

Галузь техніки

Даний винахід, загалом, стосується створення синтез-газу, зокрема, за допомогою двигуна внутрішнього згоряння як генератора синтез-газу.

Рівень техніки

Множина процесів і дій створюють газоподібні потоки летких вуглеводнів. Часто ці газоподібні потоки існують при низькому тиску і можуть додатково містити множину забруднювальних речовин. Отже, газоподібні потоки можуть мати невелику внутрішню властиву цінність, а витрати на видалення забруднювальних речовин і стиснення газу (наприклад, щоб збільшувати тиск, щоб надавати можливість введення в магістральний трубопровід природного газу) можуть бути понадміру дорогими. При наявності цих обмежень газоподібні потоки часто усуваються за допомогою факельного спалювання, прожарювання або продування.

Останнім часом був підвищений інтерес у виконанні більш продуктивного використання цих низькоякісних вуглеводневих потоків. Однією такою галуззю є використання вуглеводневого потоку як подаваного газу у виробництві синтез-газу (синтетичного газу). Синтетичний газ може бути створений з часткового спалювання органічних сировинних матеріалів (летких вуглеводнів, вугілля, петкоксу, біомаси, нафти) і складається, насамперед, з водню (H_2) і монооксиду вуглецю (CO). Синтетичний газ часто містить забруднювальні речовини (що включають в себе H_2S , COS) залежно від вихідного сировинного матеріалу. Множину процесів виробництва синтетичного газу використовують каталітичні встановлення реформінгу, щоб частково окиснювати органічні сировинні матеріали. Хоча каталізатори є корисними для збільшення швидкості реакції і зменшення температури реакції, багато каталізаторів виконуються з вартісних матеріалів, схильні до отруєння від сірчистих сполук, присутніх в газовому потоці, і засмічення від сажі і інших частинок.

Синтетичний газ є вихідним матеріалом для виробництва множини хімічних речовин. Синтетичний газ може також бути використаний для створення потужності в газовій турбіні або генераторі на основі двигуна. Синтетичний газ може також бути використаний для створення H_2 , за допомогою перетворення CO і водяної пари на H_2 і діоксид вуглецю (CO_2) через процес конверсії водяного газу (WGS). Відношення H_2 до CO технологічного газу типово потребує акуратного регулювання, щоб задовольняти потреби прикладних задач далі по технологічному потоку.

Нещодавно патент США № 9,169,773 (Бромберг і інші) описав систему виробництва рідкого палива за допомогою встановлення для реформінгу, що використовує двигун для формування багатого на водень газу. Описані системи працюють з співвідношенням повітря/паливо, співвідношення компонентів палива, $2,5 < \phi < 4,0$. Вони також описують, що для ефективної встановлення для реформінгу на основі двигуна можна використовувати компресійне запалювання однорідного палива (HCCI), компресійне запалювання з частковим попереднім змішуванням (PCI) або компресійне запалювання з керованою реакцією (RCCI). Вони повідомляють, що "В виникаючому полум'ї пальника, а також в обчисленнях циліндра, більш низькі співвідношення компонентів приводять в результаті до більш високої енергії, що вивільняється при перетворенні, більш високого піка в температурах циліндра, більш низької вибірковості відносно водню і CO ..."

Патент США № 2,391,687 (Істман і інші) описує двигун для формування синтетичного газу, який працює на 90 % або більш чистому O_2 і має співвідношення компонентів 2,8-4,0.

Суть винаходу

Щоб усувати вищезазначені проблеми, загалом або частково, і/або інші проблеми, які можуть спостерігатися фахівцями в галузі техніки, даний винахід надає способи, процеси, системи, обладнання, інструменти і/або пристрої, які описані як приклад в реалізаціях, викладених нижче.

Згідно з одним варіантом здійснення, спосіб для використання двигуна внутрішнього згоряння в багатих на паливо умовах включає: запуск двигуна за допомогою подаваного газу, що має первинне співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші; збільшення співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші з приростом, щоб формувати багатий паливом подаваний газ; і під час збільшення співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші, регулювання одного або більше з дросельної заслінки, моменту запалювання, навантаження, приєднаного до двигуна, тиску палива, потужності для нагнітача, який діє на подаваний газ, і потужності для попереднього нагрівника, який діє на подаваний газ, щоб підтримувати співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші близько 1,6-2,4. У варіанті здійснення швидкість двигуна приблизно між 1000-2000 обертами на хвилину (об./хв.) і температура відпрацьованого газу приблизно менша $900^\circ C$ підтримуються.

Згідно з іншим варіантом здійснення, спосіб роботи двигуна внутрішнього згоряння в багатих на паливо умовах включає: підтримку первинного набору умов після запуску двигуна для протитиску на виході газів, тиск впускного колектора, швидкості двигуна, моменту запалювання, відношення компонентів повітряно-паливної суміші в паливному газі і температури на впуску паливного газу; збільшення температури на впуску паливного газу, в той же час підтримуючи співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші паливного газу, і спостереження вмісту метану і кисню для відпрацьованого газу двигуна; і регулювання моменту запалювання у відповідь на спостережуваний вміст метану і кисню.

Згідно з іншим варіантом здійснення система встановлення для реформінгу газу конфігурується для виконання будь-якого зі способів, описаних в даному документі.

Згідно з іншим варіантом здійснення, система встановлення для реформінгу газу включає: двигун внутрішнього згоряння, що містить впускний отвір для паливного газу, випускний отвір для відпрацьованого газу, множину циліндрів, систему регулювання запалювання, дросельну заслінку, попередній нагрівник паливного газу і нагнітач, при цьому двигун внутрішнього згоряння конфігурується для роботи зі співвідношенням компонентів повітря-паливо паливного газу приблизно між 1,6 і 2,4.

Інші пристрої, обладнання, системи, способи, відмітні ознаки і переваги винаходу будуть або стануть очевидними фахівцеві в галузі техніки після вивчення подальших креслень і детального опису. Мається на увазі, що всі такі додаткові системи, способи, ознаки і переваги повинні бути включені в цей опис, бути в рамках даного винаходу і бути захищеними супровідною формулою винаходу.

Короткий опис креслень

Винахід може бути краще зрозумілий за допомогою звертання до подальших креслень. Компоненти на кресленнях необов'язково накреслені за масштабом, замість цього акцент робиться на ілюструванні принципів винаходу. На кресленнях однакові посилальні номери позначають відповідні частини всюди на різних видах.

Фіг. 1 - це схематичний вигляд в поперечному перерізі зразкового циліндра двигуна внутрішнього згоряння згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 2 - це схематичний вигляд системи для виробництва синтез-газу за допомогою двигуна внутрішнього згоряння згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 3 - це схематичний вигляд системи для виробництва синтез-газу за допомогою двигуна внутрішнього згоряння згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 4 - це схематичний вигляд системи для виробництва синтез-газу за допомогою двигуна внутрішнього згоряння згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 5 - це зразкова блок-схема послідовності операцій способу для запуску двигуна в багатих на паливо умовах згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 6 - це зразкова блок-схема послідовності операцій способу для роботи двигуна в багатих на паливо умовах згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 7 - це графік температури паливо-всмоктуваного повітря для різних співвідношень компонентів повітряно-паливної суміші згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 8 - це графік відношень H_2 до CO для різних співвідношень компонентів повітряно-паливної суміші згідно з деякими варіантами здійснення.

Фіг. 9 - це графік ступеню перетворення природного газу для різних співвідношень компонентів повітряно-паливної суміші згідно з деякими варіантами здійснення.

Детальний опис винаходу

Коли використовується в даному документі, термін "синтетичний газ" посилається на синтез-газ. У контексті даного опису, синтетичний газ є сумішшю щонайменше монооксиду вуглецю (CO) і двоатомного водневого газу (H_2). Залежно від варіанту здійснення синтетичний газ може додатково включати в себе інші компоненти, такі як, наприклад, вода, повітря, двоатомний газоподібний азот (N_2), двоатомний газоподібний кисень (O_2), діоксид вуглецю (CO_2), сірчисті сполуки (наприклад, сульфід водню (H_2S), сіркоокис вуглецю (COS), оксиди сірки (SO_x), і т.д.), азотні сполуки (наприклад, оксиди азоту (NO_x), і т.д.), карбоніли металу, вуглеводні (наприклад, CH_4), аміак (NH_3), хлориди (наприклад, хлорид водню (HCl)), ціанід водню (HCN), надрідкісні метали і металоїди (наприклад, ртуть (Hg), арсен (As), селен (Se), кадмій (Cd), і т. д.) і їх сполуки, тверді частинки (PM), і т. д.

Коли використовується в даному документі, термін "нижчий вуглеводень" посилається на вуглеводні низької молекулярної ваги, що включають, але що не обмежуються цим, метан, етан, пропан і бутан.

Коли використовується в даному документі, термін "навантаження" може означати електричний нагрівник, динамометр, водяну ванну, і т. д. За допомогою збільшення або зменшення навантаження двигун може працювати зі сталою швидкістю, коли вхідні умови змінюються. Можна також варіювати навантаження, щоб змінювати температуру в двигуні або вихідні співвідношення компонентів.

Коли використовується в даному документі, термін "природний газ" посилається на суміш вуглеводневих (HC) газів, які складаються, головним чином, з метану і менших кількостей вищих алканів. Залежно від варіанту здійснення природний газ може додатково включати в себе не HC -види, такі як один або більше з тих, які зазначені вище, також як сірковуглець (CS_2) і/або інші дисульфідів, і меркаптани (тіоли), такі як метантиол (CH_3SH) і етантиол (C_2H_5SH), і тіофени, такі як тіофен (C_4H_4S) і інші сіркоорганічні сполуки.

Даний винахід надає способи для використання двигуна внутрішнього згоряння як генератора синтетичного газу. Додатково, процес може бути використаний разом з виробництвом метанолу, також як іншими процесами хімічного виробництва. Описані способи можуть використовувати широку

множину вуглеводневих джерел, розкиданих по всьому світу. Наприклад, добувні свердловини для нафти і природного газу знаходяться в багатьох віддалених областях США, і кожна окрема шахта, компресор, пневматичний пристрій і резервуар для зберігання на шахті можуть виробляти потік викиду вуглеводню. Внаслідок малого об'єму, низького тиску і потенційних забруднень цих вуглеводневих потоків, вони часто спалюються або продуваються. Стиснення і очищення цих розрізнених потоків для збирання в магістральний трубопровід для природного газу можуть бути надмірно вартісними. Способи даного винаходу можуть використовувати двигуни внутрішнього згоряння, що масово виробляються, які працюють в особливих умовах, щоб частково окиснювати ці вуглеводні і виробляти синтетичний газ, який може мати більш високу цінність і робити збирання синтетичного газу економічно виправданим.

Двигуни внутрішнього згоряння розроблялися і використовувалися протягом десятиріч, щоб виробляти потужність типово або для просування транспортних засобів, приводу механічних пристроїв, або генерації електрики. У кожному з цих використань фокус був на ефективному і повному спалюванні палива, щоб максимізувати створювану потужність. Двигуни внутрішнього згоряння, однак, мають характеристики, цікаві для інших прикладних задач. Характеристики, такі як регулювання тепла від холодоагенту і радіаторної системи для керування температурою двигуна, здатність створювати високий тиск в циліндрі, функція малої тривалості знаходження в циліндрі і контроль тиску клапанів, можуть всі бути використані в процесах для хімічних перетворень, коли двигун буде служити як хімічний реактор. У цій заявці фокусування робиться на керуванні параметрами двигуна, щоб максимізувати бажане хімічне перетворення на протипагу формуванню енергії. У деяких випадках, хімічна реакція може створювати енергію. Альтернативно, енергія може бути додана за допомогою зовнішнього обертання валу в інших випадках. Будь-яка хімічна реакція, яка діє на малу тривалість знаходження і одержує переваги характеристик, перерахованих вище, може потенційно бути застосована для використання двигуна як хімічного реактора. Тут ми опишемо одне таке застосування для перетворення летких вуглеводнів на синтетичний газ.

Фіг. 1 ілюструє схематичний вигляд в поперечному перерізі одного циліндра 105 двигуна 100 внутрішнього згоряння згідно з різними варіантами здійснення. Двигун 100 може додатково містити камеру 110 згоряння в циліндрі 105. Поршень 115 може бути розташований в циліндрі 105 і рухатися вгору і вниз в циліндрі 105, тим самим, визначаючи змінний об'єм камери 110 згоряння. Камера 110 згоряння знаходиться в своєму мінімальному об'ємі, коли поршень 115 знаходиться в своїй найвищій позиції в циліндрі 105 (яка називається верхньою мертвою точкою (TDC)), і в своєму максимальному об'ємі, коли поршень 115 знаходиться в своїй нижчій позиції в циліндрі 105 (яка називається нижньою мертвою точкою (BDC)). Поршень 115 може бути з'єднаний з колінчастим валом 120 з'єднувальним штоком 125. Двигун 100 може додатково містити головку 130, з'єднану з верхом циліндрів 105. Головка 130 може розміщувати один або більше впускних клапанів 135 і один або більше випускних клапанів 140. Кожний впускний клапан 135 може служити для відкривання або закривання впускного отвору 145, в той час як кожний випускний клапан 140 може служити для відкривання або закривання випускного отвору 150. Впускний отвір 145 може бути в сполученні з можливістю обміну плинним середовищем з камерою 110 згоряння, щоб надавати можливість суміші палива і окисника (яка називається зарядом) протікати в камеру 110 згоряння. Випускний отвір 150 може також бути в сполученні з можливістю обміну плинним середовищем з камерою 110 згоряння, щоб надавати можливість газам витікати з камери 110 згоряння. Головка 130 може також містити одну або більше свічок 155 запалювання, які можуть простягатися, щонайменше частково, в камеру 110 згоряння і надавати джерело запалювання для заряду.

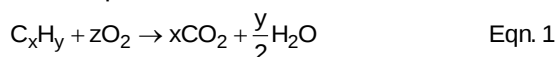
Хоча не показано на фіг. 1, двигун 100 може додатково містити попередній нагрівник, щоб збільшувати температуру одного або обох з палива і окисника перед надходженням у впускний отвір 145, і нагнітач, щоб збільшувати тиск одного або обох з палива і окисника перед надходженням у впускний отвір 145. Попередній нагрівник може містити теплообмінник, щоб витягувати частину тепла, наприклад, відпрацьованих газів з двигуна 100. Альтернативно, попередній нагрівник може отримувати теплову енергію за допомогою інших процесів, відомих в галузі техніки, наприклад, від нагрівників, що електрично живляться, спалювання вторинного палива або тепла продування відпрацьованих газів з іншого процесу. Нагнітач може містити турбіну, щоб витягувати енергію з відпрацьованих газів з двигуна 100. Альтернативно, нагнітач може живитися за допомогою інших процесів, відомих в галузі техніки, таких як електромотор або енергія продування відпрацьованих газів з іншого процесу.

У деяких необмежувальних варіантах здійснення двигун 100 може бути пристосований, щоб працювати за допомогою 4-тактного процесу. 4-тактний процес може починатися, наприклад, з поршня 115 в TDC, а потім він починає переміщуватися вниз. Впускний клапан 135 переміщується вниз, тим самим, вміщуючи впускний отвір 145 в сполучення з можливістю обміну плинним середовищем з камерою 110 згоряння. Поршень 115 переміщується вниз, надаючи можливість заряду надходити в камеру 110 згоряння. Коли поршень 115 досягає BDC, впускний клапан 135 закривається. Поршень 115 потім переміщується вгору, стискаючи заряд. Коли поршень 115 наближається до TDC,

свічка 155 запалювання формує іскру, яка запалює заряд. У різних варіантах здійснення, як обговорюється додатково нижче, іскра може бути сформована, перш ніж поршень 115 досягає TDC. Коли заряд згоряє, тиск в камері 110 згоряння збільшується і підштовхує поршень 115 вниз. Коли поршень 115 досягає BDC, випускний клапан 140 переміщується вниз, тим самим, вміщуючи випускний отвір 150 в сполучення з можливістю обміну плинним середовищем з камерою 110 згоряння. Коли поршень 115 переміщується у напрямку до TDC, газоподібні продукти згоряння від згорілого заряду витісняються з випускного отвору 150. Коли поршень 115 досягає TDC, випускний клапан 140 закривається, і цикл повторюється.

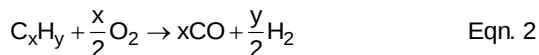
Хоча особливості кожного процесу не описуються в даному документі, двигун 100 в різних варіантах здійснення може бути сконфігурований, щоб працювати згідно з 2-тактним процесом, 5-тактним процесом, 6-тактним процесом, процесом запалювання від стиснення (наприклад, дизель), реактивним двигуном, турбіною, роторним двигуном або будь-яким іншим типом двигуна, відомим в галузі техніки. Даний винахід фокусується на 4-тактовому процесі в результаті його поширеності і постійної доступності, але обмеження на рамки винаходу не повинне матися на увазі.

Типово, вуглеводні і кисень є паливом і окисником, відповідно, що спалюються в двигуні 100. Загальне стехіометричне хімічне рівняння для спалювання вуглеводню в кисні надається за допомогою рівняння 1:

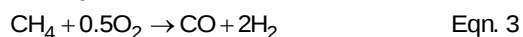


Таким чином, для стехіометричного повного згоряння, весь вуглеводень і кисень реагують, щоб формувати двоокис вуглецю і воду. Таким чином, для стехіометричного повного згоряння, потрібне деяке співвідношення палива до повітря. Одним показником того, як фактичне відношення повітря-паливо порівнюється зі стехіометричним відношенням повітря-паливо, є співвідношення компонентів суміші (позначене як ϕ). Співвідношення компонентів суміші обчислюється діленням фактичного співвідношення повітря-паливо на стехіометричне співвідношення повітря-паливо. Значення співвідношення компонентів суміші більше 1 вказують багаті на паливо умови.

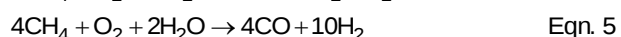
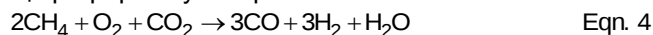
Двигун 100, який працює згідно зі стехіометричним повним згорянням, типово працює, щоб доставати корисну роботу і тепло. Однак, різні варіанти здійснення можуть містити роботу двигуна 100 з відмінними від стехіометричних умов для того, щоб використати двигун 100 як хімічний реактор. Деякі варіанти здійснення можуть використати багаті на паливо умови (тобто, менше стехіометричної кількості кисню для спалювання всього вуглеводню), щоб частково окиснювати вуглеводень. Без наміру обмежуватися конкретним механізмом дії, в деяких умовах, двигун 100 може працювати як установка для реформінгу, щоб виробляти синтез-газ (синтетичний газ), що містить водень (H_2) і монооксид вуглецю (CO) згідно з хімічною реакцією, наданою за допомогою рівняння 2:



Якщо вуглеводень є метаном (CH_4), тоді часткова окиснювальна реакція надається за допомогою рівняння 3:



Додатково, інші реакції, як представляється, можливо повинні мати місце, також як і повне згоряння (рівняння 1), реакції реформінгу, таке як рівняння 4 і 5 (показані для метану), і інші такі відомі реакції реформінгу і згоряння.



Фіг. 2 - це схематична діаграма процесу 200 згідно з різними варіантами здійснення, в яких двигун 100 згоряння може бути використаний як хімічний реактор, щоб виробляти, наприклад, синтетичний газ. Як обговорювалося раніше, заряд в двигун 100 може містити окисник і паливо. Окисник може містити повітря, збагачене повітря або газ, що містить достатньо кисню. Окисник може проходити через фільтр 205, щоб видаляти часинки і інші тверді забруднення, також як рідкі або газоподібні забруднення, такі як вода. Потік окисника може регулюватися за допомогою дросельної заслінки 210. Дросельна заслінка 210 може містити будь-який пристрій, який регулює потік, відомий в галузі техніки, і може керуватися вручну або електронно. Тиск окисника може бути підвищений за допомогою нагнітача 215. Нагнітач 215 діє як компресор, щоб підвищувати тиск, тим самим, надаючи можливість доставки більшого об'єму кисню в кожний циліндр 105 двигуна 100. Нагнітач 215 може приводитися в дію за допомогою електромотора, або може іншим чином забезпечуватися енергією, наприклад, за допомогою залишкової енергії у вихлопному потоці двигуна 100 або іншому технологічному потоці. Окисник може також проходити через нагрівник 220, щоб підвищувати температуру окисника перед надходженням в двигун 100. Нагрівник 220 може використовувати нагрівальні котушки, що електрично живляться, або теплообмінник, який дістає енергію з технологічного потоку, такого як вихлопний потік двигуна 100 (див., наприклад, фіг. 4). Паливо може також проходити через фільтр 225, щоб видаляти

тверді, рідкі або газоподібні забруднення, і через регулятор 230 потоку. Температура паливного потоку може бути підвищена за допомогою нагрівника 235, який працює аналогічно нагрівнику 220 окисника. Змішувач 240 може змішувати окисник і паливо в бажаній пропорції, щоб формувати заряд, що доставляється в кожний циліндр 105 двигуна 100. Двигун 100 може потім частково окиснювати заряд, як описаний раніше, створюючи синтетичний газ у вихлопному потоці. Робота двигуна 100 може також створювати механічну енергію і тепло.

У різних варіантах здійснення процесу 200 може додатково містити центральний процесор (не показаний). Центральний процесор може бути на зв'язку з і пристосований для активації і керування одним або більше окремими компонентами процесу 200. Центральний процесор може бути пристосований для зберігання і виконання комп'ютерного коду, щоб ініціювати роботу процесу 200 у відповідь на спостережувані робочі умови двигуна 100 і аналіз синтетичного газу, що виробляється за допомогою двигуна 100. Наприклад, співвідношення H_2 до CO у вихлопному потоці двигуна 100 може спостерігатися, і центральний процесор може регулювати один або більше окремих компонентів процесу 200 у відповідь на спостережуване співвідношення H_2 до CO . Додатково, центральний процесор може регулювати один або більше окремих компонентів процесу 200 у відповідь на спостережувані параметри двигуна 100, такі як температура згоряння в одному або більше циліндрах 105, тиск на впуску, тиск на випуску і т. п.

Фіг. 3 - це схематична діаграма процесу 300 згідно з різними варіантами здійснення, в яких двигун 100 згоряння може бути використаний як хімічний реактор, щоб виробляти, наприклад, синтетичний газ. Фіг. 3 ілюструє, що двигун 100 може бути з'єднаний з генератором 305, щоб перетворювати механічну енергію, що виробляється двигуном 100, на електричну енергію. Електрична енергія може бути використана для живлення нагрівника 220 окисника, нагрівника 235 газу або для будь-якої іншої мети.

Фіг. 4 - це схематична діаграма процесу 400 згідно з різними варіантами здійснення, в яких двигун 100 згоряння може бути використаний як хімічний реактор, щоб виробляти, наприклад, синтетичний газ. У процесі 400 залишкове тепло в синтетичному газі може бути використане для нагрівання окисника і палива. Нагрівник 220 окисника і нагрівник 235 палива можуть містити теплообмінники для того, щоб переносити тепло від синтетичного газу до потоків окисника і палива. Теплообмінники можуть бути будь-якого відомого типу в галузі техніки, такі як кожухотрубні, пластинчатотрубні і пластинчатореберні і можуть працювати, наприклад, в прямоструминній, протипотоковій або попереочнопотоківій конфігурації.

Двигуни 100, які працюють в багатих на паливо умовах, можуть бути чутливі до ненормального згоряння, відомого як детонація або стукіт двигуна. Детонація відбувається, коли пузир заряду запалюється за межами фронту полум'я, що створюється іскрою, і може викликати зростання тиску в циліндрі 105 за проектні межі. Це збільшення тиску має потенціал пробивати діри в поршні 115 або головці 130, приводячи до катастрофічного пошкодження двигуна 100.

Різні варіанти здійснення містять способи запуску двигуна 100, щоб домагатися роботи в багатих на паливо умовах і, отже, працювати в умовах сталого стану без (або з мінімальною) детонації. Фіг. 5 ілюструє загальну блок-схему послідовності операцій різних варіантів здійснення способу 500 для запуску двигуна 100, щоб домагатися роботи в багатих на паливо умовах. Двигун 100 може бути запущений за допомогою подаваного газу, що має первинне співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші на етапі 505. Співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші може бути збільшене з приростом на етапі 510, щоб формувати багатий на паливо подаваний газ. На етапі 515 одне або більш з наступного може бути відрегульоване, в той же час збільшуючи співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші, щоб підтримувати швидкість двигуна приблизно між 1000-2000 об./хв. і температуру відпрацьованого газу приблизно меншу 900 °C: дросельна заслінка 210, момент запалювання, навантаження, з'єднане з двигуном 100, тиск палива, потужність для нагнітача 215, який діє на подаваний газ, і потужність для попереднього нагрівника 220, 235, який діє на подаваний газ.

Перед запуском двигуна 100 первинні робочі умови можуть бути задані так, що тиск палива є значенням, типово більш низьким порівняно з навколишнім тиском, дросельна заслінка 210 є частково відкритою до попередньо визначеного значення, типово менше 50 %, момент запалювання задається в перше попередньо визначене значення, і навантаження приєднується до двигуна 100. У різних варіантах здійснення момент запалювання визначає, коли іскра формується за допомогою свічки 155 запалювання і вимірюється відносно кутового положення колінчастого вала 120, коли поршень 115 знаходиться в TDC. Момент запалювання, загалом, може бути зсунений на більш ранній термін, щоб формувати іскру, перш ніж поршень 115 досягає TDC. Зсув на більш ранній термін моменту запалювання надає можливість згорянню (або бажаній величині часткового згоряння) заряду палива завершуватися близько до моменту, коли поршень 115 досягає TDC. Момент запалювання типово виражається як градуси обертального переміщення колінчастого вала 120, перш ніж поршень 115 досягає TDC, або просто градуси перед верхньою мертвою точкою (BTDC). У різних варіантах здійснення перше попередньо визначене значення моменту запалювання може бути приблизно 8 градусів BTDC, або приблизно від 5 до приблизно 15 градусів BTDC. У інших варіантах здійснення

перше попередньо визначене значення моменту запалювання може бути до приблизно 30 градусів BTDC.

Після ініціювання запуску двигуна 100 і надання можливості двигуну 100 обертатися протягом короткого періоду часу, поки двигун не запуститься, тиск палива може бути збільшений типово до майже навколишнього тиску, щоб надавати можливість двигуну 100 працювати самому по собі. Швидкість двигуна повинна спостерігатися після запуску. Момент запалювання може поступово зсуватися на більш ранній термін до другого попередньо визначеного значення, в той же час додаючи навантаження, щоб підтримувати швидкість двигуна приблизно між 1000 і 2000 об./хв. Друге попередньо визначене значення моменту запалювання може дорівнювати приблизно 16 градусам BTDC. У інших варіантах здійснення друге попередньо визначене значення моменту запалювання може змінюватися в діапазоні від приблизно 8 градусів до приблизно 28 градусів BTDC, переважно приблизно між 10 і приблизно 20 градусами BTDC.

Як обговорювалося раніше, нагнітач 215 може житися в деяких варіантах здійснення за допомогою електромотора. У таких варіантах здійснення нагнітач 215 може бути спочатку заживлений, а потім потужність може з приростом збільшуватися, в той же час з приростом збільшуючи тиск палива, щоб підтримувати швидкість двигуна приблизно між 1000 і 2000 об./хв. У різних варіантах здійснення нагнітач 215 може бути спочатку заживлений з первинним попередньо визначеним значенням, типово налаштуванням, яка подає повітря аналогічно безнаддувному двигуну, і з приростом збільшеним до другого попередньо визначеного значення за допомогою приростів, які дорівнюють приблизно 10-15 % для діапазону між цими налаштуваннями. У різних варіантах здійснення тиск палива може бути з приростом збільшений приблизно на 0,1 по рівню H_2O , хоча більш значні прирости можуть бути використані.

Дросельна заслінка 210 може підвищуватися з приростом від первинного налаштування за допомогою приростів, які ростуть від 1 % до 10 %, поки кінцева позиція дросельної заслінки, відкрита приблизно на 90 %, не буде досягнута. Під час підвищення дросельної заслінки 210 тиск палива може збільшуватися для того, щоб підтримувати швидкість двигуна приблизно між 1000 і 2000 об./хв. Якщо продуктивність двигуна 100 швидко падає під час додавання тиску палива, тоді повітряно-паливна суміш може бути дуже насиченою. У цій ситуації, тиск палива може бути зменшений, і навантаження використане для регулювання швидкості двигуна. Температура відпрацьованого газу може також спостерігатися і повинна підтримуватися при температурі менше 900 °C за допомогою зміни одного або більше з тиску палива, дросельної заслінки 210 і навантаження двигуна.

Попередні нагрівники 220, 235 можуть бути спочатку заживлені, так що попередні нагрівники 220, 235 підтримують температуру заряду приблизно в 200 °C перед надходженням у впускний отвір 145. Момент запалювання може потім бути зсунутий на більш ранній термін далі BTDC. Як відомо в галузі техніки, оптимальний момент запалювання і особливий процес для зсуву на більш ранній термін моменту запалювання будуть залежати від багатьох чинників, що включають в себе без обмеження паливні умови (температуру, тиск, наявність забруднень і т.д.), момент вприскування палива, тип і стан системи запалювання, швидкість двигуна, навантаження двигуна і конкретний тип використовуваного двигуна. Потужність для нагнітача 215 може з приростом збільшуватися, щоб збільшувати швидкість подачі повітря. Коли потужність нагнітача підвищується, і коли попередні нагрівники 220, 235 нагріваються, швидкість двигуна може підтримуватися приблизно між 1000 і 2000 об./хв. за допомогою регулювання тиску палива і навантаження. Після того як бажана продуктивність двигуна досягнута, збільшення потужності нагнітача можуть бути перервані.

Після того як попередні нагрівники 220, 235 досягають приблизно 200 °C, температура попереднього нагрівника може бути збільшена в попередньо визначених приростах типово не більше ніж на 15 % від налаштування, щоб уникати перевищення заданої температури. Як відомо в галузі техніки, використання автоматизованих систем керування може надавати можливість більш значних приростів температури без збільшення ризику перевищення заданої температури. Тиск палива може бути відрегульований, щоб підтримувати швидкість двигуна приблизно між 1000 і 2000 об./хв., в той час як температура попереднього нагрівника росте. Після того як бажане співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші отримане, додаткові збільшення в температурі попереднього нагрівника можуть бути перервані. У різних варіантах здійснення бажане співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші може приблизно дорівнювати 1,6-2,4.

Якщо двигун 100 раптово втрачає стійкість під час збільшення температури попереднього нагрівника, робоча температура в циліндрі 105 може бути дуже високою для поточного співвідношення повітря-паливо при поточному тиску колектора. У цій ситуації, потужність для попередніх нагрівників 220, 235 може бути відключена доти, поки стійкість не буде відновлена, і потім потужність для попередніх нагрівників 220, 235 може бути зворотно включена, і підвищення температури попереднього нагрівника і тиск палива може поновлюватися.

У той час як повітря часто використовується для подачі окисника в заряді, збагачене повітря (наприклад, приблизно до 35 % по об'єму O_2) може бути використане в різних варіантах здійснення. Використання збагаченого повітря може збільшувати продуктивність двигуна, зменшувати витрати на

одиницю продуктивності нижче по технологічному потоку і поліпшувати збирання рідкого продукту і активність каталізатора. Також зволоження повітря або додавання пари в подаваний газ можуть бути використані. Збільшення вологості або додавання додаткової пари збільшує концентрацію водяної пари в циліндрі, надаючи можливість більш високого виходу водню за допомогою реакцій парового реформінгу, як описано в рівнянні 5 вище.

У той час як метан використовується тут для опису переважаючого палива, множина вуглеводневих паливних сумішей може бути використана в різних варіантах здійснення. Робота системи в багатьох випадках буде використовувати метан, отриманий з трубопроводів природного газу, попутного газу з нафтових свердловин, потоків відпрацьованих газів, які типово спалювалися б, потоків біогазу і інших таких потоків газоподібних летких вуглеводнів. Трубопровідний природний газ складається, головним чином, з метану, але буде мати рівні етану між 1-6 % і сліди інших вуглеводнів, двоокис вуглецю, азот і інші молекули. Аналогічно, попутний газ з нафтових свердловин буде мати високі концентрації етану і вищих вуглеводнів, що типово називаються природними газоконденсатами, такими як пропан, бутан, пентан і гексан. У деяких випадках, природні газоконденсати збираються, перш ніж природний газ, що залишився, відбирається для трубопроводу, використання або спалювання. Робота двигуна для виробництва синтетичного газу може проходити або за допомогою цього палива, або без видалення природних газоконденсатів за допомогою пристосування робочих параметрів, щоб підтримувати перетворення і уникати формування сажі. Інший паливний потік для двигуна може бути газовими потоками з різних хімічних, виробничих або промислових процесів або систем зберігання або як відходи, або побічні продукти, і такі палива можуть мати множину летких вуглеводнів. Коли ці потоки мають досить високу концентрацію палива (залежно від складу палива) або можуть бути оброблені, щоб досягати таких концентрацій, представляється, що вони будуть потенційними джерелами палива для виробництва синтетичного газу, щоб використовувати ці потоки. Додатково, існує множина джерел біогазу, які можуть бути використані як паливо для виробництва синтетичного газу за допомогою двигуна. З метою даного винаходу біогаз визначається як газоподібний потік, сформований з розкладання речовин біомаси, що містять, головним чином, метан і двоокис вуглецю зі слідами інших компонентів, відомих в галузі біогазу. Прикладами джерел біогазу є звалища, місця для обробки відходів тваринництва і станції з очищення стічних вод. При використанні біогазу попередня обробка може вимагатися для видалення деякого двоокису вуглецю (залежно від концентрації) з палива для ефективної роботи двигуна, хоча повне видалення не потрібне для роботи двигуна. Робота двигуна, загалом, є нечутливою до наявності двоокису вуглецю. Як описано в складі природного газу, етан типово виявляється в потоках природного газу. Інші варіанти здійснення можуть використовувати додатковий етан або як паливо, або змішаним з природним газом як паливо. Додавання водню в потік палива може також чинити користь в деяких варіантах здійснення з різними складами палива. Цей водень може бути отриманий із зовнішніх джерел або повторно використаний з роботи двигуна або процесів нижче по технологічному потоку. Один варіант здійснення буде або повторним використанням водню, вибірково вилученого з відпрацьованого газу двигуна, або повторним використанням частки вихлопу двигуна.

Після того як запуск двигуна 100 для досягнення багатих на паливо умов здійснюється (як наприклад, за допомогою реалізації, наприклад, способу, описаного вище з посиланням на фіг. 5), фіг. 6 ілюструє іншу загальну блок-схему послідовності операцій різних варіантів здійснення способу 600 для безперервної роботи двигуна 100 в багатих на паливо умовах. На етапі 605, первинний набір робочих умов може підтримуватися після запуску двигуна 100 для протитиску на виході газів, тиску у впускному колекторі, швидкості двигуна, моменту запалювання, співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші в паливному газі і температури на впуску паливного газу. Температура на впуску паливного газу може бути збільшена на етапі 610 за допомогою збільшення потужності для попереднього нагрівника, в той же час підтримуючи співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші. Вміст метану і кисню (передбачимо, що метан є вуглеводнем в паливі) для відпрацьованого газу може спостерігатися. Момент запалювання може бути відрегульований на етапі 615 у відповідь на спостережуваний вміст метану і кисню.

У різних варіантах здійснення первинний робочий протитиск на виході газів може бути приблизно між атмосферним тиском і 5 бар абсолютного тиску, первинний робочий тиск у впускному колекторі може бути приблизний між атмосферним тиском і 2 бар абсолютного тиску, первинна робоча швидкість двигуна може бути приблизно між 1000-2000 об./хв., первинний робочий момент запалювання може бути приблизно між 25-35 градусами BTDC, первинне робоче співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші може бути приблизно між 1,6 і 2,4, і первинна температура паливного газу може бути приблизно між 200 °C і 270 °C. Фіг. 7 ілюструє приблизні діапазони температури паливного газу для співвідношень компонентів повітряно-паливної суміші, що змінюються в діапазоні від 1 до 2.

У різних варіантах здійснення регулювання моменту запалювання у відповідь на спостережуваний метан і кисень містить спостереження витоку метану і кисню (тобто, метану і кисню, які не прореагували, що проходять через двигун 100). Якщо вміст метану у відпрацьованому газі або вміст

кисню у відпрацьованому газі перевищують прийнятні рівні, момент запалювання може бути зсунутий на більш ранній термін, щоб зменшувати витік. Температура відпрацьованого газу може спостерігатися під час зміщення на більш ранній термін моменту запалювання, так що температура відпрацьованого газу залишається в діапазоні, вказаному на фіг. 7. У різних варіантах здійснення, замість зміщення на більш ранній термін моменту запалювання всіх циліндрів 105 двигуна 100 однаково, момент запалювання може бути відрегульований індивідуально для кожного циліндра 105, так що мінливість температури відпрацьованого газу кожного окремого циліндра 105 знаходиться в діапазоні приблизно 75 °C.

У робочих умовах практично стійкого стану фіг. 8 ілюструє очікуване відношення H_2 до CO у відпрацьованому газі для заданого співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші. Таким чином, двигун 100 може бути налаштований, щоб формувати бажане відношення H_2 до CO при необхідності для процесів нижче по технологічному потоку. Фіг. 9 ілюструє ступінь перетворення природного газу як паливо для двигуна 100 для заданого співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші. Згідно з різними варіантами здійснення, фіг. 8 може бути використана для визначення співвідношення компонентів повітряно-паливної суміші, необхідного для формування бажаного відношення H_2 до CO, а потім фіг. 9 може бути використана для визначення очікуваного ступеня перетворення палива, яке може відбуватися при вибраному співвідношенні компонентів повітряно-паливної суміші.

Приклад

Система двигуна була сконфігурована, щоб створювати синтетичний газ за допомогою природного газу, що виходить з трубопроводу природного газу місцевої енергокомпанії. Комерційно доступний 8-циліндровий, 8,8 л двигун іскрового запалювання був сконфігурований в системі, щоб створювати синтетичний газ з інтенсивною роботою. Повітря було взяте з навколишнього середовища, і нагнітач був використаний, щоб підвищувати тиск до тиску у впускному колекторі приблизно до 2 бар. Природний газ був доставлений з трубопроводу енергокомпанії, що задовольняє стандартні специфікації США для трубопровідного природного газу. Типовий склад відносно довжини описаних відрізків був 95 % об'єму метану (CH_4), 4 % об'єму етану (C_2H_6), 1 % об'єму двоокису вуглецю (CO_2) і невимірних мікрокомпонентів. Суміші повітря і природного газу були нагріті вище 200 °C перед змішуванням. Змішаний подаваний газ був потім поданий в циліндри двигуна через впускний колектор. За допомогою іскрового запалювання подаваний газ був перетворений на синтетичний газ в циліндрі. Двигун працював зі швидкістю 1500 об./хв., і температури відпрацьованого газу підтримувалися нижче 900 °C. Вироблений синтетичний газ був зібраний за допомогою впускного колектора і підтримувався при тиску між 4-5 барами за допомогою регулювання тиску нижче по технологічному потоку.

Таблиця 1 представляє склад синтетичного газу (середнє значення для чотирьох проходів) з цього прикладу з роботою двигуна 100 згідно з даним винаходом.

Таблиця 1.

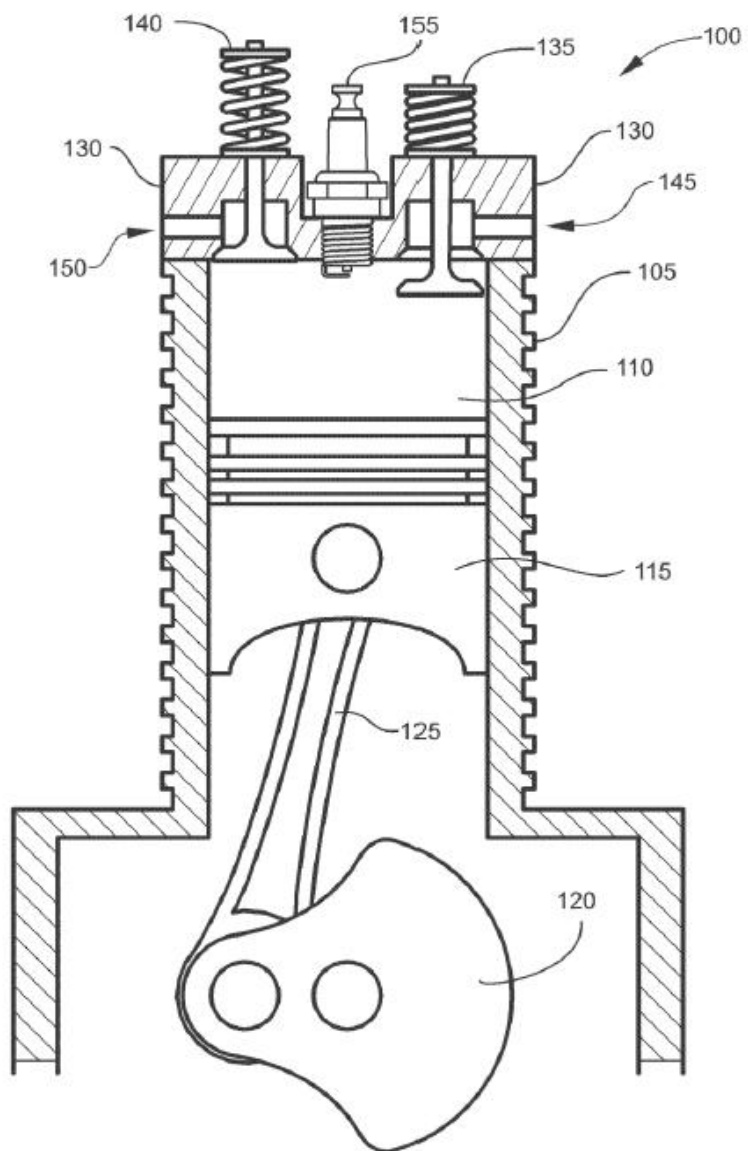
Склад синтетичного газу

Компонент синтетичного газу	Об'ємний відсоток (сухий)
H_2	22,3
CO	14,5
O_2	0,15
CO_2	2,9
CH_4	1,3
N_2	58,9

Вищеописаний приклад представлений тільки в ілюстративних цілях і не обмежує винахід процесами, використаними в прикладі.

Загалом, вирази, такі як "зв'язується" і "на... зв'язку з" (наприклад, перший компонент "зв'язується з" або "знаходиться на зв'язку з" другим компонентом), використовуються в даному документі, щоб вказувати структурне, механічне, електричне, сигнальне, оптичне, магнітне, електромагнітне, іонне або рідинне співвідношення між двома або більше компонентами або елементами. По суті, той факт, що один компонент, як згадано, повинен зв'язуватися з іншим компонентом, не має намір виключати можливості того, що додаткові компоненти можуть бути присутніми між, і/або функціонально асоціюватися або зачіпатися з, першим і другим компонентами.

Буде зрозуміло, що різні аспекти або деталі винаходу можуть бути змінені без відступу від рамок винаходу. Крім того, вищезазначений опис існує тільки з метою ілюстрації, а не з метою обмеження - винахід визначається формулою винаходу.



Φir. 1

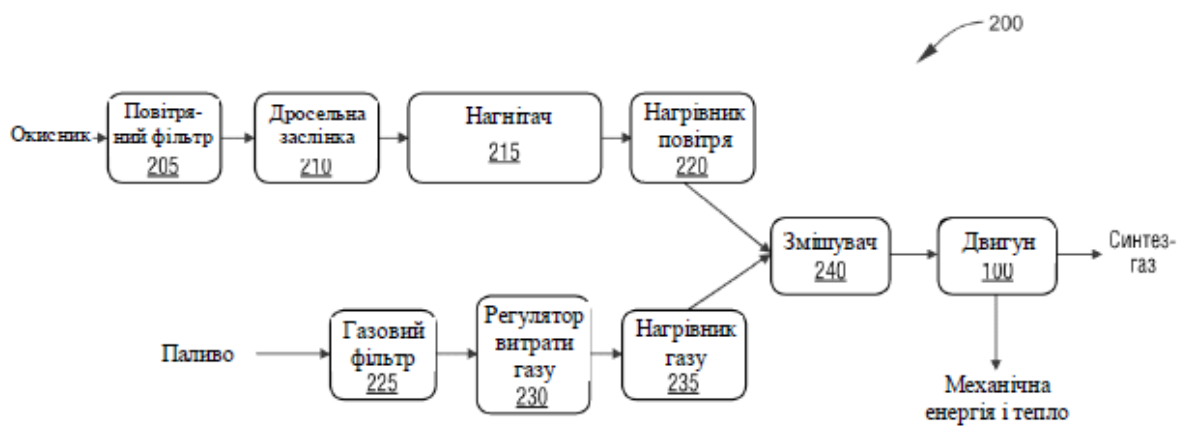


Fig. 2

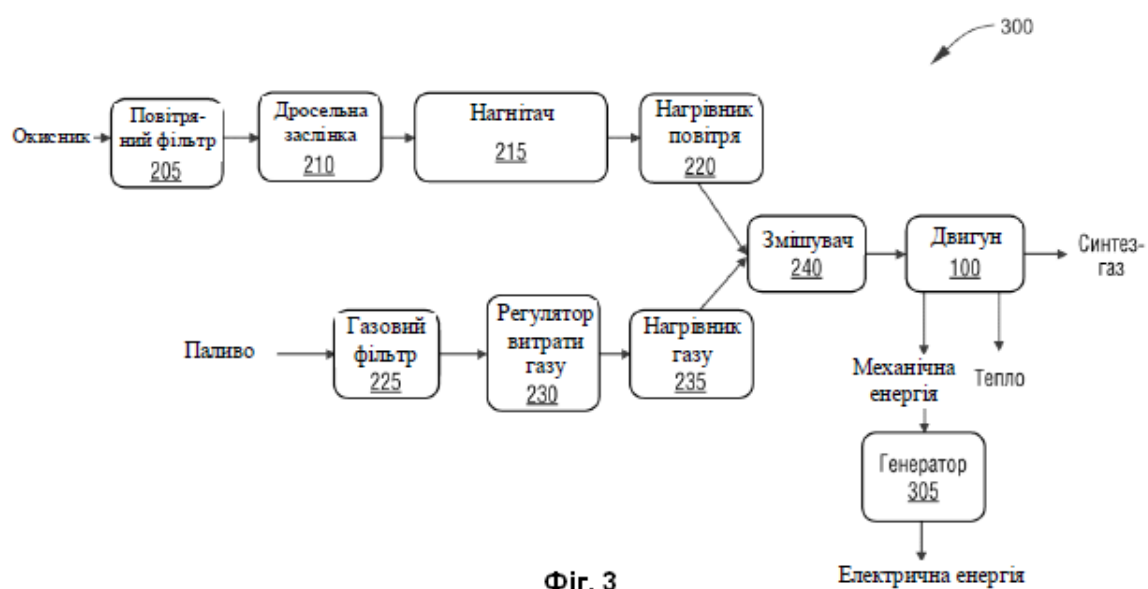
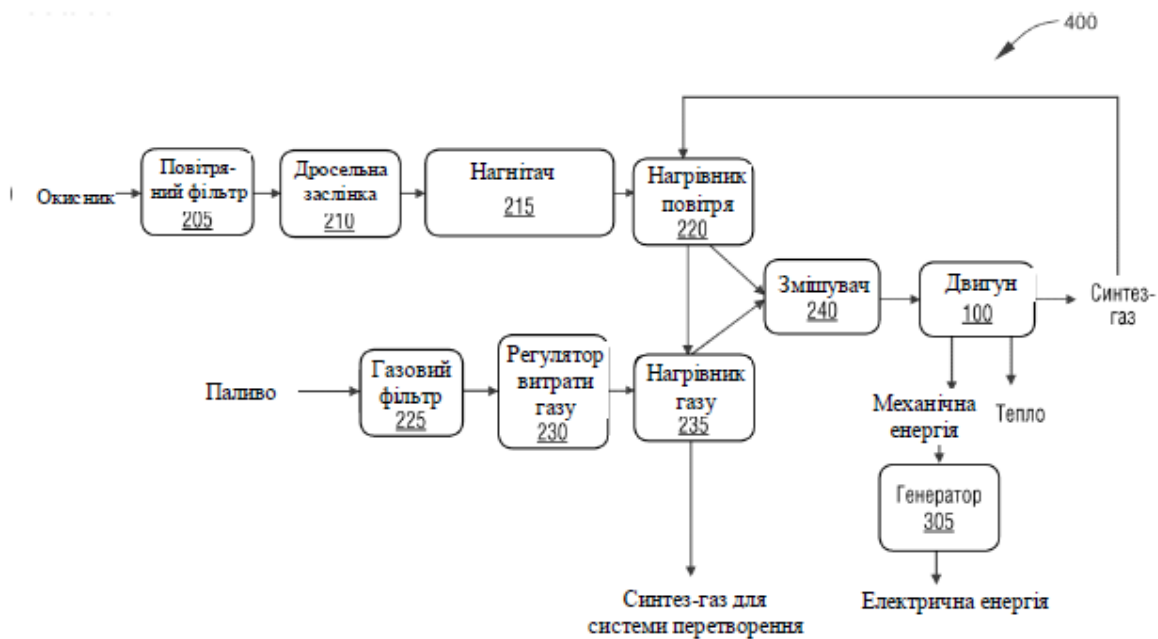
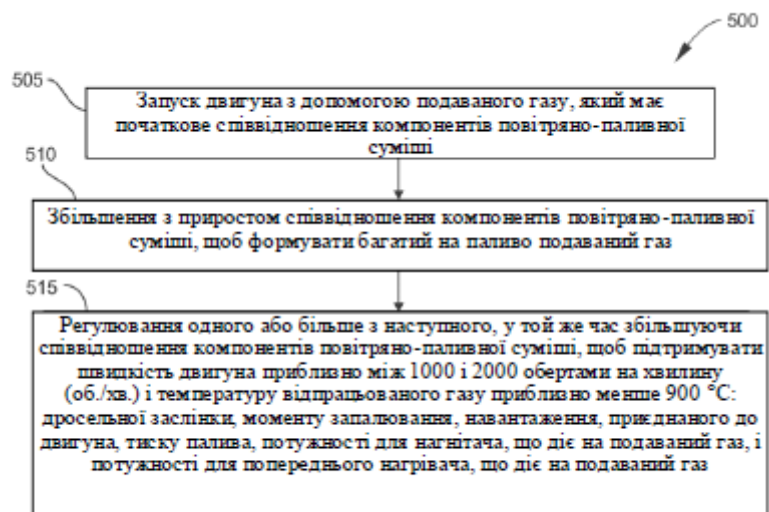


Fig. 3



Фіг. 4



Фіг. 5

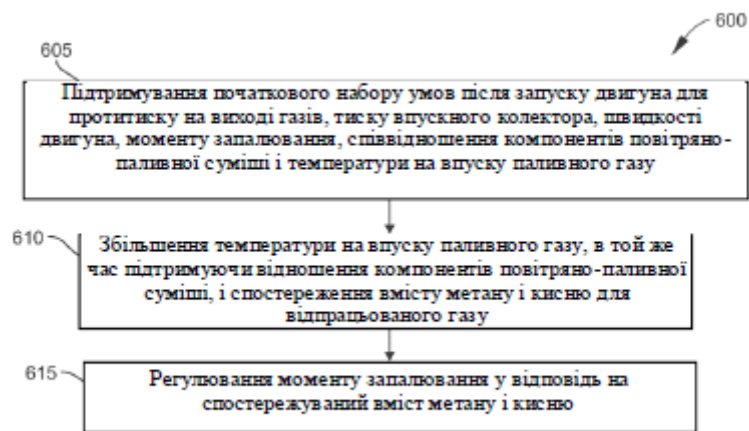


Fig. 6

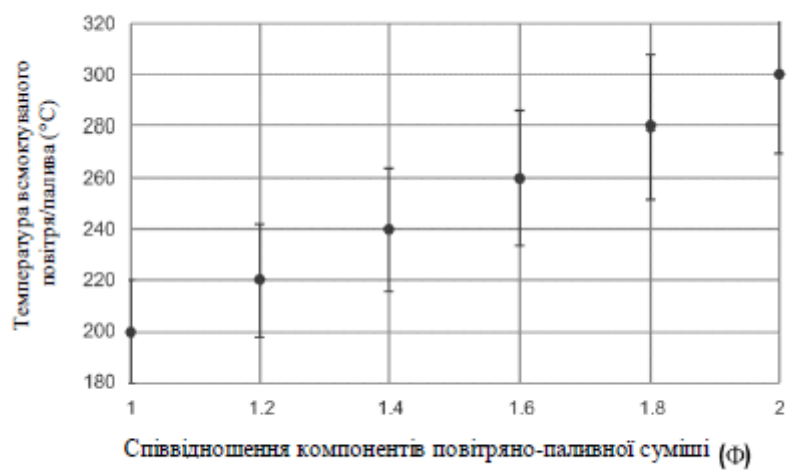


Fig. 7

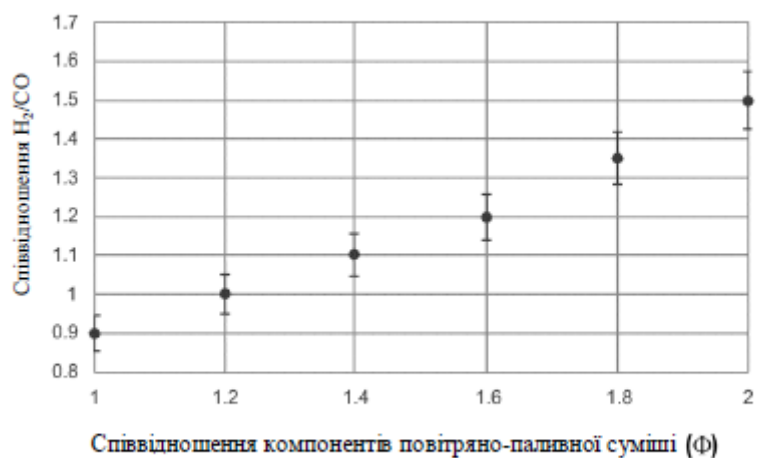
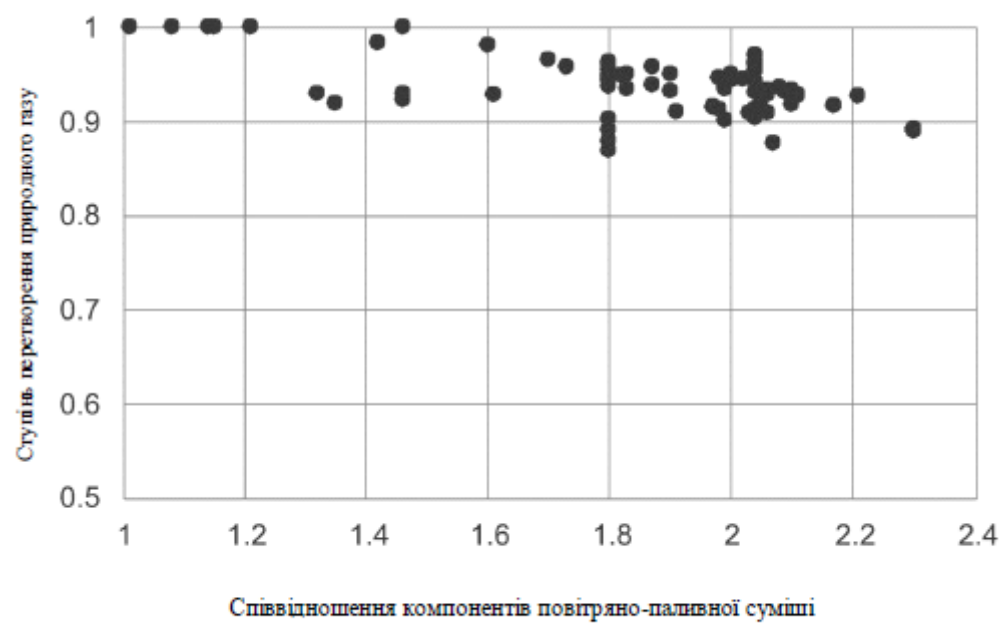


Fig. 8



Фіг. 9