

**УКРАЇНА****(19) UA (11) 99949 (13) C2**
(51) МПК (2012.01)**F02M 31/00****F02M 13/00****F02M 25/10 (2006.01)****F02B 1/12 (2006.01)****ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ****(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2010 11514	(72) Винахідник(и): МакНіл Джон (GB)
(22) Дата подання заявки: 19.03.2009	(73) Власник(и): АКВАФ'ЮЕЛ РЕСЬОРЧ ЛІМІТЕД, Unit 1020, Heeley Close, Kent Science Park, Sittingbourne, Kent ME9 8HL, United Kingdom (GB)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.10.2012	(74) Представник: Зуєва Олена Миколаївна, реєстр. №249
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 08102837.5	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 5117800 A, 02.06.1992 US 3794007 A, 26.02.1974 US 4333424 A, 08.06.1982 US 4746326 A, 24.05.1988 WO 8502194 A1, 23.05.1985 US 4876988 A, 31.10.1989 US 5269144 A, 14.12.1993 US 2007157911 A1, 12.07.2007 U S5662090 A, 02.09.1997 WO 9825012 A1, 11.06.1998
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 20.03.2008	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: EP	
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.12.2010, Бюл.№ 23	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2012, Бюл.№ 20	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: РСТ/EP2009/053274, 19.03.2009	

(54) СПОСІБ ЗДІЙСНЕННЯ СПАЛЮВАННЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ**(57) Реферат:**

Спосіб спалювання матеріалу з дуже низьким цетановим числом, який полягає у впорскуванні вказаного матеріалу в циліндр згорання двигуна з компресійним запалюванням та роздільною подачею пального та повітря, та в забезпеченні подачі до впускного отвору циліндра повітря для спалювання або робочої текучої субстанції з температурою, яка значно перевищує температуру навколишнього середовища, протягом практично всього часу роботи двигуна. Інший аспект даного винаходу представляє двигун з компресійним запалюванням для використання в даному способі.

UA 99949 C2

ПЕРЕДУМОВИ ВІНАХОДУ

Галузь винаходу

Даний винахід стосується способу спалювання, зокрема, спалювання в двигуні внутрішнього згорання з компресійним запалюванням та роздільною подачею компонентів пальної суміші, а також двигуна, який застосовується в цьому способі.

Рівень техніки

Термін "дизельний двигун" в даному описі застосовується по відношенню до двигуна внутрішнього спалювання з компресійним запалюванням, в якому компресія ініціює запалювання в момент впорскування пального. Запалювання роздільно поданої порції пального та повітря в камері спалювання відбувається внаслідок генерації тепла під час процесу швидкого стискання. В цьому полягає відмінність від двигунів, побудованих на основі циклу Отто, в яких спочатку відбувається змішування пального з повітрям, а потім цю суміш запалює іскра від свічки запалювання.

Дизельний двигун відрізняється від двигуна з компресійним запалюванням гомогенної суміші (КЗГС), в якому застосовується компресійне запалювання, але з попереднім змішуванням пального та повітря для приготування однорідної порції. За умови достатнього стиснення суміші пального та повітря відбувається спонтанне займання цієї суміші. КЗГС може працювати зі збідненою пальною сумішшю, а тому може мати вищий коефіцієнт корисної дії порівняно з традиційним двигуном на основі циклу Отто, а також нижчі значення пікових температур, що зменшує утворення сполук NOx. Проте, контролювати запалювання в КЗГС набагато важче, ніж в традиційних двигунах внутрішнього спалювання, що може призводити до виникнення проблем синхронізації. На відміну від дизельного двигуна, де запалювання визначається моментом часу, протягом якого пальне впорскується в стиснене повітря, або від двигуна на основі циклу Отто, де запалювання визначається моментом часу, протягом якого генерується іскра, у випадку КЗГС не існує чітко визначеного ініціатора запалювання, який можна було б безпосередньо контролювати. Навіть більше, для того, щоб досягти динамічної роботи зі змінним значенням вихідної роботи, система керування має бути здатною змінювати такі робочі характеристики, як ступінь стиснення, температура та тиск поданого пального та співвідношення між палим та повітрям, в результаті чого можуть збільшитись складність та вартість. Для забезпечення запалювання та уникнення змочування стінки циліндра конденсованими крапельками пального в двигунах КЗГС має застосовуватись пальне з відносно низькою точкою кипіння.

В заявці США 5117800 описано такий спосіб роботи дизельного двигуна, або двигуна з іскровим запалюванням, який включає збагачення киснем повітря для спалювання, а також одночасне регулювання моментів часу впорскування пального або запалювання для компенсації раннього спалювання, викликаного підвищенням вмістом кисню в повітрі для спалювання. Турбокомпресор виконує роль насоса для сепарації повітря через мембрану, що виробляє кисень. Збагачене киснем повітря знаходиться під нижчим тиском і, отже, є прохолоднішим, ніж традиційно подане турбонагнітачем повітря для спалювання, тому потреба застосування проміжного охолоджувача зменшується, або зовсім відпадає.

В заявці США 3794007 описано як застосовувати пальне з системи подачі пального в двигун для підігрівання повітря з метою здійснення холодного старту. Повітря в лінії всмоктування чи у впускному трубопроводі нагрівається палаючим палим в пальнику для підігріву повітря протягом операції пуску навантаженого двигуна у випадку застосування пального, такого як газолін, яке погано займається. Цей двигун має відносно низький ступінь стиснення. Спалювання пального таким способом знижує ефективність використання пального, а зменшення густини впускного повітря знижує загальний коефіцієнт корисної дії двигуна.

В заявці США 4333424 розкривається ізотермічний двигун, де відбувається процес спалювання, який потребує щонайменше два циліндри. Цей двигун має стискальний циліндр, який здійснює стиснення повітря для подачі через теплообмінник до розширювального циліндра. Розширювальний циліндр приймає стиснене повітря і пальне і, в той час, коли спалювання відбувається під час робочого такту, тиск повітря в розширювальному циліндрі зменшується до значення атмосферного, і розширювальний циліндр штовхає колінчастий вал. Цей процес є ізотермічним, а не адіабатичним, тому внутрішня температура в розширювальному циліндрі підтримується постійною, або лише незначно підвищується протягом фази розширення в робочому такті. Ці додаткові циліндри збільшують втрати, пов'язані з тертям.

Якість спалювання палива для дизельного двигуна виражають цетановим числом (CN), яке визначається як об'ємна частка (у процентах) нормального цетану (н-гексадекану) в суміші нормального цетану з 1-метилнафталином, яка має такі ж самі характеристики займання (затримка займання), як і досліджуване пальне при спалюванні в стандартному двигуні при

заданих умовах дослідження. Ті види пального, які мають високі значення CN, мають низьке значення затримки запалювання і підходять для застосування в дизельних двигунах.

Стандартне наявне в продажу дизельне пальне має значення CN в межах 40-55. Ті види пального, які мають високі значення CN, в типовому випадку не можуть застосовуватись для двигунів на основі циклу Отто, де бажаною є стійкість до самозаймання.

Якість спалювання пального в двигунах на основі циклу Отто виражають у вигляді Октанового числа (O4), причому прийнятними є види пального з високим O4. В типовому випадку види палива з високим CN мають низьке значення O4, і навпаки; тому, залити дизельне пальне в бензиновий двигун (або бензин в дизельний двигун) було б помилкою, що дорого коштує.

До видів пального з низьким або нульовим цетановим числом відносяться ароматичні вуглеводні, такі як толуен, та спирти, наприклад, гліцерин. У етанолу, наприклад, цетанове число становить близько 8, а у метанолу цетанове число становить близько 3. (М. Мерфі, Дж. Тейлор та Р. МакКормік. Довідник з експериментальних даних по цетанових числах. Національна лабораторія з відновлюваних видів енергії, 2004, NREL/SR-540-36805). Термін "матеріал з дуже низьким CN" тут застосовується по відношенню до матеріалів, які мають значення цетанового числа в діапазоні від 0 до 30. Замість цетанового числа можна застосовувати також інші характеристики займистості, еквівалентні йому. Під матеріалами з низьким цетановим числом ми розуміємо такі горючі матеріали, які не можуть займатись або підтримувати стабільну роботу в стандартному режимі циклу Дизеля. Матеріали з дуже низьким значенням CN вважаються не прийнятними для використання в дизельних двигунах, якщо не здійснити їх модифікацію шляхом підмішування іншого пального з вищим цетановим числом, або додаванням підвищувачів цетанового числа, таких як полінітратні ефіри та аміни. Див., наприклад, заявки США 4746326 та WO 85/002194. Підвищувачі цетанового числа коштують дорого, а недоліком полінітратних ефірів є їх вибухонебезпечність.

Гліцерин отримують у промислових масштабах у все більших кількостях як побічний продукт виробництва біопалива для дизельних двигунів. Було б дуже корисно отримати можливість використовувати його та інші матеріали з дуже низьким значенням CN в якості пального для дизельного двигуна. Проте, застосування важчих спиртів у якості пального для дизельного двигуна є проблематичним. В нещодавно оприлюдненому огляді "Від гліцерину до продуктів підвищеної якості", авторами якого є Маріо Пальєро, Розарія Крмінна, Хороші Кімура, Мікеле Россі та Крістіна Делла Піна, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007, 46, 4434-4440 вказано, що "гліцерин не можна додавати безпосередньо до пального, оскільки при високих температурах він полімеризується - і тому засмічує двигун - а також частково окислюється до токсичного акролеїну". В нещодавньому огляді Томаса Стенхеде "Зелені розчини Вяртсиля - робота великих двигунів на альтернативних видах пального", представленому на міжнародному семінарі з газифікації в Мальме, Швеція 10 жовтня 2008 р., автор таким чином підсумував стан справ в даному питанні: "гліцерин має дуже погані

характеристики займання і горіння, [і] не займається в дизельному двигуні". Гліцерин потребує нагрівання приблизно до 130 °C для того, щоб значення його в'язкості відповідало значенню, необхідному для належного розпилення традиційних видів дизельного пального. Проте, це позбавляє можливості застосовувати домішки для модифікації цетанового числа чи займистості, які в типовому випадку розкладаються або є нестійкими навіть нижче цієї температури. Наприклад, найбільш уживана речовина для покращення цетанового числа нітрат 2-етилгексилу розкладається при 120 °C, що перешкоджає комбінуванню потрібних кроків регулювання в'язкості та модифікації цетанового числа. Таким чином, до цього часу всі зусилля з метою застосування гліцерину в якості дизельного пального виявились безуспішними.

СУТНІСТЬ ВИНАХОДУ

Аспекти даного винаходу викладено в незалежних пунктах формули винаходу. Особливості винаходу, які надають йому перевагу, подані в залежних пунктах формули винаходу.

На свій подив ми виявили, що матеріали з дуже низькими значеннями CN можуть ефективно спалювати в двигуні компресійного запалювання, не потребуючи хімічної модифікації чи застосування домішок, а шляхом подачі в двигун повітря для спалювання з температурою, істотно вищою за температуру навколишнього середовища. Можна спалювати газолін і навіть 1-метилнафталин, який за визначенням має цетанове число рівне 0.

Значення мінімальної температури, необхідної для запалювання, та мінімальної температури, необхідної для стабільної роботи, будуть варіюватись у відповідності до виду матеріалу та конструкції двигуна. Прийнятною є множина значень, які залежать від адіабатичної ефективності, від коефіцієнта гама (співвідношення між питомою теплоємністю газу при постійному об'ємі та питомою теплоємністю при постійному тиску) та ступеня стиснення. Ступінь стиснення є особливо важливим фактором з погляду на загальний термодинамічний

коефіцієнт корисної дії двигуна; проте максимальне значення ступеня стиснення має практичні межі, пов'язані з структурними обмеженнями, оболонкою матеріалу та втратами на тертя. Для дизельних двигунів з подачею не під тиском така межа складає приблизно 22:1, а для двигунів з подачею під тиском - близько 16:1. Двигуни на основі циклу Отто внаслідок детонації пальної суміші будуть нормально працювати в діапазоні значень ступеня стиснення приблизно 8:1-10:1, що значно нижче діапазону значень для дизельних двигунів. Більш високі значення ступеня стиснення призведуть до більших підвищень температури після адіабатичного стиснення повітря, поданого для спалювання. Проте, остаточне значення температури газу, отримане на кожну одиницю збільшення ступеня стиснення, є відносно низьким; наприклад, щоб досягти такого ж кінцевого значення температури газу, якого досягають шляхом підвищення вхідної температури порції пальної суміші приблизно на 65 °C, ступінь стиснення даного тестового двигуна слід би було підвищити з 22:1 до приблизно 36:1. Обчислення дають можливість зробити висновок, що 1°C підвищення температури повітря для спалювання на вході дає в результаті підвищення температури після стиснення приблизно на 3 °C, або й більше. На відміну від систем для холодного запуску, температура повітря для спалювання підтримується на підвищеному рівні, і, в оптимальному варіанті, має коригуватись по тиску практично протягом всього часу роботи двигуна, тобто, практично в усьому діапазоні функціонування двигуна.

Хоча деякі матеріали з високою в'язкістю потребують нагрівання з метою досягнення належного значення в'язкості для впорскування в циліндри двигуна, це можна зробити безпосередньо перед самим впорскуванням, в такому випадку матеріал не повинен буде залишатись при підвищеній температурі задовго до спалювання. Стосовно гліцерину ми виявили, що застосування способу за даним винаходом дає можливість здійснювати чисте і ефективне горіння без утворення продуктів полімеризації, які б засмічували двигун.

В даному винаході повітря для спалювання в оптимальному випадку має бути стисненим до подачі в циліндри двигуна. Це збільшує швидкість подачі і покращує ефективність. Збільшення швидкості подачі також призводить до зниження значень пікових температур і тисків, що в свою чергу веде до зменшення газів-оксидів азоту. Звичайно, повітря для спалювання піддається подальшому стисненню в циліндрі, де і відбувається процес спалювання з компресійним запалюванням.

Стиснення легко може здійснювати турбонагнітач, який приводять у дію відпрацьовані гази. Для підігрівання повітря, яке подається для спалювання в двигун, можна використовувати тепло відпрацьованих газів, тепло, яке виділяється внаслідок недостатньої ефективності турбокомпресора, або будь-який інший метод нагрівання повітря, або комбінацію джерел тепла. Такий підхід, коли стиснене повітря для спалювання в двигуні нагрівають, є протилежністю по відношенню до традиційних систем турбонагнітання, де стиснене за допомогою турбокомпресора повітря охолоджується (в процесі нагнітання, або після) для збільшення швидкості подачі.

В одному виконанні даного винаходу вміст кисню в повітрі для спалювання може бути збільшено для сприяння процесу спалювання. Збагачення киснем можна застосовувати також в комбінації зі стисненням повітря для спалювання.

В широкому розумінні даний винахід включає нагрівання повітря для спалювання або робочої текучої субстанції до такої температури, яка дозволяє здійснити і/або оптимізувати процес спалювання таких видів пального, які не мають балансу властивостей і кондицій, характерного для традиційних у даній галузі видів пального та їх спалювання. Даний винахід надає в двигунах з компресійним запалюванням можливість спалювання матеріалам з дуже низьким CN, які до цього часу не вважались паливом для двигунів з компресійним запалюванням.

Термін "робоча текуча субстанція" тут застосовується для позначення текучої субстанції (газу або рідини), яка використовується в якості носія для передачі енергії від однієї частини системи до іншої частини. Робоча текуча субстанція може складатись з повітря, змішаного з газом або парою рідини, які є горючими або підтримують горіння.

Даний винахід в принципі можна використовувати стосовно твердих, рідких або газоподібних матеріалів; проте, переважним є застосування для текучих (рідких або газоподібних) матеріалів, з огляду на легкість їх впорскування.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Здійснювалось спалювання різних матеріалів з дуже низьким CN в дослідній установці, яка складалась з двоциліндрового дизельного двигуна Lister-Petter з прямим впорскуванням та з чотирьохциліндрового двигуна Lister-Petter з прямим впорскуванням та турбонагнітанням. Двигуни працювали на постійній швидкості та з постійною потужністю (типові умови для

генерації електроенергії). Ступінь стиснення становив 22:1 для двигуна з нормальною подачею повітря, а для двигуна з турбонагнітанням - 16:1.

На початковому етапі горіння здійснювали, використовуючи газойль як пальне, після чого, щойно двигун достатньо прогрівся, переходили на досліджуваний матеріал. Диметиловий ефір (ДМЕ) на початковій стадії подачі досліджуваного матеріалу застосовували лише з метою дати можливість варіювати температуру повітря на вході без зупинки двигуна на цьому етапі дослідження; потім подачу ДМЕ відключали, і далі двигун працював лише на досліджуваному матеріалі. Вхідне повітря (повітря для спалювання) нагрівали, а температуру цього повітря варіювали з метою визначити мінімальне значення, при якому спалювання відбувалось стабільно і спостерігався ефект від збільшення швидкості подачі при зниженні температури на вході. Це дослідження проводили, використовуючи двоциліндровий двигун з нормальною подачею повітря. Спалювання ставало нестабільним і зовсім припинялось нижче 90 °С. Результати, отримані для гліцерину (ступінь чистоти purity 98,0 %, виробництво Sigma Aldrich), подано в Таблиці 1.

В цій таблиці: Т Вих. = температура вихлопу; Др% = положення дросельної заслінки (подачі пального); КВт = вихідна потужність генерованої електроенергії; NO = окисли азоту (ppm); CO = окис вуглецю (ppm); O₂ в вихлопі = об'ємна частка в % вмісту кисню в вихлопних газах; Т Інж. = температура "перегріву" інжектора; Т Пов. = температура повітря на вході.

Таблиця 1

Т Вих.	Др. %	Об./хв.	КВт	NO	CO	O2 в вихлопі	Т Інж.	Т. Пов.
	Розігрів на газойлі							
426	26,3	2322	9,08	1383	212		88	
	Зупинка		Підключення нагрівання впуску					
	Пуск на ДМЕ - подача гліцерину							
	Нагрівач инжектора включено			ДМЕ відключено				
433	Макс.	2340	7,00	918	781	9,3	148	236
435	Макс.	2380	7,23	883	722	9,6	147	184
420	Макс.	2374	7,15	750	744	9,8	144	172
414	Макс.	2343	7,34	687	925	10,0	145	142
407	Макс.	2410	7,65	606	1193	10,4	144	101
406	Макс.	2344	7,62	515	1999	10,6	142	91

Подібні дослідження було виконано для деяких інших матеріалів з дуже низьким CN на тому ж самому устаткуванні, отримані значення критичної температури займання для цих матеріалів підсумовані в Таблиці 2.

Таблиця 2

Досліджуваний матеріал	Критична температура/°C
Гліцерин	90
Метанол	115
Етанол	150
Бутанол	115
бензин (без свинцевий) октанове число 98	100
Толуол	178
1-метилнафталин	185

Значення критичних температур, наведені в Таблиці 2 - це приблизні значення температур повітря для спалювання, нижче яких горіння в дослідному двигуні припиняється. У випадку 1-метилнафталину критична температура вхідного повітря може бути трохи нижчою, ніж вказані 185 °С. Двигун працював стабільно при цій температурі, але починав погано працювати (виникали перебої запалювання).

Слід підкреслити, що наведені критичні температури стосуються температури повітря для спалювання безпосередньо перед його впуском в циліндри двигуна. Дійсна температура повітря для спалювання після стиснення в циліндрі і перед запалюванням буде значно вищою.

В Таблиці 3 представлено результати по спалюванню гліцерину (чистота 98,0 %) у порівнянні з газойлем відповідно до варіантів виконання даного винаходу. Ці дослідження було проведено на чотирициліндровому двигуні з турбонагнітанням при відповідних значеннях швидкостей та вихідних потужностей. Вхідну температуру було встановлено на оптимальному значенні близько 144 °С для цього типу двигуна при роботі на гліцерині. Корекцію швидкості подачі повітря виконували шляхом регулювання тиску у впускному трубопроводі таким чином, що об'ємна частка кисню в вихлопному газі була однаковою в обох дослідженнях. Також видно, що рівень оксидів азоту при роботі двигуна на гліцерині був істотно нижчим, ніж при роботі на газойлі в умовах нормального спалювання, завдяки нижчій піковій температурі спалювання. Можна побачити, що при температурі на вході близько 144 °С і при однакових рівнях об'ємної частки кисню в вихлопних газах, горіння гліцерину у відповідності до варіантів виконання даного винаходу ефективніше, ніж горіння газойлю згідно з специфікацією для цього типу двигунів. К.к.д. було обчислено, користуючись визначеними масами досліджуваних зразків пального у визначені відрізки часу і обчислюючи перетворення енергії на основі значень питомої теплоти спалювання для кожного виду пального.

Таблиця 3

Т Вих.	Др. %	Об/хв.	КВт	NO ppm	CO ppm	O2 в вихл.	Т. Пов.
	Перемикання на гліцерин						
291	макс.	2317	15,88	311	565	12,82	134,3
296	макс.	2320	15,91	352	421	12,65	139,6
298	макс.	2317	15,91	373	404	12,57	143,6
299	макс.	2325	15,91	383	393	12,53	143,1
299	макс.	2319	15,86	388	391	12,55	143,2
300	макс.	2328	15,82	392	389	12,55	144,2
300	макс.	2324	15,91	398	389	12,53	144,2
						К.к.д. = 29,37 %	
	Перемикання на газойль						
341	26,7	2355	16,22	600	201	12,48	70,4
342	26,4	2357	16,16	592	205	12,51	69,9
341	26,4	2339	16,01	594	203	12,51	70,4
340	26,4	2352	16,08	588	200	12,55	70,5
339	28,7	2368	16,05	581	202	12,61	71,7
						К.к.д = 28,67 %	

В Таблиці 4 представлені результати спалювання ще одного матеріалу - дистилату з відпрацьованих шин (ДВШ). Умовні позначення ті ж самі, що й у Таблиці 1. Манометричний тиск (бар) = надлишковий тиск у вхідному трубопроводі, виміряний манометром у барах. Видно, що результатом відключення підігрівачів вхідного повітря під час роботи двигуна на ДВШ є зупинка двигуна. В умовах, які відповідають виконанням даного винаходу, рівень CO в вихлопних газах різко зменшується, і спалювання проходить належним чином. Запалювання не відбувається при температурі повітря приблизно 86 °С, і в цій точці викиди були вкрай високими. Найкращою температурою для зниження викидів була температура близько 145 °С.

Таблиця 4

Т Вих.	Др. %	Об/хв.	КВт	NO	CO	FT	O2 в вихлопі	Т інж.	Манометр. тиск (бар)
Розігрів на газойлі									
256	20,3	2327	12,62	387	159	24,6	15,11	83,1	1,61
259	20,4	2318	12,61	390	158	25,7	15,04	84,7	1,61
261	20,4	2306	12,32	396	168	29,5	15,09	86,8	1,57

Продовження таблиці 4

Т Вих.	Др. %	Об/хв.	КВт	NO	CO	FT	O2 в вихлопі		Т інж.	Манометр. тиск (бар)
	Вхідний нагрівач ввімкнений									
320	21,5	2338	12,78	666	183	31,1	13,45		138,8	1,47
	Перехід на ДВШ									
327	18,9	2325	12,53	1006	246	29,4	13,49		141,1	1,43
	Вхідний нагрівач вимкнений								142,1	
				895	255				138,2	
				783	327				121,7	
				722	414				108,6	
			12,18	701	516				101,6	
			12,01	663	662				95,3	
			12,15	659	745				92,1	
			Зупинка							
		Вхідні нагрівачі вкл./відкл./вкл. - дослідження варіацій точки зупинки в районі 86 °C								
Нагрівачі ввімкнено		Регулювальний клапан відпрацьованих газів в нормальному положенні				Пальне = 10,35 кг				
320	20,3	2349	13,26	1001	238	33,1	13,08	145	1,46	
341	20,4	2323	13,04	1038	245	33,3	12,94	151	1,45	
340	20,4	2314	12,94	993	235	34,3	13,27	143	1,48	
339	20,4	2310	12,82	956	253	34,9	13,31	142	1,47	
336	20,4	2323	12,89	957	254	35,5	13,42	141	1,49	
						Пальне = 8,082 кг				

Даний винахід можна застосовувати для спалювання багатьох видів пального. До такого пального відносяться різні види вуглеводнів, наприклад, важке та залишкове пальне, а також відновлювані види пального та побічні продукти рослинного походження, наприклад, талова олія або тваринні жири.

Газоподібні види пального включають в себе гази, які добувають в надрах землі, наприклад, природний газ, а також вироблені гази, такі як газоподібні відходи нафтопереробки, біогази (з сміттєзвалищ або біопереробки), піролізні гази, метан з вугільних шахт та водень.

Оскільки стає можливим ефективне спалювання такого широкого діапазону матеріалів, даний винахід також можна застосовувати для спалювання прийнятних відпрацьованих розчинників, наприклад, спиртів, кетонів, гліколів, ефірів та ароматичних розчинників. Використання високотемпературного повітря для спалювання в можливому поєднанні з нагнітанням та/або підвищеним парціальним тиском кисню допомагає забезпечити повне спалювання.

Даний винахід може бути застосований в двигунах внутрішнього згорання, таких як двигуни електрогенераторів, корабельні двигуни, двигуни для повітряних суден та автомобільні двигуни, газові турбіни, двигуни зовнішнього згорання та пічні бойлери. Передбачається, що даний винахід може бути особливо корисним при застосуванні в двигунах, які працюють на подвійному пальному, робота яких на початковому етапі здійснюється на традиційному дизельному пальному до того часу, поки двигун і повітря для спалювання достатньо прогріється, після чого система подачі пального може перемикається на матеріал з дуже низьким CN. Даний винахід також особливо підходить для систем генерування електричної енергії з приводом від двигуна та систем комбінованого генерування теплової та електричної енергії з приводом від двигуна, оскільки більша частина енергії, використаної для підвищення температури впуску, спрямовується через вихлоп двигуна назад до системи повторного використання тепла. Даний винахід надає переваги порівняно з традиційною технологією комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (КТЕ). Використання гліцеролу з добавлянням цетану, наприклад, для можливості загорання приведе до дуже низької температури вихлопних газів, обмежуючи відновлювальне тепло та знижуючи ефективність КТЕ. Подачею тепла на вхід можна забезпечити ефективне спалювання матеріалу, одночасно забезпечуючи високоефективну роботу КТЕ.

З метою сприяння підігріву двигуна гарячі вихлопні гази можна спрямовувати до вхідного трубопроводу повітря для спалювання. Така рециркуляція вихлопних газів (РВГ) відома сама по собі за зниженням вмісту кисню в повітрі для спалювання та за зменшенням викидів оксидів азоту. Проте, головною метою цієї дії в даному винаході є нагрівання вхідної порції для двигуна.

5 Оператор двигуна може в ручному режимі відрегулювати умови процесу з метою їх оптимізації для конкретного пального, яке підлягає спалюванню. Проте, в оптимальному варіанті виконання даного винаходу система двигуна буде сама розпізнавати тип використовуваного пального і автоматично коригувати умови горіння для цього типу пального.

10 Хоча оптимальне значення мінімальної температури повітря для спалювання буде різним для різних типів двигунів та ступенів стиснення, а також для різних видів пального, передбачається, що мінімальне значення буде не нижчим, ніж 60 °C і буде істотно вищим для багатьох матеріалів з дуже низьким CN. Верхні межі температури є більшою мірою теоретичними, ніж практичними, причому досягнення і підтримання вищих температур є більш коштовним. Такі компоненти, як випускні клапани та впускні пристрої від турбокомпресора за своїми технічними даними можуть бути здатними функціонувати лише до певної температури, і завдання утримувати температуру в діапазоні функціонування цих компонентів буде накладати практичну верхню межу. Проте, необхідна для випарювання прихована теплота, властива багатьом прийнятним видам пального, природним чином знижує пікову температуру спалювання і дає можливість працювати на максимальній проектній потужності в межах 20 діапазону технічних характеристик для цих компонентів. (Див. температури вихлопу при спалюванні гліцерину). Не маючи на меті обмежити обсяг винаходу, очікується, що для практичних цілей достатнім буде значення верхньої межі в 250 °C.

25 Слід мати на увазі, що певні особливості даного винаходу, які для ясності були описані в контексті окремих варіантів його виконання, можуть також бути втіленими в комбінації в одному варіанті виконання. І навпаки, різні особливості даного винаходу, які для спрощення описані в контексті одного варіанту виконання, можуть також бути присутніми окремо або в будь-якій прийнятній комбінації.

30 Хоча даний винахід з метою ілюстрації тут описано з посиланням на конкретні приклади, слід розуміти, що він не обмежується лише цими прикладами. В описані вище деталі конструкції і організації процесу можна вносити різноманітні зміни, модифікації або доповнення, не виходячи за межі даного винаходу, визначені формулою винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

35 1. Спосіб запалювання і спалювання щонайменше одного матеріалу з дуже низьким CN, що включає впорскування вказаного матеріалу в циліндр двигуна з компресійним запалюванням та гетерогенною подачею складових пальної суміші, а також подачу до впускного отвору циліндра повітря для спалювання або робочої текучої субстанції з температурою, що знаходиться в 40 діапазоні 60-250 °C, протягом практично всього часу роботи двигуна, причому горюча частина робочої текучої субстанції має цетанове число в діапазоні від 0 до 30.

45 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що матеріал з дуже низьким CN являє собою спирт, переважно метанол, етанол, пропанол, бутанол, гліцерин або суміш з двох або більшої кількості цих речовин, кетон, ефір, ароматичну сполуку, газолін, один або декілька вуглеводнів, відновлювальні види пального, відпрацьований розчинник або суміш будь-яких або всіх з вказаних речовин.

3. Спосіб за п. 1 або п. 2, який **відрізняється** тим, що повітря для спалювання або робочу текучу субстанцію подають до впускного отвору циліндра під таким тиском, щоб швидкість подачі речовини в циліндр через цей впускний отвір була практично рівною швидкості подачі речовини в циліндр при стандартних умовах роботи.

50 4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що додатково включає нагрівання вказаного матеріалу до впорскування його в камеру згорання.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що щонайменше одну з двох речовин або повітря для спалювання, або робочу текучу субстанцію нагрівають за допомогою відпрацьованого тепла від самого двигуна.

55 6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що тиск повітря для спалювання або робочої текучої субстанції створюється за допомогою турбокомпресора, який приводиться в дію потоком вихлопного газу з самого двигуна.

60 7. Спосіб за п. 6, який **відрізняється** тим, що щонайменше частину повітря для спалювання або робочої субстанції нагрівають, використовуючи розсіяне тепло від турбокомпресора, який приводиться в дію потоком вихлопного газу з самого двигуна.

8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що повітря для спалювання або робоча текуча субстанція мають збагачений вміст кисню.
9. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що матеріалом з дуже низьким CN є гліцерин.
- 5 10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що гліцерин нагрівають і впорскують в циліндр при температурі в діапазоні 60-160 °C.
11. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що для комбінованого вироблення тепла та електроенергії (КТЕ) включає повторне використання тепла вхідного повітря для підтримки або підвищення рівня використання енергії тепла вихлопних газів.
- 10 12. Устаткування для спалювання різних видів пального, що включає двигун з компресійним запалюванням та гетерогенною подачею пальної суміші, що містить циліндр та засіб нагрівання повітря для спалювання або робочої текучої субстанції для подачі в циліндр за температури в діапазоні 60-250 °C, переважно в діапазоні 90-250 °C, а також засоби компресії для підтримання значення тиску повітря для спалювання або робочої текучої субстанції значно вище
- 15 атмосферного.
13. Устаткування за п. 12, яке **відрізняється** тим, що засіб нагрівання містить теплообмінник для передачі тепла від вихлопу двигуна та/або систему охолодження для спалювання повітря або робочої текучої субстанції.
- 20 14. Устаткування за п. 12 або п. 13, яке **відрізняється** тим, що засобом для стиснення повітря для спалювання або робочої текучої субстанції для подачі в циліндр є турбокомпресор, розташований та пристосований для приведення в дію потоком вихлопного газу з самого двигуна.

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601