладнаний на кінці сопловим насадком, що введений до змішувального каналу допоміжного ежектора, конфузоре якого герметично з'єднаний з вихідним отвором центрального каналу рекуперативного теплообмінника, що є протилежним до купольної частини реакційної камери.

5. Інсинератор за п. 2, який **відрізняється** тим, що центральний канал рекуперативного теплообмінника на ділянці розташування ежектора утворений системою теплових труб з газозушльненими перетинками по відповідних бокових твірних, при цьому верхні ділянки теплових труб герметично введені в порожнину кесону для циркуляції зовнішнього енергоносія, що охоплює центральний канал теплообмінника на ділянці поза розташуванням ежектора.

Винахід належить до сфери охорони навколишнього середовища, а саме до утилізації органічних та інших небезпечних відходів і може бути використаний в будь-якій галузі господарства,

включаючи медичну, фармакологічну, муніципальну та агротехнологічну для знешкодження токсичних та шкідливих для людини речовин з одночас-

(19) UA (11) 87556 (13) C2

ним одержанням теплової енергії для зовнішнього використання.

У відомих конструктивних облаштуваннях досить енерговитратних технологій плазмового знешкодження небезпечних відходів актуальна проблема корисного енерговикористання вторинних газових продуктів процесу не має задовільного технічного рішення.

Схема зовнішнього паливного використання синтез-газу, що утворюється в процесі піролізу органічних складових відходів що знешкоджуються (Див., наприклад, Патент Російської Федерації RU2143086., Plasma converter system, фірми "Startech Enviromental Corp". США., Процес плазмової утилізації - [www.itp.nsc.ru/institute/Priklad/Priklad\\_04.htm](http://www.itp.nsc.ru/institute/Priklad/Priklad_04.htm)) доцільні до використання при достатньо великих одиничних потужностях обладнання, коли зниження питомої ваги капітальних витрат на ускладнену систему очищення і зневолення синтез-газу обумовлюють економічну привабливість проєктів.

Тому, в значній кількості випадків, переважно з орієнтацією на децентралізоване обладнання відносно невеликої потужності використовуються технології позної інсинерації, коли отруйний газовий продукт процесу плазмового піролізу після виходу із реактору допалюється в спеціальних футерованих вогнетривкою ізоляцією камерах, а далі швидко охолоджується водою в теплообмінниках змішувального типу, доочищується і розсіюється в оточуючому середовищі (Див., наприклад, Устаткування для плазмового знешкодження небезпечних медичних відходів інституту електрофізики і електроенергетики Російської академії наук, Система PEPS фірми "Vanguard Research, inc.Fairfax", VA, USA - [www.vrffx.com/peps](http://www.vrffx.com/peps)). Такі конструктивні підходи, коли основний процес ведеться двостадійно, принципово зумовлює підвищену ступінь знешкодження відходів і дещо спрощену систему очищення відходячих газів. Недоліком вищезгаданих систем є неможливість ефективної регенерації фізичного тепла відходячих газів, температура яких підтримується на рівні 100...150°C виходячи з обмежень, що викликають умови утворення таких небезпечних продуктів спалювання, як діоксини і фурани.

Найбільш близьким до плазмового інсинератора, що заявляється, є плазмовий інсинератор, що містить реакційну камеру з плазмотроном та пристроями для завантаження відходів та шлаковидалення і отвором для виходу газових продуктів, що розташований в купольній частині реакційної камери і до якого газоушільнено приєднана камера для допалювання відходячих газів, що обладнана допоміжним плазмотроном і патрубком для вводу окислювача на допалювання ( Див. Плазмове устаткування ПУМО інституту теплофізики СВ РФ. [www.sbras.ru/cgi-bin/vesta/sbras/adv/viewrui.asp?ID=medO1&id1=med](http://www.sbras.ru/cgi-bin/vesta/sbras/adv/viewrui.asp?ID=medO1&id1=med)).

Недоліками відомого рішення є невирішеність задач зовнішнього енерговикористання горючих газових продуктів плазмового піролізу та ускладнення конструкції камери допалювання допоміжним плазмотроном, використання якого призводить до додаткових витрат енергії. Пропонуємо

рішення камерного допалювання продуктів піролізу, де центр ваги перекладається на використання додаткового високопотенційного вводу енергії є тривіальним і не гарантує належного співвідношення загальних якісних і енергетичних характеристик процесу знешкодження відходів.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення відомого плазмового інсинератора шляхом виконання корпусу камери допалювання у вигляді рекуперативного теплообмінника з центральним каналом для пропуску газоподібних продуктів плазмового піролізу і аксіальним розташуванням в цьому каналі ежектора, збуджувачем витрати синтез-газу через каналну систему якого є витрата окислювача на допалювання, що забезпечить енергоощадливий підвід енергії на остаточне знешкодження токсичних речовин за рахунок хімічної енергії синтез-газу та підвищення потенційних енергетичних характеристик потоку відходячих газів для ефективної рекуперації їх надлишкової теплоти до потоку вторинного енергоносія, що призведе до одночасного підвищення ступеню корисного паливовикористання та ступеню знешкодження відходів.

Поставлена задача вирішується тим, що в плазмовому інсинераторі, що містить реакційну камеру з плазмотроном та пристроями для завантаження відходів та шлаковидалення і отвором для виходу газових продуктів, що розташований в купольній частині реакційної камери і до якого газоушільнено приєднана камера для допалювання відходячих газів, що обладнана допоміжним енергогенеруючим пристроєм у вигляді плазмотрону і патрубком для вводу окислювача на допалювання новим є те, що камера допалювання відходячих газів виконана у вигляді рекуперативного теплообмінника, центральний канал якого, що охоплений кесоном для циркуляції зовнішнього енергоносія, закріплений на купольній частині реакційної камери, що включає в себе отвір для виходу газових продуктів в якому газоушільнено закріплений допоміжний енерго-генеруючий пристрій у вигляді ежектора, змішувальна і дифузійна частина якого аксіально розміщені в центральному каналі рекуперативного теплообмінника, при цьому патрубок для вводу окислювача на допалювання має на вихідному кінці сопловий насадок і заведений до змішувального каналу ежектора.

Крім того, центральний канал рекуперативного теплообмінника на ділянці поза розташуванням ежектора містить трубчаті циркуляційні перетинки, що гідравлічно щільно закріплені на протилежних стінках центрального каналу таким чином, що сполучають протилежні по відношенню до центрального каналу зони кесону для циркуляції зовнішнього енергоносія.

Порожнеча кесону для циркуляції зовнішнього енергоносія розділена парними аксіальними гідравлічно щільними перетинками, що відокремлюють зони порожнечі кесону з боку нагнітання та відводу зовнішнього енергоносія.

Верхня ділянка порожнечі кесону з боку нагнітання зовнішнього енергоносія має дренажний відвід обладнаний на кінці сопловим насадком, що заведений до змішувального каналу допоміжного

ежектора, конфузор якого газозушільнено з'єднаний з вихідним отвором центрального каналу рекуперативного теплообмінника, що є протилежним до купольної частини реакційної камери.

Центральний канал рекуперативного теплообмінника на ділянці розташування ежектора утворюється системою аксіальних теплових труб з газозушільненими перетинками по відповідним боковим твірним, при цьому верхні ділянки теплових труб гідравлічно щільно заведені в порожнечу кесону для циркуляції зовнішнього енергоносія, що охоплює центральний канал рекуперативного теплообмінника на ділянці поза розташуванням ежектора.

Плазмовий інсинератор зображено на Фіг. 1 у фронтальному розрізі, на Фіг.2 - розріз горизонтальний по Фіг.1, на Фіг.3 - варіант конструкції по п.5 формули винаходу у фронтальному розрізі, на Фіг.4,5 - розрізи горизонтальні по Фіг.3.

Плазмовий інсинератор (Фіг. 1,2) містить реакційну камеру 1 з плазмотроном 2 та пристроями для завантаження відходів 3 та шлаковидалення 4 і отвором 5 для виходу газових продуктів, що розташований в купольній частині 6. На зоні купольної частини 6, що включає в себе отвір 5 для виходу газових продуктів газозушільнено закріплений вхідний патрубок 7 центрального каналу 8 рекуперативного теплообмінника 9. Порожнеча кесону 10, що охоплює центральний канал 8 рекуперативного теплообмінника 9 розділена парними аксіальними гідравлічно щільними перетинками 11, що відокремлюють зони порожнечі кесону з боку нагнітального 12 та відвідного 13 патрубків, що з'єднані з системою циркуляції зовнішнього енергоносія, що включає в себе бак-акумулятор 14 та циркуляційний насос 15. Центральний канал 8 містить трубчаті циркуляційні перетинки 16, що гідравлічно щільно закріплені на протилежних стінках центрального каналу 8 таким чином, що сполучують протилежні по відношенню до центрального каналу 8 зони кесону 10, що з'єднані з нагнітальним 12 та відвідним 13 патрубками системи циркуляції зовнішнього енергоносія. Верхня ділянка порожнечі кесону 10 з боку нагнітального патрубку 12 має регульований дренажний відвід 17 обладнаний на кінці сопловим насадком 18, що заведений до змішувального каналу 19 допоміжного ежектора 20, конфузор якого 21 газозушільнено з'єднаний з вихідним отвором 22, центрального каналу 8, що є протилежним до купольної частини 6 реакційної камери 1.

В отворі 5 для виходу газових продуктів реакційної камери 1 газозушільнено закріплений ежектор 23, змішувальна 24 і дифузійна 25 частини якого аксіально розміщені в центральному каналі 8 рекуперативного теплообмінника 9, при цьому патрубок 26 для вводу окислювача на допалювання має на вихідному кінці сопловий насадок 27, що заведений до змішувальної частини 24 ежектора 23.

Конструктивний варіант плазмового інсинератора (Фіг.3,4,5) відрізняється побудовою теплообмінної поверхні рекуперативного теплообмінника. Центральний канал 8 рекуперативного теплообмінника на ділянці розташування ежектора 23

утворюється системою аксіальних теплових труб 28, що об'єднані газозушільненими перетинками 29 по відповідним боковим твірним. Верхні ділянки теплових труб 30 гідравлічно щільно заведені в порожнечу циркуляційного кесону 31 для циркуляції зовнішнього енергоносія. Циркуляційний кесон 31 охоплює центральний канал 8 рекуперативного теплообмінника на ділянці поза розташуванням ежектора 23, а також охоплює конфузор 21 допоміжного ежектора 20 і має відвід 32 з сопловим насадком 33, що заведений в змішувальний канал 19 допоміжного ежектора 20. Порожнеча кесону 31 через рознесені по висоті напорний 12 і зливний 13 патрубки включена до контуру для циркуляції зовнішнього енергоносія, що містить бак-акумулятор 14, насос 15 і підпорний регулюючий вентиль 34 для регулювання витрати енергоносія (води) в відвід 32 через змінювання протитиску перед зливним патрубком 35.

При роботі плазмового інсинератора під дією високотемпературної плазмової струї в реакційній камері 1 відбувається розклад складних молекул знешкоджуемого матеріалу. Органічна складова відходів газифікується з утворенням горючого синтез-газу (суміші CO і H<sub>2</sub>), мінеральна - перетворюється в нейтральний склоподібний шлак. Синтез-газ, що утворюється в реакційній камері 1 видаляється через отвір 5 в купольній частині 6 за допомогою ежектора 23 (Див. Фіг. 1,3), де інжектуючий струмінь утворюється окислювачем, що підводиться через патрубок 26 і прискорено витікає через сопловий насадок 27. В якості окислювача може використовуватися повітря або кисень. Оскільки горючий синтез-газ, що ежектуюється, знаходиться на температурному рівні понад 1200°C, тобто завідомо вищому температури полум'яутворення, то в змішувальній 24 і дифузійній 25 частинах ежектору 23 відбувається активний процес допалювання - друга стадія процесу інсинерації, коли мають бути гарантовано знешкоджені вірогідні сліди шкідливих речовин, що можуть виноситись потоком синтез-газу із реакційної камери 1. Таким чином, ежектор 23 в плазмовому інсинераторі, що заявляється несе подвійну функцію: - струменевого насосу і пальника. Розміри змішувальної 24 та дифузійної 25 частин мають вибиратися такими, що забезпечують повне завершення процесу допалювання на вихідному перерізі дифузору.

Надлишкова енергія процесу допалювання і потоку відходячих продуктів згоряння передається через стінку центрального каналу 8 і стінки трубчатих перетинок 16 до зовнішнього енергоносія, що організовано циркулює у внутрішніх полостях кесону 10 та трубчатих перетинок 16, що підключені через нагнітальний 12 і відвідний 13 патрубки до контуру, що містить бак-акумулятор 14 і циркуляційний насос 15. Стінка центрального каналу 8, що знаходиться в межах розташування ежектору 23 сприймає енергію випромінювання високотемпературних поверхонь змішувальної 24 і дифузійної 25 частин ежектора і є теплообмінною поверхнею виключно радіаційного типу. Решта теплосприймаючих поверхонь рекуперативного теплообмінника працюють по змішаному радіаційно-конвективному типу, тому що омиваються течі-

єю відходячих газів, які на вимогу відомих термохімічних обмежень по умовам асоціації диоксинів і фуранів можуть відносно повільно заохолоджуватись до температурного рівня не нижчого 875 °С, коли рівень випромінювання газів ще залишається суттєвим. Після виходу із центрального каналу рекуперативного теплообмінника на температурному рівні не нижче 875 °С газовий продукт процесу інсинерації потрапляє в допоміжний ежектор 20, до змішувального каналу якого 19 вприскується через сопловий насадок 18 зовнішній енергоносіє (вода), що відводиться із верхньої зони напорної сторони кесону 10 через регульований дренажний відвід 17. Канали допоміжного ежектору 20 функціонально є швидкісним ("шоковим") теплообмінником змішувального типу де газові продукти процесу інсинерації прискорено заохолоджуються до температурного рівня 120... 150 °С, що забезпечує скорочений час перебування термохімічної системи в небезпечному температурному інтервалі активного утворення високотоксичних речовин. Використання для вприску в швидкісний теплообмінник попередньо підігрітої води, з температурним рівнем, що наближений до температури фазового переходу забезпечує скорочення часу перебування краплевої рідини в системі змішувального теплообміну і, як наслідок, активізувати процес "шовкового" охолодження за рахунок прискореного включення основної від'ємної статті теплового балансу системи - прихованої теплоти випаровування води, а відтак, додатково скоротити час перебування термохімічної системи газових продуктів інсинерації в небезпечному температурному інтервалі, що спрощує і розвантажує допоміжну систему газоочищення, куди газові продукти відводяться з вихлопу допоміжного ежектору 20, - і в підсумку дозволяє підвищити якість та знизити витратність процесу інсинерації.

На відміну від відомих рішень, автогенна організація процесу допалювання на другій стадії інсинерації за рахунок хімічної енергії синтез-газу, що утворюється в реакційній камері 1 на першій стадії інсинерації дозволяє відмовитись від додаткових витрат зовнішньої енергії, а також підвищити ступінь корисного енерговикористання при розширенні дозволеного інтервалу параметричних характеристик газових продуктів інсинерації в процесах переносу їх надлишкової теплоти до зовнішнього енергоносія, що організується в спеціальній конструкції рекуперативного теплообмінника, що виконує також паралельні функції теплового захисту теплонапружених огорожуючих поверхонь конструкції камери допалювання.

Базове технічне рішення плазмового інсинератора (Фіг. 1,2) розраховане головним чином на утилізацію надлишкового тепла процесу в замкненій теплоаккумуляційній системі з рециркуляційним відбором зовнішнього енергоносія в реєстри опалювального призначення.

Варіантне технічне рішення (Фіг. 3, 4, 5), де транспортування теплоти до зовнішнього енергоносія організоване з використанням теплових труб (замкнених двофазних термосифонів) враховує проблему очищення теплообмінних поверхонь, контактуючих з зовнішнім енергоносієм (водою), циркулюючим в відкритих системах з безперервним підживленням. Очевидно, що очищення зовнішніх трубчатих теплообмінних поверхонь від забруднення експлуатаційно є більш вигідним.

Таким чином, на відміну від відомих технічних рішень, конструкція плазмового інсинератора, що заявляється, має наступні суттєві переваги :

- реалізація повного циклу інсинерації, коли дебет паливного синтез-газу, що одержується, недоцільний або не є рентабельним у прямому використанні або риформінгу;
- заощадження витрати електроенергії на живлення допоміжних плазмотронів системи допалювання, замінені струменево-змішувальною системою автогенного використання синтез-газу;
- підвищений ступінь корисного зовнішнього енерговикористання, обумовлений розширенням потенційного температурного і кінетичного інтервалів газових продуктів інсинерації при рекуперації їх теплоти до зовнішнього енергоносія;
- підвищений ступінь знешкодження отруйних продуктів за рахунок їх подовженого перебування на підвищеному дозволеному температурному рівні в гомогенізуючій системі струменево-змішувального допалювання та скорочення терміну перебування термохімічної системи в небезпечному з позиції утворення диоксинів і фуранів температурному інтервалі;
- відповідність відомих принципам енерготехнологічного комбінування, коли єдиний конструктивний підхід одночасно враховує необхідні технологічні вимоги підвищення ступеню знешкодження шкідливих речовин з економічно доцільними можливостями підвищення ступеню корисного енерговикористання та передумовами до конструктивної спрощеності і підвищення енергетичної компактності за рахунок ефективного вирішення паралельних задач теплового захисту теплонапружених елементів конструкції.

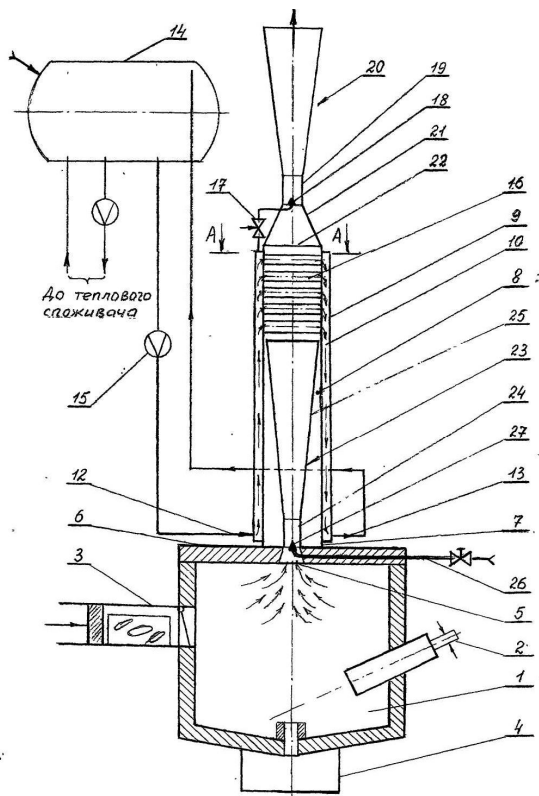


Fig. 1

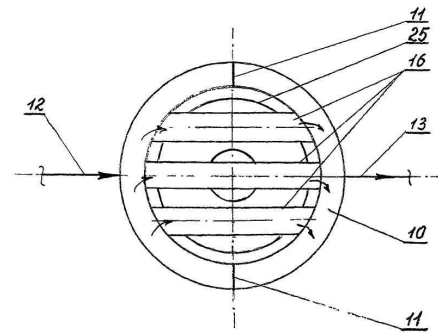


Fig. 2

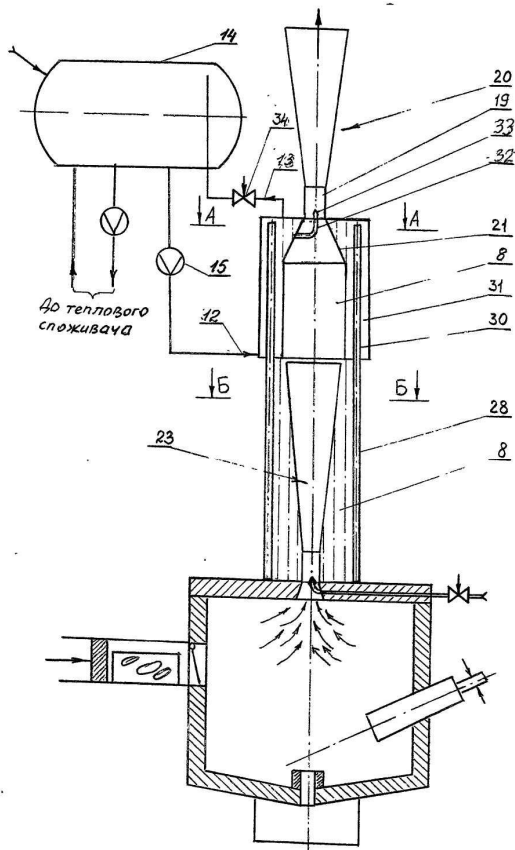


Fig. 3

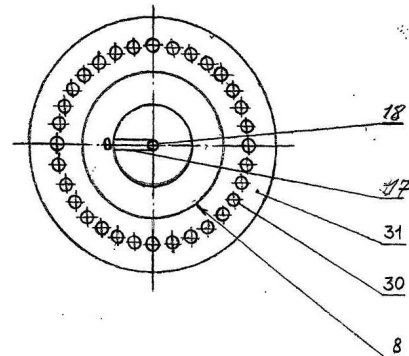


Fig. 4

