



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125533** (13) **C2**
(51) МПК (2022.01)**C22C 19/03** (2006.01)**B01J 19/24** (2006.01)**C10G 9/36** (2006.01)**F28D 7/00****F28F 1/40** (2006.01)**F28D 7/06** (2006.01)**F28D 7/16** (2006.01)**B01J 8/06** (2006.01)НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

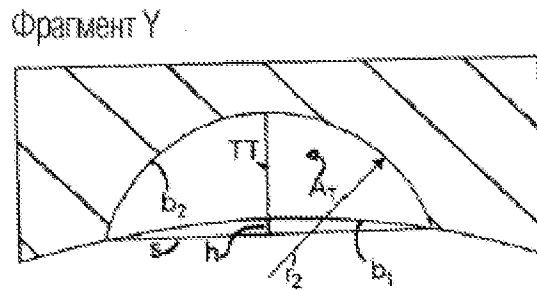
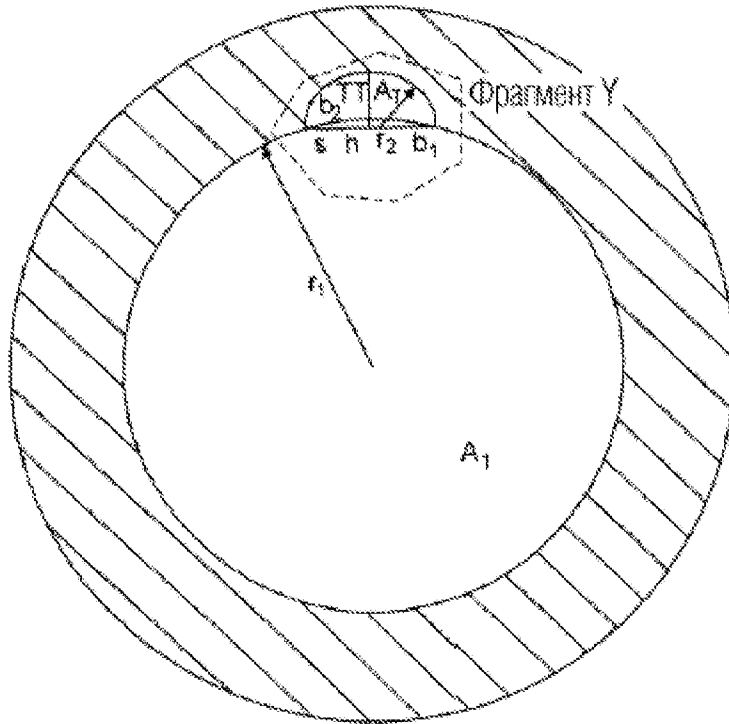
(21) Номер заявки: а 2019 10948	(72) Винахідник(и): Якобі Дітлінде (DE), Хейланд Штеффен Александер (DE), Вайгандт Йорг Дітмар (DE)
(22) Дата подання заявки: 04.04.2018	(73) Володілець (володільці): ШМІДТ + КЛЕМЕНС ГМБХ + КО. КГ, Kaiserau 2, 51789 Lindlar, Germany (DE)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 14.04.2022	(74) Представник: Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 10 2017 003 409.5, 17000601.9	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 85044 C2, 25.12.2008 RU 2211854 C2, 10.09.2003 EA 009512 B1, 24.02.2006 WO 2008033193 A1, 20.03.2008 US 2014257001 A1, 11.09.2014 US 2005131263 A1, 16.06.2005 US 5409675 A, 25.04.1995 GB 969796 A, 19.09.1964 DE 202004016252 U1, 22.12.2005
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 07.04.2017, 07.04.2017	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: DE, EP	
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.03.2020, Бюл.№ 5	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 13.04.2022, Бюл.№ 15	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: РСТ/EP2018/058615, 04.04.2018	

(54) ТРУБА І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕРМІЧНОГО РОЗКЛАДАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ**(57) Реферат:**

Винахід стосується труби для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, при якій оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні, причому труба простягається вздовж подовжньої осі і має число N_T жолобків, сформованих у внутрішній поверхні труби, що спіралеподібно проходять навколо подовжньої осі вздовж внутрішньої поверхні, внутрішня поверхня, в якій були сформовані жолобки, в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі має діаметр D_i і радіус $r_1 = D_i/2$, жолобки в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі в своєму дні жолобків відповідно мають форму дуги кола, і дуга кола має радіус r_2 , і жолобки відповідно мають глибину T_T жолобків, яка відповідає найкоротшій відстані в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі

UA 125533 C2

між окружністю з діаметром D_i , в якому знаходиться внутрішня поверхня, і її серединна точка знаходиться на подовжній осі і найвіддаленішій від подовжньої осі точки дна жолобка.



Фиг. 5

Винахід стосується труби для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, за яким оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні. Крім того, винахід стосується пристрою для термічного розкладання вуглеводнів.

5 Для високотемпературного піролізу вуглеводнів (похідних нафти) добре зарекомендували себе трубчасті печі, в яких суміш вуглеводню і водяної пари при температурах понад 750 °C пропускається через низку розміщених окремо або в формі меандру труб (крекінг-змійовиків) з жаростійкого залізо-хромо-нікелевого сплаву з високою стійкістю до окиснення і, відповідно, стійкістю до утворення окалини і високою стійкістю до навуглецьовування. Змійовики складаються з прокладених вертикально або горизонтально прямих трубчастих ділянок, які з'єднані між собою U-подібними колінчастими трубами або розміщені паралельно один одному. Зазвичай вони нагріваються за допомогою розміщених в бічних стінках і/або також за допомогою розміщених в підлозі пальників, і тому мають обернений до пальників так званий світлий бік, а також повернену від неї на 90°, тобто, у напрямку до серії труб, так званий тінювий бік. При цьому середні температури (ТМТ) стінки труби частково становлять понад 15 1000 °C.

Термін служби крекінгової труби вельми значно залежить від межі повзучості і стійкості до навуглецьовування, а також від швидкості закоксування матеріалу труби. Вирішальними факторами швидкості закоксування, тобто, наростання шару вуглецевого відкладення (піролітичного коксу) на внутрішній стінці труби, нарівні з видом застосовуваного вуглеводню є температура розкладання в ділянці внутрішньої стінки і так звана жорсткість крекінгу, під якою 20 мається на увазі вплив тиску в системі і час перебування в системі труб на вихід етилену. Жорсткість крекінгу регулюється за допомогою середньої вихідної температури піролізного газу (наприклад, 850 °C). Чим більше температура газу поблизу внутрішньої стінки труби перевищує цю температуру, тим інтенсивніше наростає шар піролітичного коксу, ізолюючи дія якого може 25 обумовлювати ще більше підвищення температури стінки труби. Хоча труби залізо-хромо-нікелеві сплави з 0,4 % вуглецю, більше 25 % хрому і понад 20 % нікелю, наприклад, 35 % хрому, 45 % нікелю і, за обставинами, 1 % ніобію, що застосовуються як матеріал, мають високу стійкість до навуглецьовування, вуглець дифундує на місцях дефектів оксидного шара в стінку труби і призводить там до значного навуглецьовування, яке може сягнути рівня від 1 % до 3 % на глибинах в стінці від 0,5 мм до 3 мм. Цим зумовлюється значне окрихчування матеріалу 30 труби з небезпекою розтріскування при змінному термічному навантаженні, особливо при пуску і відімкнення печі.

Щоб ліквідувати вуглецеві відкладення (закоксування) на внутрішній стінці труби, необхідно час від часу зупиняти експлуатацію в режимі крекінгу і випалювати піролітичний кокс за допомогою пароповітряної суміші. Для цього потрібне припинення експлуатації на час до 36 35 годин, і тому значно погіршує економічні показники способу.

З опису винаходу до британського патенту 969 796 і викладеного опису винаходу до європейської неакцептованої заявки 1 136 541 A1 також відоме застосування крекінг-труб з внутрішніми ребрами. Хоча ці внутрішні ребра призводять до збільшення внутрішньої поверхні 40 на декілька відсотків, наприклад, на 10 %, і тим самим до кращої теплопередачі: проте, з ними пов'язаний також той недолік, що порівняно з гладкою трубою виникають значно підвищені втрати напору внаслідок тертя на збільшеній внутрішній поверхні труби. Підвищена втрата напору вимагає збільшення тиску в системі, внаслідок чого неминуче змінюється час перебування і погіршується вихід. До того ж має місце те, що відомі матеріали труб з високими рівнями вмісту вуглецю і хрому вже не можуть бути піддані холодному формуванню, наприклад, профілюванню способом холодної витяжки. Вони мають той недолік, що їхня формованість 45 сильно знижується із зростанням жароміцності. Це призвело до того, що для бажаних відносно виходу етилену високих температур стінки труби, наприклад, на рівні 1050 °C, потрібне застосування труб, виготовлених відцентровим литтям. Проте оскільки сформовані відцентровим литтям труби можуть бути виконані тільки з циліндричною стінкою, існує потреба в способі формування, наприклад, обробкою з електролітичним витравлюванням, або в способі зварного формування, щоб сформувані внутрішність труби.

Нарешті, з патентного документа US 5 950 718 також відомий цілий спектр кутів нахилу внутрішніх ребер і також відстаней між ними, проте без урахування стану ребер.

55 З EP 1 525 289 B9 відома ребриста труба для термічного розкладання вуглеводнів, яка має похилі відносно осі труби, внутрішні ребра, що проходять спіралью.

З WO 2010/043375 A1 відомий залізо-хромо-нікелевий сплав з високою стійкістю до окиснення і навуглецьовування, високою межею тривалої міцності і межею повзучості, що містить від 0,4 % до 0,6 % вуглецю, від 28 % до 33 % хрому, від 15 % до 25 % заліза, від 2 % до 60 6 % алюмінію, до 2 % кремнію, до 2 % марганцю, до 1,5 % ніобію, до 1,5 % танталу, до 1,0 %

вольфраму, до 1,0 % титану, до 1,0 % цирконію, до 0,5 % ітрію, до 0,5 % церію, до 0,5 % молібдену, до 0,1 % азоту, з іншою кількістю з нікелю, в тому числі з привнесеними в процесі виплавки домішками.

У світлі вищевикладеного, в основу винаходу покладене завдання підвищення рентабельності термічного розкладання вуглеводнів в трубчастих печах з трубами, що нагріваються зовні.

Ця задача вирішується за допомогою предметів пунктів 1, 2, 9 і 10 формули винаходу. Переважні варіанти здійснення впливають із залежних пунктів формули винаходу і нижченаведеного опису.

Було з'ясовано, що у разі труби з ознаками обмежувальної частини пункту 1 формули винаходу досягається співвідношення між ознаками, які характеризують трубу, а саме

- числом N_T нанесених на внутрішню поверхню труби, що проходять спіралью навколо осі труби вздовж внутрішньої поверхні жолобків,

- діаметром внутрішньої поверхні, на яку були нанесені жолобки, в поперечному перерізі перпендикулярно до поздовжньої осі,

- радіусом r_2 дна жолобка в жолобках, що мають в поперечному перерізі перпендикулярно до поздовжньої осі в своєму дні жолобка відповідно форму дуги окружності, і

- глибиною TT жолобка, яка відповідає найменшій відстані в поперечному перерізі перпендикулярно до поздовжньої осі між окружністю з діаметром D_i , на якому знаходиться внутрішня поверхня, і її центральна точка знаходиться на поздовжній осі, і самої віддаленою точкою дна жолобка від поздовжньої осі,

при обліку якого може бути покращена рентабельність термічного розкладання вуглеводнів в трубчастих печах з трубами, що нагріваються зовні.

А саме, було виявлено, що може бути розроблений параметр, який ґрунтується на обліку умов теплопередачі, який може бути розрахований двома різними шляхами, які відповідно залежать тільки від описаних вище ознак, які характеризують трубу.

Згідно з першим міркуванням відносно теплопередачі, цей параметр може бути виражений

як
$$P1 * \left| D_{\dot{A}qv} \right|^2 + P2 * \left| D_{\dot{A}qv} \right| + P3$$
,

з константами $P1$, $P2$ і $P3$, а також з чисельним значенням $\left| D_{\dot{A}qv} \right|$ еквівалентного діаметра, що залежить від виміряного в мм внутрішнього діаметра $D_{\dot{A}qv}$.

Добрі результати досягаються, коли як константа $P1$ вибирається число із заявленого діапазону від -0,2 до -0,3. У одному переважному варіанті здійснення константа $P1$ вибирається з діапазону від -0,25 до -0,295, особливо переважно з діапазону від -0,287 до -0,2655. Особливо переважно константа $P1$ дорівнює -0,287 або -0,2655.

Добрі результати досягаються, коли як константа $P2$ вибирається число із заявленого діапазону від 310 до 315. У одному переважному варіанті здійснення константа $P2$ вибирається з діапазону від 310 до 312, особливо переважно з діапазону від 310,42 до 311,31. Особливо переважно константа $P2$ дорівнює 310,42 або 311,31.

Добрі результати досягаються, коли як константа $P3$ вибирається число із заявленого діапазону від 200 до 1500. У одному переважному варіанті здійснення константа $P3$ вибирається з діапазону від 230 до 1400, особливо переважно з діапазону від 261,21 до 1076. Особливо переважно константа $P3$ дорівнює 261,21 або 1076.

Параметр, що використовується для формування труби згідно з винаходом у вищезгаданому співвідношенні виражається залежно від чисельного значення $\left| D_{\dot{A}qv} \right|$ еквівалентного діаметра, що залежить від виміряного в мм внутрішнього діаметра $D_{\dot{A}qv}$. Під

поняттям "чисельне значення" в цьому контексті і в інших міркуваннях мається на увазі безрозмірна величина об'єднаного з чисельного значення і одиниці вимірювання значення фізичної величини. Фізична величина являє собою кількісно визначну властивість фізичного об'єкта, процесу або стану. Його значення (значення величини) приводиться як добуток чисельного значення (числової міри) і одиниці вимірювання. Оскільки труби співвідношення, що використовуються для формування, є безрозмірними, доводиться вдаватися до чисельного значення фізичних величин. Щоб роз'яснити це, в описі і в пунктах формули винаходу чисельне

значення являє собою величину з частіше за все тією, застосовуваною для представлення розміру номенклатурою, наприклад, як $|D_{\dot{A}qv}|$. Представлення змінних величин між двома горизонтальними лініями, наприклад, як $|D_{\dot{A}qv}|$, в контексті цього опису і в пунктах формули винаходу слід розуміти як представлення чисельного значення вираженого змінними величинами значення (значення величини) фізичної величини. Чисельне значення $|D_i|$ виміряного в мм діаметра D_i , наприклад, 70 мм, являє собою число 70.

Параметр, який використовується для формування труби згідно з винаходом у вищезгаданому співвідношенні виражається залежно від чисельного значення $|D_{\dot{A}qv}|$ еквівалентного діаметра, що залежить від виміряного в мм внутрішнього діаметра $D_{\dot{A}qv}$. При

цьому еквівалентний діаметр являє собою діаметр внутрішньої поверхні, яку мала б гладка, не забезпечена жолобками труба, площа проточного перерізу, що відповідає площі проточного перерізу труби, яка відповідає винаходу. Як площа проточного перерізу мається на увазі вільна площа в поперечному перерізі перпендикулярно до поздовжньої осі всередині труби. Було показано, що міркування відносно теплопередачі часто можуть бути простіше співвіднесені з гладкою трубою. Крім того, виявилось, що користувач відповідної труби в своїх пристроях для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, за якого суміш, що обробляється, пропускається через труби, що нагріваються зовні, часто в минулому мав справу з гладкими трубами. Тому для переналагодження на відповідні винаходу труби було б зрозуміліше, коли може бути представлено порівняння з відповідною за площею проточного перерізу гладкою трубою.

Еквівалентний діаметр $D_{\dot{A}qv}$ виходить зі співвідношення $D_{\dot{A}qv} = 2r_{\dot{A}qv}$ за радіусом внутрішньої поверхні, який мала б гладка, не забезпечена жолобками труба, площа проточного перерізу якої відповідає площі проточного перерізу труби, яка відповідає винаходу. Якщо площа $A_{\dot{A}qv}$ проточного перерізу гладкої труби ($A_{\dot{A}qv} = \pi(r_{\dot{A}qv})^2$) ототожнювати з площею проточного перерізу труби, що відповідає винаходу труби, то площу $A_{\dot{A}qv}$ проточного перерізу гладкої труби можна виразити ознаками, які характеризують трубу таким чином (символи, що використовуються, стосуються номенклатури, як вони, наприклад, роз'яснюються також на Фіг. 5):

$$|r_{\dot{A}qv}| = \sqrt{\frac{|A_{\dot{A}qv}|}{\pi}}$$

$$A_{\dot{A}qv} = A_1 + N_T \cdot A_T$$

$$A_1 = \pi \cdot |r_1|^2$$

$$A_T = \left[|r_2| \cdot \frac{b_2}{2} - \frac{s \cdot (|r_1| - (|TT| + h))}{\sqrt{2 \cdot |r_1|^2 \cdot \frac{b_2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \cdot |r_1| \cdot |TT|^2 - \left(\frac{s \cdot (|r_1| - h)}{2 \cdot |r_2| \cdot |TT|} - |TT|^2 \right)^2}} \right]$$

$$b_1 = 2 \cdot |r_1| \cdot \arcsin \left(\frac{|r_1|}{|r_1|} \right)$$

$$b_2 = 2 \cdot |r_2| \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{\left(2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2 \right)^2}}{|r_2|} \right)$$

$$s = 2 \cdot \sqrt{\left(2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2 \right)}$$

$$h = \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}$$

- 5 $A_{\dot{A}qv}$ Площа проточного перерізу труби, яка відповідає винаходу, що прирівнюється до площі проточного перерізу гладкої труби, виводиться з обмеженою внутрішньою поверхнею, в якій пророблені жолобки, площі A_1 , яка може бути легко визначена за радіусом внутрішньої поверхні з $A_1 = \pi r_1^2$, і додаткових площ, які створюються числом N_T жолобків з даними площами A_T проточного перетину.

- 10 Після розв'язання вищезгаданого відношення прирівнювана до площі $A_{\dot{A}qv}$ проточного перерізу гладкої труби площа проточного перерізу труби, що відповідає винаходу тим самим може бути виражена наступним чином виключно за допомогою ознак, які характеризують трубу (далі також наводиться посилання на Формулу (1)):

$$\begin{aligned}
& C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{\dot{A}qv}| \\
& + (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7 \\
& + (|TT| - C5) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C9 \\
& + (VD - C6) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C10 \\
& + (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C11
\end{aligned}$$

UA 125533 C2

5 залежно від чисельного значення $|D_{\dot{A}qv}|$, що залежить від виміряного в мм внутрішнього діаметра Di еквівалентного діаметра $D_{\dot{A}qv}$, числа N_T жолобків і чисельного значення $|TT|$ виміряної в мм глибини TT жолобків, а також щільності VD жолобків, яка описує відношення N_T жолобків труби відносно контрольного числа N_{ref} максимально можливих наношуваних на внутрішню поверхню труби з однаковим еквівалентним діаметром $D_{\dot{A}qv}$ жолобків з глибиною жолобків $TT = 1,3$ мм у відсотках. При цьому константи встановлюються таким чином:

$$C1 = 1946,066$$

$$C2 = 302,378$$

$$10 \quad C3 = -2,178$$

$$C4 = 266,002$$

$$C5 = 1,954$$

$$C6 = 50,495$$

$$C7 = -2,004$$

$$15 \quad C8 = 79,732$$

$$C9 = -1,041$$

$$C10 = 0,04631$$

$$C11 = -0,26559$$

20 Було виявлено, що, коли обидва цих методів розрахунку параметра ототожнюються, виходить відношення $C3 * VD + C4 * |D_{\dot{A}qv}|$

$$+ (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7$$

$$+ (|TT| - C5) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C9$$

$$P1 * |D_{\dot{A}qv}| + P2 * |D_{\dot{A}qv}| + P3 =$$

$$C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{\dot{A}qv}|$$

або, з урахуванням додаткових перехресних зв'язків, відношення

$$+ (|TT| - C5) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C9$$

$$+ (VD - C6) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C10$$

$$+ (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C11$$

як опис відношення ознак, які характеризують трубу між собою, які характеризують трубу, яка покращує рентабельність термічного розкладання вуглеводнів в трубчастих печах з трубами, що нагріваються зовні. Ознаки, які конкретно застосовуються для труби, що характеризують трубу, а саме

- 5 - число N_T нанесених на внутрішню поверхню труби, що проходять спірально навколо осі труби вздовж внутрішньої поверхні жолобків,
 - діаметр внутрішньої поверхні, на яку були нанесені жолобки, в поперечному перерізі перпендикулярно подовжній осі,
 - радіус r_2 дна жолобка в жолобках, що мають в поперечному перерізі перпендикулярно до
 10 поздовжньої осі в своєму дні жолобка відповідно форму дуги окружності, і
 - глибина TT жолобків, яка в поперечному перерізі перпендикулярно до поздовжньої осі відповідно відповідає найменшій відстані між окружністю з діаметром D_i , на якій знаходиться внутрішня поверхня, та її центральна точка знаходиться на подовжній осі, і найвіддаленішою точкою дна жолобка від подовжньої осі,

15 можуть бути визначені простими ітераціями на основі цього відношення. Кожне спаровування цих чотирьох ознак, які характеризують трубу, яке задовольняє цьому відношенню, стосується труби, яка підвищує рентабельність термічного розкладання вуглеводнів в трубчастих печах з трубами, що нагріваються зовні.

20 На практиці виявилось, що витрати на ітерації в практичному значенні можуть бути навіть ще більш скорочені. Так, регламентації для окремих з чотирьох ознак, які характеризують трубу, виходять з обмежень відносно жорсткості або умов виготовлення, або також з того, що труба має бути виконана з певною площею проточного перерізу.

25 Максимально можлива вага окремої труби, що визначається установкою, в якій має бути використана труба, може обумовлювати обмеження максимальної товщини стінки труби, що знову ж з міркувань жорсткості призводить до обмеження максимально можливої глибини TT жолобків. Обмеження для товщини стінки (і тим самим для максимально можливої глибини TT жолобків) можуть обумовлюватися також іншими аспектами, наприклад, досяжною теплопередачею.

30 Міркування жорсткості також можуть задавати верхню межу для числа N_T нанесених на внутрішню поверхню труби, жолобків, які спірально проходять навколо подовжньої осі вздовж внутрішньої поверхні, у поєднанні з глибиною TT жолобків. Якщо наносити забагато, занадто глибоких жолобків, може бути дуже сильно ослаблена жорсткість труби.

35 Також внаслідок схильності труби до закоксування при термічному розкладанні вуглеводнів в присутності пари, за якою суміш, що обробляється пропускається через трубу, яка нагрівається зовні, можуть створюватися обмеження відносно радіуса r_2 дуги окружності дна жолобка в поєднанні з глибиною TT жолобка.

40 Крім того, обмеження, наприклад, відносно радіуса r_2 дна жолобка у формі дуги окружності в поєднанні з глибиною TT жолобка визначаються умовами виготовлення. Наприклад, жолобки можуть бути виготовлені у спосіб глибокого свердління отворів, наприклад, за технологією, як описаною в представленій заявником ще не опублікованій німецькій патентній заявці 10 2016 012 907.7. При цьому для формування жолобків можуть застосовуватися поворотні ріжучі пластини. Ці поворотні ріжучі пластини можуть бути придбані із заданими розмірами. Якщо вдаватися, що рекомендується по економічних міркуваннях, до вже придбаних поворотних ріжучих пластин, і відмовлятися, що також можливо, від можливості виготовлення поворотних
 45 ріжучих пластин спеціально для отримання конкретної труби, то тим самим також виходять фіксовані умови для радіуса r_2 дна жолобка у формі дуги окружності в поєднанні з глибиною TT жолобка. Також може виявитися, що труба з першим числом жолобків може бути виготовлена швидше і явно економічніше, ніж труба з другим, великим порівняно з першим, числом жолобків, так що звідси також виходить обмеження для числа жолобків, що наносяться.

50 Обмеження можуть обумовлюватися також тим, що для труби потрібна відома пропускна здатність відносно суміші, що обробляється, і звідси мінімальна площа проточного перерізу труби.

55 В результаті цього перед проведенням ітерацій задаються діапазони, в яких окремі з чотирьох ознак, які характеризують трубу не можуть бути застосовними, і тим самим вони можуть бути виключені при ітерації.

У описаному вище відношенні

$$\begin{aligned}
 & C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{\dot{A}qv}| \\
 & + (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7 \\
 & + (|TT| - C5) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C9 \\
 & C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{\dot{A}qv}| \\
 & + (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7 \\
 & + (|TT| - C5) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C9 \\
 & + (VD - C6) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C10 \\
 & + (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C11
 \end{aligned}$$

і в (дповідне) відношенні, що враховує додаткові перехресні зв'язки

використовується щільність VD жолобків. Щільність VD жолобків являє собою відношення
 5 числа N_T жолобків труби відносно контрольного числа N_{ref} максимально можливих
 наношуваних на внутрішню поверхню труби з однаковим еквівалентним діаметром $D_{\dot{A}qv}$
 жолобків з глибиною жолобків $TT = 1,3$ мм у відсотках.

Досвід, який відповідає винаходу, дозволяє застосовувати труби з широким спектром
 діаметрів Di внутрішньої поверхні, в якій сформовані жолобки. Очевидно, що в трубі при
 10 більшому діаметрі Di може бути сформоване більше число жолобків із заданим радіусом r_2
 дна жолобка у формі дуги окружності і заданою глибиною TT жолобка, ніж в трубі з меншим
 діаметром Di . Проте, щоб мати можливість вивести відношення для всіх діаметрів, була
 розроблена нормалізація, при якій вже використовується не фактичне число жолобків N_T у
 відношенні, а щільність VD жолобків.

Щільність VD жолобків виходить, оскільки вона виражається у відсотках, з відношення
 15 $VD = \frac{N_T}{N_{ref}} * 100$

Причому контрольне число N_{ref} являє собою найбільше натуральне число, при якому
 виконується відношення

20 причому $|r_{\dot{A}qv}| = \sqrt{\frac{A_{\dot{A}qv}}{\pi}}$ являє собою розрахований за формулою (1) еквівалентний діаметр, і причому

і за якого водночас можна ітеративно знайти r_{Nref} , що визначається так, що при зворотному
 зверненні до розрахованого за формулою (1) еквівалентного діаметра $A_{\dot{A}qv}$ виконується
 наступне відношення (що надалі називається також формулою (2)):

$$\arcsin \left(\frac{\sqrt{2 \cdot |r_{\dot{A}qv}| \cdot \left(2 \cdot (|r_{\dot{A}qv}| - |r_2| + 1,3) - \left(2 \cdot (|r_{\dot{A}qv}| - |r_2| + 1,3) \right)^2 \right)}}{UA \cdot |r_{\dot{A}qv}|} \right)$$

зі значеннями труби, для чого слід перевірити, чи забезпечується цим досягнення переважних результатів, які відповідають винаходу. Оскільки N_{ref} має представляти натуральне число, приймається натуральне число, яке відповідає розрахунковому значенню, або представляє наступне за розрахунковим значенням менше натуральне число. Як приклад тут слід прийняти трубу з $Di = 60$ мм, $TT = 2,05$ мм, $r_2 = 8$ мм і $N_T = 8$. Тим самим виходить для $N_{ref} \leq 19,4967769$. Тим самим автори даного винаходу приймають N_{ref} на першому етапі як 19.

На другому етапі перевіряється, чи може зі знайденим на першому етапі N_{ref} бути знайдене значення $r_{N_{ref}}$, при зворотному зверненні до розрахованого за формулою (1) еквівалентного діаметра $A_{N_{ref}}$ може виконуватися формула (2), без порушення додаткової умови $\pi \geq N_{ref} \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{2 \cdot |r_{N_{ref}}| \cdot \left(2 \cdot (|r_{N_{ref}}| - |r_2| + 1,3) - \left(2 \cdot (|r_{N_{ref}}| - |r_2| + 1,3) \right)^2 \right)}}{|r_{N_{ref}}|} \right)$.

$$r_{N_{ref}} < r_{\dot{A}qv}$$

Значення $A_{\dot{A}qv}$ розраховується за значеннями труби, для чого слід перевірити, чи забезпечується цим досягнення переважних результатів, які відповідають винаходу, з розрахунком за формулою (1). У разі вищезгаданих приблизних значень ($Di = 60$ мм, $TT = 2,05$ мм, $r_2 = 8$ мм і $N_T = 8$) величина $A_{\dot{A}qv}$ виходить такою, що дорівнює 2963,77397 мм² за вказаних приблизних значень. Таким чином, на другому етапі перевіряється пошук за N_{ref} , чи можна за допомогою знайденого на першому етапі N_{ref} знайти $r_{N_{ref}}$, що з розрахованим таким чином $A_{\dot{A}qv}$ виконується формула (2), і водночас задовольняються зазначені додаткові умови.

Ця ітерація може бути легко виконана за допомогою програми для роботи з таблицями, наприклад, програми Microsoft® Excel, і передбаченим в таких програмах для роботи з таблицями пошуком цільових значень. Спочатку береться перша порожня комірка, яка потім при виконанні операції пошуку приймається за "змінну комірку". Ця комірка заповнюється довільним чисельним значенням, наприклад, $|r_1|$. Тоді у другу комірку підставляється вищезгадане рівняння для $A_{\dot{A}qv}$, яке виражає $A_{\dot{A}qv}$ через $r_{N_{ref}}$, причому для $r_{N_{ref}}$, на яке посилається заповнена довільним чисельним значенням, наприклад, $|r_1|$, перша комірка, і значення для r_2

приймається з параметрів труби, відносно якого слід перевірити, чи забезпечується цим досягнення переважних результатів, які відповідають винаходу.

У третю комірку підставляється рівняння « $A_{\dot{A}qv}$ значення другої комірки», причому тут $A_{\dot{A}qv}$ розраховується за формулою (1) $\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)$

У четверту комірку вводиться рівняння $= \pi - N_{ref} \cdot \arcsin \left(\frac{|r_{Nref}|}{|r_1|} \right)$

Причому r_{Nref} посилається на заповнену довільним чисельним значенням, наприклад, $|r_1|$,

перша комірка, і значення для r_2 приймається з параметрів труби, відносно якого слід перевірити, чи забезпечується цим досягнення переважних результатів, які відповідають винаходу. У п'яту комірку водиться оператор "якщо-то" (if-then-test), який видає слово "НЕВІРНО", коли значення в четвертій комірці менше нуля, і в іншому випадку слово "ПРАВИЛЬНО".

Тоді за допомогою підготовленої таким чином робочої таблиці можна почати передбачений в програмі для роботи з таблицями пошук цільових значень. У пошуку цільових значень запитується, яка комірка є цільовою. Для цього задається третя комірка. Крім того, в пошуку цільових значень запитується цільове значення. Воно задається як 0 (нуль). Крім того, в пошуку цільових значень запитується змінна комірка. Для цього вказується перша комірка. Пошук цільових значень призводить до значення в першій комірці. Якщо при цьому значенні вміст п'ятої комірки представляється як "ПРАВИЛЬНО", тоді знайдене на першому етапі значення N_{ref} являє собою N_{ref} , що застосовується. Якщо значення п'ятої комірки представляється як "НЕВІРНО", тоді знайдене на першому етапі значення N_{ref} скорочується на число 1, і тим самим утворює нове значення N_{ref} , з яким знову проводиться другий етап. Як правило, це вже в кінці пошуку цільових значень дає значення в першій комірці, якому в п'ятій комірці також виводиться слово "ПРАВИЛЬНО", так що отримане тим самим нове значення N_{ref} являє собою використовуване значення N_{ref} . У іншому випадку нове значення N_{ref} повторно скорочується на число 1, і знову виконується другий етап. Було показано, що навіть коли такий пошук цільових значень в програмі для роботи з таблицями не є виконаним в останніх значеннях після коми, це завдяки іншим допускам не здійснює помітний вплив на підсумковий параметр.

Зі знайденим таким чином значенням N_{ref} можуть бути визначені для труби, відносно якої слід перевірити, чи забезпечується цим досягнення переважних результатів, які відповідають винаходу, значення щільності $VD = 100 \cdot N_T / N_{ref}$ жолобків з значенням VD виходить, що $VD + C4 \cdot |D_{\dot{A}qv}|$

$$+ (|TT| - C5) \cdot (VD - C6) \cdot C7$$

$$+ (|TT| - C5) \cdot (|D_{\dot{A}qv}| - C8) \cdot C9$$

або, з урахуванням додаткових перехресних зв'язків, що

$$\begin{aligned}
& P1 * |D_{\dot{A}qv}|^2 + P2 * |D_{\dot{A}qv}| + P3 = \\
& C1 + C2 * |TT| + C3 * VD + C4 * |D_{\dot{A}qv}| \quad 125533 \quad C2 \\
& + (|TT| - C5) * (VD - C6) * C7 \\
& + (|TT| - C5) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C9 \\
& + (VD - C6) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C10 \\
& + (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C11
\end{aligned}$$

тоді є підтвердження того, що труба з цими чотирма ознаками (N_T, Di, r_2, TT), які ґрунтуються на розрахунку, що характеризують трубу покращує рентабельність термічного розкладання вуглеводнів в трубчастих печах з трубами, що нагріваються зовні.

5 При вищезгаданих приблизних значеннях ($Di = 60$ мм, $TT = 2,05$ мм, $r_2 = 8$ мм і $N_T = 8$) на першому етапі виходить $N_{ref} = 19$. На другому етапі пошук цільових значень з $N_{ref} = 19$ надає $r_{Nref} = 29,4509992$. Проте, в четвертій комірці виходить значення $-0,07096658$, так що в п'ятій комірці виводиться слово "НЕВІРНО". Значення N_{ref} скорочується від 19 на число 1 до 18, і знову проводиться другий етап, тим самим призводячи до результату пошуку цільових значень 10 з $N_{ref} = 18$ до значення $r_{Nref} = 29,5192908$. Проте в четвертій комірці виходить значення $-0,10620948$, так що в п'ятій комірці виводиться слово "ПРАВИЛЬНО". При додатковому випробуванні труби $N_{ref} = 18$ на приналежність до винаходу для розрахунку щільності VD жолобків застосовувалося б значення $N_{ref} = 18$.

15 Труба, яка відповідає винаходу, пролягає вздовж подовжньої осі і має сформовані в її внутрішній поверхні жолобки. Число наявних жолобків виражається змінною величиною N_T . Жолобки пролягають спіралеподібно навколо подовжньої осі вздовж внутрішньої поверхні труби. У одному переважному варіанті виконання жолобки рівномірно розподілені по окружності труби. Тим самим мається на увазі, що в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі для всіх жолобків відстань в обводовому напрямку між двома розміщеними 20 сусідніми між собою жолобками є однаковою для всіх жолобків.

Глибина жолобків розуміється як відстань до найглибшої точки жолобка від внутрішньої поверхні. Тим самим мається на увазі найкоротша відстань в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі між найвіддаленішою точкою жолобка, якщо розглядати у 25 радіальному напрямку (найглибшою точкою), і окружність внутрішньої поверхні навколо подовжньої осі, на якій знаходяться найвіддаленіші всередину інші розташовані між жолобками ділянки внутрішньої поверхні. Передбачаються варіанти здійснення винаходу, в яких внутрішня поверхня труби має циліндричну форму, і в цій циліндричній внутрішній поверхні сформовані жолобки. Між жолобками тоді залишаються ділянки внутрішньої поверхні, які ділянки утворюють 30 внутрішню поверхню. Окружність внутрішньої поверхні, на якій знаходяться найвіддаленіші всередину ділянки внутрішньої поверхні, являє собою, оскільки в цьому варіанті здійснення всі інші ділянки внутрішньої поверхні розміщені однаково віддалено всередину, окружність в поперечному перерізі, на якому знаходяться інші ділянки циліндричної внутрішньої поверхні.

Але також передбачаються варіанти здійснення, в яких внутрішня поверхня, що залишається між двома жолобками, звужується майже в лінію, оскільки вибирається дуже 35 велике устя жолобка (поперечний переріз жолобка у внутрішній поверхні). Зокрема, коли при такому варіанті здійснення кривизна поверхні жолобка змінюється від кривизни увігнутого дна жолобка (дна жолобка в формі дуги окружності) до кривизни опуклої поверхні жолобка в ділянці устя жолобка, подібні варіанти здійснення можуть діяти так, що ребра (причому тим самим тоді 40 малася на увазі б увігнуто зігнена ділянка жолобка), які знаходяться в окружному напрямку на жолобках (причому тим самим тоді малася на увазі б опукло зігнена ділянка жолобка) змикалися б, і стінка, що обмежує жолобок (точніше: увігнуто зігнене дно жолобка) переходила б в зовнішню поверхню ребер. Окружність внутрішньої поверхні, на якій відповідно знаходяться найвіддаленіші всередину ділянки внутрішньої поверхні, за таких варіантів здійснення являє

собою окружність в поперечному перерізі, на якій в цьому поперечному перерізі знаходяться вершинні точки "ребер". Глибина жолобка в знайденому згідно з винаходом відношенні, що характеризує трубу, виражається змінною величиною TT .

У переважному варіанті здійснення жолобки в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжній осі, щонайменше у дна жолобка, мають скруглений поперечний переріз, який переважно може бути приблизно представлений як дуга окружності, або ж може відповідати дузі окружності. У переважному варіанті здійснення, в ділянці устя жолобка геометрична форма поперечного перерізу жолобка може розширюватися, зокрема, шляхом зміни увігнутої геометрії поперечного перерізу у дна жолобка на опуклу геометрію поперечного перерізу в ділянці устя жолобка. У альтернативному варіанті здійснення геометрія поперечного перерізу всього жолобка в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі може бути приблизно представлена як дуга окружності, або ж може відповідати дузі окружності. Однаковим чином представляються варіанти здійснення, в яких жолобок в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі має геометрію поперечного перерізу як частина еліпсу. У переважному варіанті здійснення форма поперечного перерізу жолобка для всіх поперечних перерізів перпендикулярно подовжньої осі залишається однаковою. У одному особливо переважному варіанті здійснення форма і розмір поперечного перерізу жолобка перпендикулярно до подовжньої осі залишаються однаковими для всіх поперечних перерізів перпендикулярно до подовжньої осі. У одному переважному варіанті здійснення всі жолобки труби в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжній осі, переважно у всіх поперечних перетинах перпендикулярно до подовжній осі, мають однакову форму і розмір. Якщо жолобки мають відмінні розміри, і, особливо, відмінні глибини жолобків, то для відношення, що характеризує трубу, відповідно до винаходу, застосовується глибина TT найглибшого жолобка.

У одному переважному варіанті здійснення поперечний переріз труби перпендикулярно до подовжньої осі є обертальним-симетричним навколо подовжньої осі. Під цьому мається на увазі, що є щонайменше один кут між 0° і 360° , при якому поперечний переріз труби може відтворюватися сам по собі при обертанні навколо подовжньої осі.

У одному переважному варіанті здійснення поперечний переріз труби перпендикулярно до подовжньої осі є точково-симетричним навколо точки, яка приймається на подовжній осі в цьому поперечному перерізі.

У одному переважному варіанті здійснення поперечний переріз труби перпендикулярно до подовжньої осі є дзеркально-симетричним навколо осі, що знаходиться в цьому поперечному перерізі, який пролягає перпендикулярно до подовжній осі.

Труба в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі має внутрішній діаметр, який виражається змінною величиною Di . Внутрішній діаметр являє собою діаметр окружності внутрішньої поверхні, тобто, окружність навколо подовжньої осі, на якій знаходиться розміщена найдалі решта ділянок внутрішньої поверхні між жолобками.

У одному переважному варіанті здійснення поперечний переріз труби на внутрішньому боці має діаметр Di в діапазоні від 15 мм до 280 мм, особливо переважно від 15 мм до 180 мм, особливо переважно від 20 мм до 150 мм, і особливо переважно від 30 мм до 140 мм.

У одному переважному варіанті здійснення глибина TT жолобка становить величину в діапазоні від 0,1 мм до 10 мм, особливо переважно від 1,0 мм до 7 мм, і найбільш переважно від 1,0 мм до 4 мм.

У одному переважному варіанті здійснення число N_T жолобків становить величину в діапазоні від 1 до 100, особливо переважно від 2 до 50, і найбільш переважно від 2 до 30.

У одному переважному варіанті здійснення щільність VD жолобків становить величину в діапазоні 1 % до 347 %, особливо переважно від 2 % до 113 %, і найбільш переважно від 10 % до 105 %.

У одному переважному варіанті здійснення жолобки пролягають під кутом від 20° до 40° , переважно від $22,5^\circ$ до $32,5^\circ$, відносно подовжньої осі.

У одному переважному варіанті здійснення, в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжній осі сегмент дуги окружності, що займає ділянку внутрішньої поверхні, що знаходиться між двома жолобками на окружності внутрішньої поверхні, складає величину, яка є більшою ніж 1 % сегмента дуги окружності, що займає біля устя жолобка щонайменше одна з цих ділянок внутрішньої обмежуючої жолобки поверхні на окружності внутрішньої поверхні, зокрема, більшої ніж 2 %, зокрема, більшої ніж 5 %, зокрема, більшої ніж 10 %, зокрема, більшої ніж 30 %, зокрема, більшої ніж 50 %, зокрема, більшої ніж 70 %. У одному переважному варіанті здійснення в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжній осі сегмент дуги окружності, що займає ділянку внутрішньої поверхні, що знаходиться між двома жолобками на окружності

внутрішньої поверхні є однаковим або більшим, ніж сегмент дуги окружності, що займає біля устя жолобка щонайменше одну з цих ділянок внутрішньої обмежуючої жолобки поверхні на окружності внутрішньої поверхні.

5 Пристрій, який відповідає винаходу для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, за якої оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні, має щонайменше одну трубу, яка відповідає винаходу.

У трубі, яка відповідає винаходу, вирівнюється неминуче різне по окружності труби між світлою і тінною стороною підведення тепла в стінку труби і всередину труби, і при цьому тепло швидко підводиться до серцевинної зони. Цим зумовлюється зниження небезпеки локального перегрівання технологічного газу на стінці труби і викликане цим утворення коксу. Крім того, завдяки вирівнюванню температур між світлою і тінною сторонами знижується термічне навантаження на матеріал труби, що призводить до подовження терміну служби. Зрештою, відносно труби, яка відповідає винаходу, це обумовлює також вирівнювання температури по поперечному перерізу труби з покращенням внаслідок цього виходу олефіну. 10 Це ґрунтується на тому, що без радіального вирівнювання температур, що відповідає винаходу, всередині труби на гарячій стінці труби це призводило б до надмірного розкладання, і всередині труби до меншого реакційного перетворення.

Труба, що відповідає винаходу, може бути залежно від матеріалу виготовлена, наприклад, з отриманої відцентровим литтям труби таким чином, що кінці труби з вісепаралельними жолобками скручуються відносно один одного, або що внутрішній профіль створюється попереднім формуванням отриманої відцентровим литтям труби, наприклад, гарячим куванням, гарячим волочінням або холодним формуванням за допомогою профілювального інструмента, наприклад, консольної оправки або стрижневої оправки із зовнішнім профілем, який відповідає внутрішньому профілю труби. 20

Металорізальні станки для внутрішнього профілювання труб відомі в різних варіантах, наприклад, з патентного документа Німеччини 195 23 280. Ці станки придатні також для виготовлення труби, що відповідає винаходу. 25

Внутрішня поверхня труби, що відповідає винаходу, повинна мати за можливістю, незначну шорсткість; тому вона може бути вигладжена, наприклад, механічно відполірована або електролітично вирівняна. 30

Як матеріал труби придатні для застосування в установках для отримання етилену залізо-хромом-нікелеві сплави з вмістом від 0,1 % до 0,5 % вуглецю, від 20 % до 35 % хрому, від 20 % до 70 % нікелю, до 3 % кремнію, до 1 % ніобію, до 5 % вольфраму, а також з добавками гафнію, титану, рідкісноземельних елементів, або цирконію, відповідно до 0,5 %, і до 6 % алюмінію. 35

Зокрема, для труби переважно використовується залізо-хромом-нікелевий сплав з високою стійкістю до окиснення і науглецювання, утомною міцністю і з високою межею повзучості, з від 0,05 % до 0,6 % вуглецю від 20 % до 50 % хрому від 5 % до 40 % заліза до 6 % алюмінію до 2 % кремнію до 2 % марганця до 1,5 % ніобію до 1,5 % танталу до 6,0 % вольфраму до 1,0 % титану до 1,0 % цирконію до 0,5 % ітрію до 0,5 % церію до 0,5 % молібдену до 0,1 % азоту, причому інша кількість становить нікель, в тому числі привнесені в процесі виплавляння домішки. 40 45 50

Нижченаведена таблиця показує можливі варіанти здійснення винаходу, які відповідають відношенню, пропонованому згідно з винаходом. При цьому в одному рядку для вибраного внутрішнього діаметра $D_{\dot{A}qv}$ наводиться пара значень N_{TMax} і TT_{min} і VD_{max} для доброї, але в співвідношенні з другою парою значень N_{TMin} і TT_{Max} і VD_{min} нижчої теплопередачі. Додатково таблиця показує оцінену за допомогою моделюючої програми теплопередачу 55

$(H_{\min}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\min}, VD_{Max}))$ [Ват] для меншої теплопередачі; $H_{Max}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\max}, VD_{\min})$ [Ват] для ще додатково покращеної теплопередачі).

№	$D_{\dot{A}qv}$	N_{TMax}	VD_{Max}	TT_{\min}	$H_{\min}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\min}, VD_{Max})$
					[Bar]
1	35	9	100	1,3	10831,95559
2	40	11	100	1,3	12288,96106
3	45	12	100	1,3	13732,69121
4	50	14	100	1,3	15163,14603
5	55	16	100	1,3	16580,32553
6	60	18	100	1,3	17984,2297
7	65	20	100	1,3	19374,85855
8	70	21	100	1,3	20752,21208
9	75	23	100	1,3	22116,29028
10	80	25	100	1,3	23467,09315
11	85	27	100	1,3	24804,62071
12	90	29	100	1,3	26128,87294
13	95	30	100	1,3	27439,84984
14	100	32	100	1,3	28737,55142
15	105	34	100	1,3	30021,97768
16	110	36	100	1,3	31293,12861
17	115	38	100	1,3	32551,00422
18	120	39	100	1,3	33795,6045
19	125	41	100	1,3	35026,92946
20	130	43	100	1,3	36244,9791
21	135	45	100	1,3	37449,75341
22	140	47	100	1,3	38641,25239
23	160	54	100	1,3	43274,4951
24	180	61	100	1,3	47695,33262
25	200	68	100	1,3	51903,76496
26	280	97	100	1,3	66613,44243

№	$D_{\dot{A}qv}$	N_{TMin}	VD_{\min}	TT_{\max}	$H_{Max}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\max}, VD_{\min})$
					[Bar]
27	35	3	33,33333333	2,7	11564,65262
28	40	3	27,27272727	2,7	13032,35209
29	45	3	25	2,7	14463,96054
30	50	3	21,42857143	2,7	15887,80079
31	55	3	18,75	2,7	17292,40888
32	60	3	16,66666667	2,7	18679,77042
33	65	3	15	2,7	20051,07678
34	70	3	14,28571429	2,7	21404,40771
35	75	3	13,04347826	2,7	22746,18795
36	80	3	12	2,7	24073,38983
37	85	3	11,11111111	2,7	25386,30292
38	90	3	10,34482759	2,7	26685,1369
39	95	3	10	2,7	27969,09023
40	100	3	9,375	2,7	29240,37497
41	105	3	8,823529412	2,7	30497,91084
42	110	3	8,333333333	2,7	31741,77677
43	115	3	7,894736842	2,7	32972,03508
44	120	3	7,692307692	2,7	34188,38764
45	125	3	7,317073171	2,7	35391,6438
46	130	3	6,976744186	2,7	36581,40387
47	135	3	6,666666667	2,7	37757,6973
48	140	3	6,382978723	2,7	38920,54851

49	160	3	5,555555556	2,7	43437,89962
50	180	3	4,918032787	2,7	47741,49693
51	200	3	4,411764706	2,7	51831,75693
52	280	3	3,092783505	2,7	66063,32146

Було з'ясовано, що очікувана теплопередача як для доброї, але в співвідношенні з додатково оптимізованої трохі меншої теплопередачі ($H_{\min}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\min}, VD_{\max})$ [Ват]), так і для додатково оптимізованого значенні $H_{\max}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\max}, VD_{\min})$ [Ват]), може відбуватися прямо

- 5 пропорційно внутрішньому діаметру, як показано на Фіг. 4. Нижченаведена таблиця показує значення різних змінних величин відносин, що застосовуються згідно з винаходом для окремої труби. Донні частини жолобків у формі дуги окружності мали радіус r_2 8 мм.

№	$A_{\dot{A}qv}$	A_1	A_r	r_1	b_1	b_2	s	h
1	962,113	870,691	10,158	16,648	11,365	12,331	11,146	0,961
2	1256,637	1149,789	9,713	19,131	10,883	11,77	10,737	0,769
3	1590,431	1477,643	9,399	21,688	10,543	11,374	10,44	0,638
4	1963,495	1835,026	9,176	24,168	10,303	11,093	10,226	0,547
5	2375,829	2231,74	9,006	26,653	10,12	10,878	10,059	0,479
6	2827,433	2667,765	8,87	29,141	9,975	10,708	9,927	0,426
7	3318,307	3143,09	8,761	31,63	9,858	10,57	9,818	0,383
8	3848,451	3666,405	8,669	34,162	9,76	10,455	9,727	0,348
9	4417,865	4220,229	8,593	36,652	9,679	10,359	9,65	0,319
10	5026,548	4813,348	8,528	39,143	9,609	10,278	9,585	0,295
11	5674,502	5445,756	8,472	41,635	9,55	10,207	9,529	0,274
12	6361,725	6117,451	8,423	44,128	9,498	10,146	9,48	0,255
13	7088,218	6836,823	8,38	46,65	9,452	10,092	9,436	0,239
14	7853,982	7587,043	8,342	49,143	9,411	10,044	9,397	0,225
15	8659,015	8376,545	8,308	51,637	9,375	10,001	9,362	0,213
16	9503,318	9205,329	8,277	54,131	9,343	9,963	9,331	0,201
17	10386,891	10073,393	8,25	56,626	9,314	9,928	9,303	0,191
18	11309,734	10988,968	8,225	59,143	9,287	9,897	9,278	0,182
19	12271,846	11935,564	8,202	61,638	9,263	9,868	9,254	0,174
20	13273,229	12921,438	8,181	64,133	9,241	9,842	9,233	0,166
21	14313,882	13946,589	8,162	66,628	9,221	9,818	9,213	0,159
22	15393,804	15011,017	8,144	69,124	9,202	9,796	9,195	0,153
23	20106,193	19669,568	8,086	79,127	9,14	9,722	9,135	0,132
24	25446,9	24956,406	8,041	89,128	9,092	9,666	9,088	0,116
25	31415,927	30871,542	8,006	99,13	9,055	9,621	9,052	0,103
26	61575,216	60807,235	7,917	139,124	8,962	9,511	8,96	0,072
27	962,113	877,692	28,14	16,715	14,619	17,379	14,158	1,573
28	1256,637	1175,212	27,142	19,341	14,145	16,706	13,832	1,279

29	1590,431	1511,08	26,45	21,932	13,82	16,241	13,592	1,08
30	1963,495	1885,673	25,941	24,5	13,582	15,899	13,409	0,935
31	2375,829	2299,186	25,548	27,053	13,4	15,636	13,263	0,825
32	2827,433	2751,727	25,236	29,596	13,255	15,426	13,145	0,739
33	3318,307	3243,365	24,981	32,131	13,138	15,256	13,047	0,669
34	3848,451	3774,144	24,769	34,66	13,041	15,114	12,964	0,612
35	4417,865	4344,095	24,59	37,186	12,959	14,994	12,894	0,563
36	5026,548	4953,239	24,437	39,707	12,889	14,891	12,833	0,522
37	5674,502	5601,591	24,304	42,226	12,829	14,802	12,779	0,486
38	6361,725	6289,163	24,187	44,743	12,776	14,724	12,732	0,455
39	7088,218	7015,965	24,085	47,257	12,729	14,656	12,691	0,428
40	7853,982	7782,002	23,993	49,77	12,688	14,595	12,653	0,404
41	8659,015	8587,28	23,912	52,282	12,651	14,54	12,62	0,382
42	9503,318	9431,804	23,838	54,793	12,617	14,491	12,589	0,363

43	10386,891	10315,577	23,771	57,302	12,587	14,446	12,562	0,345
44	11309,734	11238,601	23,711	59,811	12,56	14,406	12,537	0,329
45	12271,846	12200,88	23,656	62,319	12,535	14,369	12,514	0,315
46	13273,229	13202,415	23,605	64,826	12,512	14,335	12,493	0,302
47	14313,882	14243,208	23,558	67,333	12,491	14,304	12,473	0,289
48	15393,804	15323,26	23,515	69,839	12,472	14,275	12,455	0,278
49	20106,193	20036,081	23,371	79,86	12,407	14,178	12,394	0,241
50	25446,9	25377,119	23,26	89,877	12,357	14,105	12,347	0,212
51	31415,927	31346,407	23,173	99,889	12,318	14,046	12,31	0,19
52	61575,216	61506,358	22,953	139,922	12,22	13,899	12,216	0,133

При використаному для оцінки значень $H_{min}(D_{\dot{A}qv}, TT_{min}, VD_{Max})$ [Вт] і $H_{Max}(D_{\dot{A}qv}, TT_{max}, VD_{min})$ [Вт] CFD-аналізу (Обчислювальний гідродинамічний аналіз)

застосовувалися наступні умови моделювання.

- 5 Крайові умови для моделювання теплопередачі:
 температура камери для зовнішнього нагріву труби: 1300 °C
 випромінювальна здатність ε труби: 0,85
 облік світлої/тіньової сторін (світла сторона: 80 % випромінювання, 20 % конвекції; тіньова сторона: 20 % випромінювання, 80 % конвекції), а також фізичних властивостей матеріалу – густини, питомої теплоємності і теплопровідності, залежно від температури
- 10 модельна довжина: 2 м

Таблиця 1

стан суміші, що вводиться на вході в трубу

Параметр	Значення
Температура, °C	621
Тиск, бар (МПа)	2 (0,2)
Питомий масопотік відносно площі, г/(сек·м2)	52912,8

Таблиця 2

фізичні властивості суміші, що обробляється

Температура, °C	Густина, кг/м³	Питома теплоємність кДж/кгК	Динамічна в'язкість кг/м·сек	Теплопровідність Вт/мК
620	0,87467615	2,81553015	2,941481E-05	0,08947538
630	0,86669998	2,82698110	2,974235E-05	0,09122076
640	0,85872380	2,83843205	3,006989E-05	0,09296613
650	0,85074763	2,84988300	3,039743E-05	0,09471151
660	0,84277145	2,86133395	3,072497E-05	0,09645688
670	0,83479528	2,87278490	3,105251E-05	0,09820226
680	0,82681910	2,88423585	3,138005E-05	0,09994763
690	0,81884293	2,89568680	3,170759E-05	0,10169301
700	0,81086675	2,90713775	3,203513E-05	0,10343838
710	0,80289058	2,91858870	3,236268E-05	0,10518376
720	0,79491440	2,93003965	3,269022E-05	0,10692913
730	0,78693823	2,94149060	3,301776E-05	0,10867451
740	0,77896205	2,95294155	3,334530E-05	0,11041988
750	0,77098588	2,96439250	3,367284E-05	0,11216526
760	0,76300970	2,97584345	3,400038E-05	0,11391063
770	0,75503353	2,98729440	3,432792E-05	0,11565601
780	0,74705735	2,99874535	3,465546E-05	0,11740138
790	0,73908118	3,01019630	3,498300E-05	0,11914676
800	0,73110500	3,02164725	3,531055E-05	0,12089213
810	0,72312883	3,03309820	3,563809E-05	0,12263751
820	0,71515265	3,04454915	3,596563E-05	0,12438288
830	0,70717648	3,05600010	3,629317E-05	0,12612826

840	0,69920030	3,06745105	3,662071E-05	0,12787363
850	0,69122413	3,07890200	3,694825E-05	0,12961901

Труба, яка відповідає винаходу, переважно застосовується для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, за якої оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні.

5 Далі винахід більш детально роз'яснюється за допомогою креслення, яке представляє лише тільки варіанти здійснення винаходу. На ньому показано:

Фіг. 1 вигляд труби, що відповідає винаходу в перспективі,

Фіг. 2 перший можливий поперечний переріз труби, що відповідає винаходу в площині перерізу перпендикулярно до поздовжньої осі труби,

10 Фіг. 3 другий можливий поперечний переріз труби, що відповідає винаходу в площині перерізу перпендикулярно до поздовжньої осі труби,

Фіг. 4 діаграма, яка зображує пари чисел N_T жолобків, що призводять до добрих результатів і глибин TT жолобків, і пари чисел N_T жолобків, які призводять до додатково покращених результатів і глибин TT жолобків, що представляє залежність такою, що досягається за допомогою цієї пари теплопередачі від внутрішнього діаметра, і

Фіг. 5 представляє вигляд в розрізі труби з жолобком, що відповідає винаходу.

Представлена на Фіг. 1 труба 1, яка відповідає винаходу є протяжною вздовж подовжньої осі A і має нанесені в кількості 3 на внутрішню поверхню, жолобки 2, які пролягають спіралеподібно навколо подовжньої осі A вздовж внутрішньої поверхні.

20 У представленому на Фіг. 2 поперечному перерізі труби, що відповідає винаходу 1 можна бачити, що згідно з одним переважним варіантом здійснення жолобки 2 сформовані на виконаній в іншому циліндричній внутрішній поверхні труби 1. Між жолобками 2 тим самим залишаються ділянки виконаної з циліндричною формою внутрішньої поверхні труби 1.

На Фіг. 2 зазначені глибина TT жолобків і діаметр Di і окружність 3 внутрішньої поверхні.

25 На Фіг. 2 також показано, що поперечний переріз жолобків 2 може бути представлений дугою окружності.

У показано на Фіг. 3 поперечному перерізі труби 1, що відповідає винаходу, можна бачити, що згідно з альтернативним варіантом здійснення жолобки, виконані увігнутими в дні 4 жолобка, у напрямку до устя 5 жолобка можуть перейти в опуклу форму, і що ділянка внутрішньої поверхні, що залишилася між двома жолобками 2 звужується майже в лінію. На Фіг. 3 зазначені глибина TT жолобків і діаметр Di і окружність 3 внутрішньої поверхні.

30 Фіг. 4 показує наведені в таблиці значення $(H_{\min}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\min}, VD_{Max})$ [Ват]) і $H_{Max}(D_{\dot{A}qv}, TT_{\max}, VD_{\min})$ [Ват] залежно від еквівалентного діаметра $D_{\dot{A}qv}$. Можна бачити, що ці

значення відповідно можуть бути представлені однією лінією.

35 Фіг. 5 і окремо виділений на Фіг. 5 фрагмент Y відтворюють на прикладі труби з жолобком, яка відповідає винаходу, що застосовується в пунктах формули винаходу і в описі номенклатури з скороченнями $A_1, r_1, TT, h, b_2, b_1, A_T, r_2$ і s .

Як можуть бути знайдені чотири значення що характеризують трубу значення N_T, Di, r_2 і TT , може бути показано в нижченаведених прикладах.

40 У одному прикладі ставиться зовнішня вимога, що площа проточного перерізу має відповідати гладкій трубі з діаметром 60 мм. Крім того, внаслідок застосовуваних для виготовлення труби інструментів у виробничому плані виникає таке обмеження, що при жолобках, які мають в поперечному перерізі форму дуги окружності має вибиратися глибина TT жолобків 1,3 мм, і радіус r_2 дна жолобка у формі дуги окружності 8 мм. Виникає питання, чи

45 може при такому діаметрі Di і з таким числом жолобків бути покращена рентабельність термічного розкладання вуглеводнів в трубчастих печах з трубами, що нагріваються зовні.

Тим самим вихідним пунктом є:

$$D_{\dot{A}qv} = 60 \text{ мм}$$

$$A_{\dot{A}qv} = \pi(60/2)^2 = 2827,43 \text{ мм}^2$$

50 $TT = 1,3 \text{ мм}$

$$r_2 = 8 \text{ мм}$$

$$N_{ref} \leq \frac{\pi}{\sqrt{2 \cdot |r_{\dot{A}qv}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{\dot{A}qv}| - |r_2| + 1,3)} \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{\dot{A}qv}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2}}$$

3 $A_{\dot{A}qv}$ безпосередньо впливає $r_{\dot{A}qv} = Di_{\dot{A}qv} / 2 = 30$ мм

3 $r_2, r_{\dot{A}qv}$ виходить для визначення N_{ref} на першому етапі з формулою

перше значення N_{ref} до рівності 18, з цим N_{ref} з вищеприведеного пошуку цільових значень виходить $r_{N_{ref}}$ 29,1406241, з яким в той же час виконується додаткова умова,

$$\pi \geq N_{ref} \cdot \arcsin \left(\frac{N_{ref} \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{\dot{A}qv}| - |r_2| + 1,3)} \right) \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{\dot{A}qv}| - |r_2| + 1,3)}$$

$$r_{N_{ref}} < r_{\dot{A}qv}^2$$

$$P1 * |D_{\dot{A}qv}| + P2 * |D_{\dot{A}qv}| + P3 =$$

Тим самим як N_{ref} має застосовуватися число 18.

$$C1 * |TT| + C2 * |VD - C6| + C3 * |D_{\dot{A}qv}| - C4 * |D_{\dot{A}qv}| = 100$$

10 Застосуванням мінімальних значень для $P1, P2$ і $P3$ для лівого члена рівняння виходить

$$+ (|TT| - C5) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C9$$

$$+ (VD - C6) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C10$$

$$+ (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C11$$

3 константами

$$C1 = 1946,066$$

$$C2 = 302,378$$

$$C3 = -2,178$$

$$C4 = 266,002$$

$$C5 = 1,954$$

$$C6 = 50,495$$

$$C7 = -2,004$$

$$C8 = 79,732$$

$$C9 = -1,041$$

$$C10 = 0,04631$$

$$C11 = -0,26550$$

$$-0,2 \geq P1 \geq -0,3$$

5

$$310 \leq P2 \leq 315$$

$$200 \leq P3 \leq 1500$$

значення

$$P1 * |D_{\dot{A}qv}|^2 + P2 * |D_{\dot{A}qv}| + P3 = -0,3 * (60)^2 + 310 * 60 + 200 = 17,720$$

10

і з використанням максимальних значень для $P1$, $P2$ і $P3$ для лівого члена рівняння виходить

$$C1 + C2 * |IT| + C3 * VD + C4 * |D_{\dot{A}qv}| + P1 * |D_{\dot{A}qv}|^2 + P2 * |D_{\dot{A}qv}| + P3 = -0,2 * (60)^2 + 315 * 60 + 1500 = 19,680$$

Для правого члена рівняння

$$C9 + (VD - C6) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C10 + (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * (|D_{\dot{A}qv}| - C8) * C11$$

15

$$1946,066 + 302,378 * 1,3 + -2,178 * VD + 266,002 * 60$$

виходить при підстановці $VD = 50,495$

$$+ (1,3 - 1,954) * (60 - 79,732) * -1,041$$

$$+ (VD - 50,495) * (60 - 79,732) * 0,04631$$

$$+ (60 - 79,732) * (60 - 79,732) * -0,26550$$

тоді:

$$18162,4329 - 1,7812VD$$

і з

$$VD = N_T / N_{ref} * 100 = N_T / 18 * 100 = 5,5556 N_T$$

виходить

$$18162,4329 - 9,8954 N_T$$

20 Щоб гарантувати, що труба забезпечує переваги відповідно до винаходу, значення N_T має вибиратися так, щоб виконувалося відношення

$$19,680 \geq 18162,4329 - 9,8954 N_T$$

і відношення

$$18162,4329 - 9,8954 N_T \geq 17,720$$

25 Обидва відношення виконувалися б при $1 \leq N_T \leq 44,71$.

Оскільки знайдене таким чином значення N_T є більшим, ніж виходить розрахована досі величина N_{ref} , то навіть при нанесенні максимально можливого числа жолобків ($N_{ref} = 18$) з такою глибиною виїмки завжди ще може досягатися перевага, яка відповідає винаходу. Тим самим користувач в цьому прикладі виконання може вільно оснащувати трубу максимально можливим числом жолобків без втрати переваг винаходу.

30 Зі знайденим таким чином значенням N_T можна ітеративно визначити радіус r_1 труби, і тим самим внутрішній діаметр $Di (= 2r1)$ труби за формулою (1), оскільки $A_{\dot{A}qv} = 2827,43$ мм².

Таким чином, можуть бути визначені всі необхідні параметри для виготовлення труби, яка забезпечує переваги винаходу.

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Труба для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, при якому оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні, причому:

10 - труба (1) простягається вздовж подовжньої осі (A) і має число N_T жолобків (2), сформованих у внутрішній поверхні труби (1), які спіралеподібно проходять навколо подовжньої осі (A) вздовж внутрішньої поверхні,

- внутрішня поверхня, в якій були сформовані жолобки (2), в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі (A) має діаметр D_i і радіус $r_1 = D_i/2$,

15 - жолобки (2) в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі (A) в своєму дні (4) жолобків відповідно мають форму дуги окружності, і дуга окружності має радіус r_2 ,

жолобки (2) відповідно мають глибину TT жолобків, яка відповідає найкоротшій відстані в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі (A) між окружністю з діаметром D_i , в

15 якого знаходиться внутрішня поверхня, і її серединна точка знаходиться на подовжній осі (A) і найвіддаленішій від подовжньої осі (A) точці дна (4) жолобка (2), яка **відрізняється** тим, що

20 чисельне значення $ID_{\bar{A}qv}$ еквівалентного діаметра $D_{\bar{A}qv}$ і число N_T жолобків (2) і чисельне значення $ITTI$ виміряної в мм глибини TT жолобків (2) задовольняють відношення:

$$P1 \cdot ID_{\bar{A}qv}^2 + P2 \cdot ID_{\bar{A}qv} + P3 =$$

$$C1 + C2 \cdot ITTI + C3 \cdot VD + C4 \cdot ID_{\bar{A}qv}$$

$$+ (ITTI - C5) \cdot (VD - C6) \cdot C7$$

25 $+ (ITTI - C5) \cdot (ID_{\bar{A}qv} - C8) \cdot C9,$

з константами
 $C1 = 1946,066$

$$C2 = 302,378$$

$$C3 = -2,178$$

30 $C4 = 266,002$

$$C5 = 1,954$$

$$C6 = 50,495$$

$$C7 = -2,004$$

$$C8 = 79,732$$

35 $C9 = -1,041$

$$-0,2 \geq P1 \geq -0,3$$

$$310 \leq P2 \leq 315$$

$$200 \leq P3 \leq 1500$$

40 причому щільність VD жолобків, яка описує відношення жолобків N_T труби відносно контрольного числа N_{ref} максимально можливих жолобків з глибиною жолобків $TT=1,3$ мм у відсотках, які наносяться на внутрішню поверхню труби з однаковим еквівалентним діаметром

$D_{\bar{A}qv}$, виходить з наступного відношення: $VD = N_T / N_{ref} \cdot 100$, $VD = N_T / N_{ref} \cdot 100 \cdot \frac{z \cdot (r_2 - 1,2 - 1,2^2)}{z \cdot (r_{\bar{A}qv} - |r_2| + 1,2)} \cdot \frac{z \cdot (r_2 - 1,2 - 1,2^2)}{z \cdot (r_{\bar{A}qv} - |r_2| + 1,2)}$

і контрольне число N_{ref} представляє найбільше натуральне число, яке задовольняє

45 відношення:

$$N_{ref} \leq$$

причому

$$|\Gamma_{\ddot{A}_{qv}}| = \left| \sqrt{\frac{|\ddot{A}_{qv}|}{\pi}} \right|$$

$$A_{\ddot{A}_{qv}} = A_1 + N_{T_2} A_T,$$

$$A_1 = \pi \cdot |r_1|$$

$$A_T = \left[|r_2| \cdot \frac{b_2}{2} - \frac{s \cdot \left(|r_1| - (|TT| + h) \right) \cdot \left[|r_1| \cdot \frac{b_2}{2} - \frac{s \cdot \left(|r_1| - h \right)}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} \right]}{\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} \right)^2}} \right]$$

$$b_1 = 2 \cdot |r_1| \cdot \arcsin \left(\frac{|r_1|}{\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} \right)^2}} \right),$$

5

$$b_2 = 2 \cdot |r_2| \cdot \arcsin \left(\frac{|r_2|}{\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} \right)^2}} \right),$$

$$s = 2 \cdot \left| \sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)} \right)^2} \right|,$$

$$h = \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot \left(|r_1| - |r_2| + |TT| \right)},$$

10 і для якого є значення r_{Nref} , і причому при зворотному зверненні до розрахованого за вищезгаданим значенням для $A_{\ddot{A}_{qv}}$ виконується наступне відношення, згідно з чим $A_{\ddot{A}_{qv}}$ також

$$\begin{aligned}
 & A_{\dot{a}_{qv}} \\
 &= \pi \cdot |r_{Nref}|^2 + N_{ref} \\
 &\cdot \left[\left[|r_2|^2 \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|}}{|r_2|}} \right) \right. \right. \\
 &- \left. \left. \sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|} \right. \right. \\
 &\cdot \left. \left. \left(|r_2| - \left(1,3 + \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right) \right) \right) \right] \\
 &- \left[\left[|r_{Nref}|^2 \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|}}{|r_1|}} \right) \right. \right. \\
 &- \left. \left. \sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|} \right. \right. \\
 &\cdot \left. \left. \left(|r_{Nref}| - \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right) \right) \right]
 \end{aligned}$$

без порушення додаткових умов,

$$\pi \geq N_{ref} \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{2 \cdot |r_{N_{ref}}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3^2 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{N_{ref}}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{N_{ref}}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2}}{|r_{N_{ref}}|}} \right),$$

$r_{N_{ref}} < r_{\dot{A}qv}$,

і причому еквівалентний діаметр $D_{\dot{A}qv}$ виходить з відношення $D_{\dot{A}qv} = 2r_{\dot{A}qv}$.

2. Труба для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, при якому оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні, причому:

- труба (1) простягається вздовж подовжньої осі (A), і має число N_T жолобків (2), сформованих у внутрішній поверхні труби (1), які спіралеподібно проходять навколо подовжньої осі (A) вздовж внутрішньої поверхні,

- внутрішня поверхня, в якій були сформовані жолобки (2), в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі (A) має діаметр D_i і радіус $r_1 = D_i/2$,

- жолобки (2) в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі (A) в своєму дні (4) жолобків відповідно мають форму дуги окружності, і дуга окружності має радіус r_2 ,

жолобки (2) відповідно мають глибину TT жолобків, яка відповідає найкоротшій відстані в поперечному перерізі перпендикулярно до подовжньої осі (A) між окружністю з діаметром D_i , в

якому знаходиться внутрішня поверхня, і її серединна точка знаходиться на подовжній осі (A) і найвіддаленішій від подовжньої осі (A) точці дна (4) жолобка (2), яка **відрізняється** тим, що

чисельне значення $ID_{\dot{A}qv}$ еквівалентного діаметра $D_{\dot{A}qv}$ і число N_T жолобків (2) і чисельне значення IT виміряної в мм глибини TT жолобків (2) задовольняють відношення:

$$P1 \cdot ID_{\dot{A}qv}^2 + P2 \cdot ID_{\dot{A}qv} + P3 =$$

$$C1 + C2 \cdot IT + C3 \cdot VD + C4 \cdot ID_{\dot{A}qv} +$$

$$+(IT - C5) \cdot (VD - C6) \cdot C7$$

$$+(IT - C5) \cdot (ID_{\dot{A}qv} - C8) \cdot C9$$

$$+(VD - C6) \cdot (ID_{\dot{A}qv} - C8) \cdot C10$$

$$+(ID_{\dot{A}qv} - C8) \cdot (ID_{\dot{A}qv} - C8) \cdot C11,$$

з константами

$$C1 = 1946,066,$$

$$C2 = 302,378,$$

$$C3 = -2,178,$$

$$C4 = 266,002,$$

$$C5 = 1,954,$$

$$C6 = 50,495,$$

$$C7 = -2,004,$$

$$C8 = 79,732,$$

$$C9 = -1,041,$$

$$C10 = 0,04631,$$

$$C11 = -0,26550,$$

$$-0,2 \geq P1 \geq -0,3,$$

$$310 \leq P2 \leq 315,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

$$200 \leq P3 \leq 1500,$$

причому щільність VD жолобків, яка описує відношення жолобків N_T труби відносно контрольованого числа N_{ref} максимально можливих жолобків з глибиною жолобків $TT=1,3$ мм у відсотках, які наносяться на внутрішню поверхню труби з однаковим еквівалентним діаметром $D_{\dot{A}qv}$, виходить з наступного відношення:

$$VD = N_T / N_{ref} \cdot 100,$$

$$\arcsin \left(\frac{\pi}{2 \cdot |r_{\ddot{A}qv}| \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |1,2-1,2|^2}{2 \cdot (|r_{\ddot{A}qv}| - |r_2| + 1,2)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |1,2-1,2|^2}{2 \cdot (|r_{\ddot{A}qv}| - |r_2| + 1,2)} \right)^2}} \right)}$$

і контрольне число N_{ref} представляє найбільше натуральне число, яке задовольняє відношення $N_{ref} \leq$

5 причому

$$|r_{\ddot{A}qv}| = \sqrt{\frac{|A_{\ddot{A}qv}|}{\pi}}$$

$$A_{\ddot{A}qv} = A_1 + N_{ref} \cdot A_T,$$

$$A_1 = \pi \cdot |r_1|$$

$$A_T = \left[|r_2| \cdot \frac{b_2}{2} - \frac{s \cdot \left(\frac{|r_1| - (|TT| + h)}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right) \cdot \left[|r_1| \cdot \frac{b_2}{2} - \frac{s \cdot (|r_1| - h)}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right]}{\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2}} \right]$$

$$b_1 = 2 \cdot |r_1| \cdot \arcsin \left(\frac{|r_1|}{|r_1|} \right)$$

10

$$b_2 = 2 \cdot |r_2| \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2}}{|r_2|} \right)}$$

$$s = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot |r_1| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)} \right)^2}$$

$$h = \frac{2 \cdot |r_2| \cdot |TT| - |TT|^2}{2 \cdot (|r_1| - |r_2| + |TT|)}$$

і для якого є значення r_{Nref} , і причому при зворотному зверненні до розрахованого за вищезгаданим значенням для $A_{\ddot{A}qv}$ виконується наступне відношення, згідно з чим $A_{\ddot{A}qv}$ також

15

$$\begin{aligned}
 & A_{\dot{a}_{qv}} \\
 &= \pi \cdot |r_{Nref}|^2 + N_{ref} \\
 &\cdot \left[\left[|r_2|^2 \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|}}{|r_2|}} \right) \right. \right. \\
 &- \left. \left. \sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|} \right. \right. \\
 &\cdot \left. \left. \left(|r_2| - \left(1,3 + \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right) \right) \right) \right] \\
 &- \left[|r_{Nref}|^2 \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|}}{|r_1|}} \right) \right. \\
 &- \left. \left. \sqrt{\left| 2 \cdot |r_{Nref}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2 \right|} \right. \right. \\
 &\cdot \left. \left. \left(|r_{Nref}| - \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3 - 1,3^2}{2 \cdot (|r_{Nref}| - |r_2| + 1,3)} \right) \right) \right]
 \end{aligned}$$

без порушення додаткових умов

$$\pi \geq N_{ref} \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{2 \cdot |r_{N_{ref}}| \cdot \frac{2 \cdot |r_2| \cdot 1,3^2 \cdot 25533 \cdot 202 \cdot |1,3 - 1,3^2|}{2 \cdot (|r_{N_{ref}}| - |r_2| + 1,3)} - \left(\frac{2 \cdot (|r_{N_{ref}}| - |r_2| + 1,3)}{2 \cdot (|r_{N_{ref}}| - |r_2| + 1,3)} \right)^2}}{|r_{N_{ref}}|}} \right)$$

$r_{N_{ref}} < r_{\text{Äqv}}$,

і причому еквівалентний діаметр $D_{\text{Äqv}}$ виходить з відношення $D_{\text{Äqv}} = 2r_{\text{Äqv}}$.

3. Труба за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що внутрішня поверхня труби має циліндричну форму, і в цій внутрішній поверхні з циліндричною формою сформовані жолобки так, що між жолобками залишаються ділянки внутрішньої поверхні, які утворюють ділянки циліндра.
4. Труба за будь-яким з пп. 1-3, яка **відрізняється** тим, що в поперечному перерізі перпендикулярно подовжній осі сегмент дуги окружності, що займає ділянку внутрішньої поверхні, що знаходиться між двома жолобками на окружності внутрішньої поверхні, складає величину, яка є більшою ніж 1 % сегмента дуги окружності, що займає біля устя жолобка щонайменше одна з цих ділянок внутрішньої обмежуючої жолобки поверхні на окружності внутрішньої поверхні.
5. Труба за будь-яким з пп. 1-4, яка **відрізняється** тим, що діаметр D_i внутрішньої поверхні, в якій були сформовані жолобки (2), знаходиться в діапазоні від 15 до 280 мм.
6. Труба за будь-яким з пп. 1-5, яка **відрізняється** тим, що глибина ТТ жолобків знаходиться в діапазоні від 0,1 до 10 мм.
7. Труба за будь-яким з пп. 1-6, яка **відрізняється** тим, що число N_T жолобків (2) обумовлює щільність жолобків, яка знаходиться в діапазоні від 1 до 347 %.
8. Труба за будь-яким з пп. 1-7, яка **відрізняється** тим, що жолобки (2) проходять під кутом від 20° до 40° , переважно від $22,5^\circ$ до $32,5^\circ$, відносно подовжньої осі (A).
9. Труба за будь-яким з пп. 1-8, яка **відрізняється** тим, що труба являє собою отриману відцентровим литтям трубу або є виготовленою з отриманої відцентровим литтям труби нанесенням жолобків в отриманій відцентровим литтям трубі.
10. Труба за будь-яким з пп. 1-9, яка **відрізняється** тим, що труба містить залізо-хром-нікелевий сплав з високою стійкістю до окиснення і науглецьовування, утомною міцністю і з високою межею повзучості, з
 - від 0,05 до 0,6 % вуглецю,
 - від 20 до 50 % хрому,
 - від 5 до 40 % заліза,
 - від 2 до 6 % алюмінію,
 - до 2 % кремнію,
 - до 2 % марганцю,
 - до 1,5 % ніобію,
 - до 1,5 % танталу,
 - до 6,0 % вольфраму,
 - до 1,0 % титану,
 - до 1,0 % цирконію,
 - до 0,5 % ітрію,
 - до 0,5 % церію,
 - до 0,5 % молібдену,
 - до 0,1 % азоту,
 решта - нікель і обумовлені процесом виплавки домішки, зокрема, що складається з такого сплаву.
11. Пристрій для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, при якому оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні, який **відрізняється** тим, що вказані труби є трубами за будь-яким з пп. 1-10.
12. Застосування труби за будь-яким з пп. 1-10 для термічного розкладання вуглеводнів в присутності пари, при якому оброблювана суміш пропускається через труби, що нагріваються зовні.

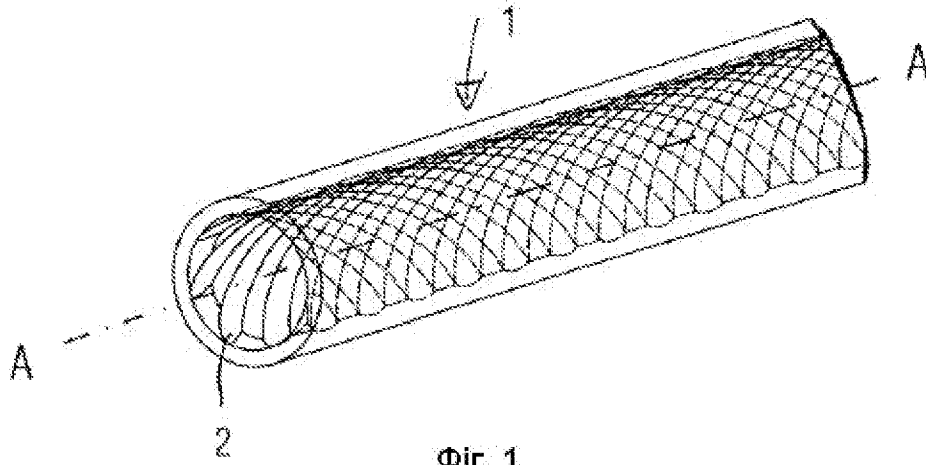


Fig. 1

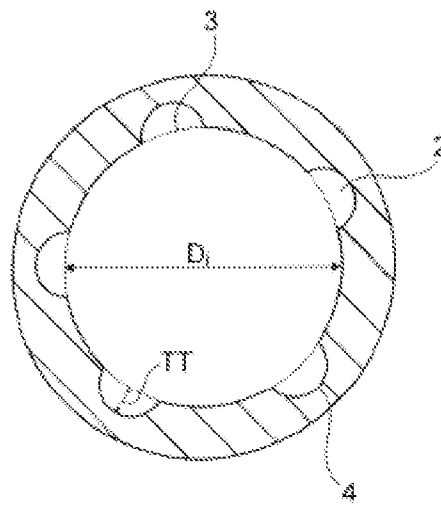


Fig. 2

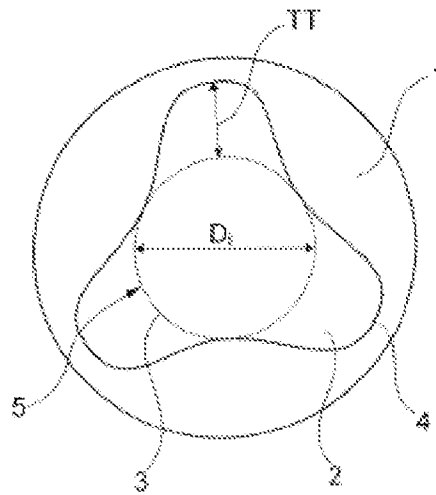
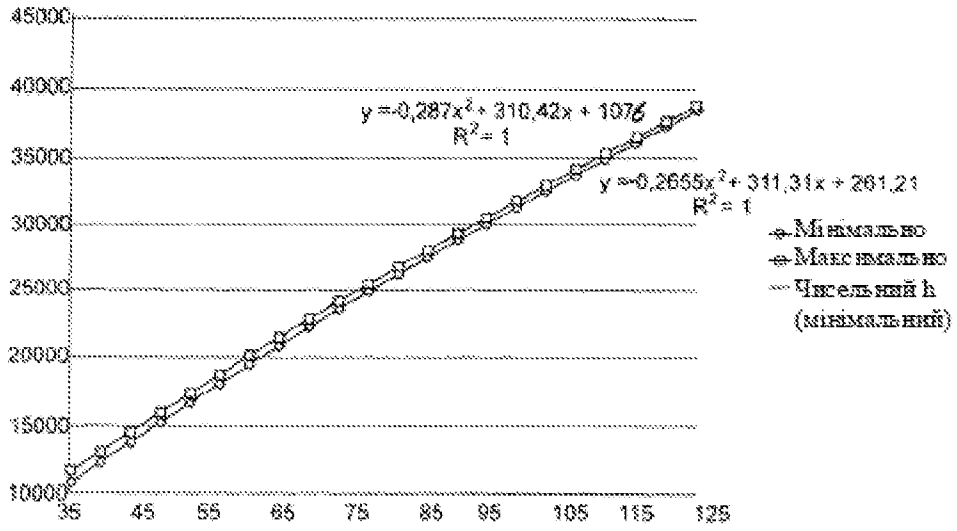
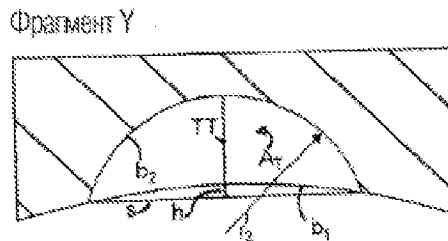
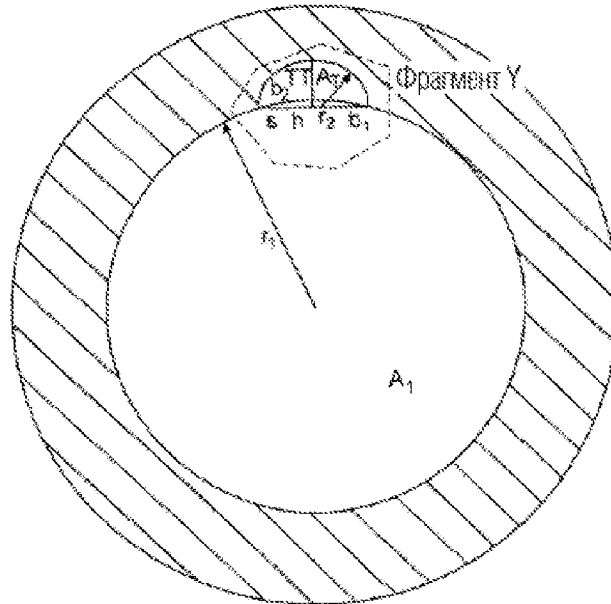


Fig. 3



Фіг. 4



Фіг. 5