

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **017673**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2013.02.28

(21) Номер заявки
201071080

(22) Дата подачи заявки
2009.03.19

(51) Int. Cl. *F02M 31/02* (2006.01)
F02M 31/04 (2006.01)
F02M 13/02 (2006.01)
F02M 13/04 (2006.01)
F02M 25/10 (2006.01)

(54) **СПОСОБ СЖИГАНИЯ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(31) **08102837.5**

(32) **2008.03.20**

(33) **EP**

(43) **2011.04.29**

(86) **PCT/EP2009/053274**

(87) **WO 2009/115589 2009.09.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АКВАФЬЮЕЛ РИСЕРЧ ЛИМИТЕД
(GB)**

(72) Изобретатель:
МакНейл Джон (GB)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) US-A1-2007157911
US-A-5662090
US-A-5269144
US-A-4876988
WO-A-9825012

(57) Способ сжигания материала с очень низким цетановым числом, включающий впрыск указанного материала в цилиндр сгорания двигателя для гетерогенных рабочих смесей с воспламенением от сжатия и подачу на вход цилиндра воздуха или рабочей среды при температуре существенно выше температуры окружающей среды в течение практически всего времени работы двигателя. Согласно другим аспектам изобретения предложен двигатель с воспламенением от сжатия для применения в способе и способ применения двигателя для сжигания топлива.

B1

017673

017673

B1

Предпосылки изобретения

1. Область изобретения

Настоящее изобретение относится к способу сжигания, в частности к способу сжигания топлива в двигателе внутреннего сгорания, предназначенном для сжигания гетерогенных рабочих смесей, работающим с воспламенением от сжатия, и двигателю для применения в указанном способе.

2. Уровень техники

Термин "дизельный двигатель" используется в дальнейшем для описания двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия, в котором сжатие инициирует воспламенение при впрыске топлива. Гетерогенная смесь топлива и воздуха воспламеняется в камере сгорания за счет тепла, генерируемого в процессе быстрого сжатия. Это отличает данный двигатель от двигателей, работающих по циклу Отто (с принудительным воспламенением рабочей смеси), в которых топливо и воздух предварительно смешиваются перед воспламенением с помощью свечи.

Дизельный двигатель отличается от двигателя с воспламенением гомогенной рабочей смеси от сжатия (ДВГЗС) (heterogeneous charge compression ignition engine, HCCI), в котором используется воспламенение от сжатия, но с предварительным смешением воздуха и топлива с образованием гомогенной рабочей смеси. При достаточном сжатии топливо-воздушной смеси она самопроизвольно воспламеняется. ДВГЗС подходит для сжигания обедненных топливно-воздушных смесей и поэтому может иметь эффективность выше, чем у двигателя, работающего по циклу Отто, и имеет более низкую температуру сгорания, что снижает образование оксидов азота NO_x. Однако управлять процессом сгорания в ДВГЗС труднее, чем в обычном дизельном двигателе, что может вызвать затруднения с регулировкой момента зажигания. В отличие от дизельных двигателей, в которых воспламенение регулируется моментом впрыска топлива в сжатый воздух, или двигателей, работающих по циклу Отто, в которых воспламенением управляют в момент генерирования искры, в ДВГЗС нет четко определенного инициатора воспламенения, которым можно управлять непосредственно. Более того, для достижения динамичной работы с переменной нагрузкой система управления двигателем должна быть способна изменять такие параметры работы, как степень сжатия, температуру и давление вводимого воздуха и соотношение воздух-топливо, что приводит к ее усложнению и удорожанию. Для обеспечения зажигания и во избежание смачивания стенок цилиндра каплями конденсирующегося топлива топливо, используемое в ДВГЗС, должно иметь относительно низкую температуру кипения.

Патент США 5117800 описывает способ управления дизельным двигателем или двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием с обогащением воздуха для горения кислородом при одновременной корректировке момента впрыска топлива или момента зажигания для компенсации раннего зажигания, вызванного увеличением содержания кислорода в воздухе горения. Турбонагнетатель используется в качестве насоса для отделения воздуха путем подачи через кислород-обогащающую мембрану. Такой обогащенный кислородом воздух находится при меньшем давлении и, следовательно, холоднее, чем воздух, прошедший через турбонагнетатель традиционным способом, поэтому необходимость во внутреннем охладителе (интеркулере) снижена или вообще отсутствует.

Патент США 3794007 описывает применение топлива, поступающего от системы подачи топлива, для подогрева смеси в двигателе при холодном запуске двигателя. Воздух в линии всасывания или захватывающем коллекторе нагревают посредством сжигания топлива в пламенном воздухонагревателе во время запуска двигателя под нагрузкой при использовании трудноподжигаемого топлива, такого как бензин. Двигатель имеет относительно небольшую степень сжатия. Сжигание топлива, таким образом, снижает эффективность его использования, и понижение плотности всасываемого воздуха снижает общую эффективность двигателя.

Патент США 433424 описывает изотермический двигатель сгорания для процесса сжигания, требующего, как минимум, двух цилиндров. Двигатель снабжен цилиндром сжатия, воздух в котором сжимается и поступает через теплообменник в цилиндр расширения. В цилиндр расширения поступает сжатый воздух и топливо, и сгорание происходит во время рабочего хода, давление воздуха в цилиндре расширения падает до атмосферного и поршень двигает коленчатый вал. Процесс является изотермическим, а не адиабатическим, поэтому температура в цилиндре расширения постоянна или чуть возрастает на стадии расширения во время рабочего хода. Наличие дополнительных цилиндров увеличивает потери за счет трения.

Качество дизельного топлива выражается цетановым числом (ЦЧ), определяемым как объемная доля цетана (n-гексадекана) в смеси цетана с 1-метилнафталином, которая имеет те же характеристики воспламенения (период задержки воспламенения), что и испытуемое топливо, сжигаемое на стандартном двигателе в определенных условиях испытания. Топлива с высоким ЦЧ имеют малый период задержки воспламенения и пригодны для использования в дизельных двигателях. Промышленные дизельные топлива обычно имеют ЦЧ в интервале 40-55. Топлива с высоким ЦЧ обычно не подходят для двигателей, работающих по циклу Отто, где желательна устойчивость к самовоспламенению.

Качество топлива для двигателей, работающих по циклу Отто, выражается октановым числом (ОЧ), причем чем выше октановое число, тем качественнее топливо. Обычно топливу с высоким ОЧ имеют низкое ЦЧ и наоборот, поэтому подача дизельного топлива в бензиновый двигатель (или бензина в ди-

зельный двигатель) может быть дорогостоящей ошибкой.

К топливам с низким или нулевым цетановым числом относятся ароматические углеводороды, такие как толуол и спирты, такие как глицерин. Например, этанол имеет цетановое число в районе 8 и цетановое число метанола приблизительно равно 3. (M. Murphy, J. Taylor, and R. McCormick. Compendium of Experimental Cetane Numbers Data, National Renewable Energy Laboratory, 2004, NREL/SR-540-36805). В контексте настоящего описания термин "материал с очень низким цетановым числом" относится к материалам с цетановым числом от 0 до 30. Вместо цетанового числа можно использовать любые другие характеристики воспламенения, эквивалентные указанной. Под материалами с низким цетановым числом подразумевают материалы, которые неспособны к воспламенению или поддержанию стабильной работы двигателя в условиях стандартного дизельного цикла. Материалы с очень низким цетановым числом считаются неподходящими для использования в дизельных двигателях, если они не модифицированы путем смешения с топливом с высоким цетановым числом или модификаторами цетанового числа, таким как полинитроэфиры или амины. Примеры - патент США 4746326 и WO 85/002194. Модификаторы цетанового числа имеют высокую стоимость, а недостатком полинитроэфиров является их взрывоопасность.

Глицерин получают в промышленных масштабах в увеличивающихся количествах в качестве побочного продукта производства биотоплив для дизельных двигателей. Было бы желательно использовать его и другие материалы с очень низким цетановым числом как топливо для дизельного двигателя. Однако использование тяжелых спиртов в качестве топлив для дизельного двигателя представляется проблематичным. В недавнем обзоре Mario Pagliaro, Rosaria Ciriminna, Horoshi Kimura, Michele Rossi and Cristina Delia Pina: From Glycerol to Value-Added Products ("От глицерина к более ценным продуктам" - перев.), *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007, 46, 4434-4440 утверждается, что глицерин "не может непосредственно быть добавлен к топливу, поскольку при высоких температурах он полимеризуется и, следовательно, забивает двигатель и частично окисляется в токсичный акролеин". В недавнем обзоре Thomas Stenhede - "Wartsila Green Solutions - Running Large Engines on Alternative Fuels" ("Зеленые решения "Wartsila" - эксплуатация больших двигателей на альтернативных топливах" - перев.), представленном на международном семинаре по газификации, Мальмо, Швеция, 10 октября 2008 г., автор резюмирует современный уровень техники: "Глицерин обладает очень плохими характеристиками воспламенения и горения и не воспламеняется в дизельном двигателе". Высокая вязкость глицерина требует его нагрева до 130°C, чтобы его вязкость соответствовала вязкости, обеспечивающей хорошую атомизацию обычных дизельных топлив. Однако это препятствует использованию модификаторов воспламенения или цетанового числа, которые обычно разлагаются или нестабильны при более низких температурах. Например, наиболее широко распространенный модификатор цетанового числа 2-этилгексилнитрат разлагается при 120°C, что препятствует объединению необходимых стадий модификации вязкости и цетанового числа. Таким образом, предыдущие попытки использовать глицерин в качестве дизельного топлива оказались неудовлетворительными.

Краткое описание изобретения

Различные аспекты настоящего изобретения определены в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные признаки отражены в зависимых пунктах формулы изобретения.

Авторами настоящего изобретения неожиданно было обнаружено, что материалы с очень низким цетановым числом могут эффективно сгорать в двигателе с воспламенением от сжатия без необходимости их химической модификации или использования присадок при подаче в двигатель воздуха горения с температурой значительно выше комнатной. Таким образом, может сгорать бензин и даже 1-метилнафталин, который по определению имеет цетановое число, равное нулю.

Минимально необходимая температура воспламенения и минимальная температура, необходимая для стабильной работы двигателя, зависят от природы материала и конструкции двигателя. Используется кратный множитель, который зависит от адиабатической эффективности, коэффициента гамма (отношение удельной теплоемкости газа при постоянном объеме и удельной теплоемкости газа при постоянном давлении) и степени сжатия. В том что касается общей термодинамической эффективности двигателя, степень сжатия является особенно важным фактором, однако существуют практические ограничения максимально достижимой степени сжатия, связанные со структурными ограничениями, уплотнением материала и потерями от трения. Степень сжатия в дизельных двигателях без наддува ограничена примерно ~22:1, а в двигателях с наддувом примерно ~16:1. В двигателях, использующих цикл Отто, вследствие детонации рабочей смеси обычно используется степень сжатия значительно ниже, чем в дизельных двигателях, в интервале ~8:1-10:1. Увеличение степени сжатия приводит к большему росту температуры после адиабатического сжатия воздуха. Однако увеличение конечной температуры газа, достигаемое за счет увеличения степени сжатия на единицу, относительно мало; например, чтобы получить ту же конечную температуру газа, которая достигается при увеличении температуры входящей загрузки на 65°C для данного экспериментального двигателя, необходимо увеличение степени сжатия с 22:1 до ~36:1. Расчеты показывают, что увеличение температуры входящего воздуха на 1°C вызывает увеличение температуры воздуха после сжатия на 3°C или более. В отличие от систем холодного запуска температуру воздуха поддерживают существенно выше температуры окружающей среды и предпочтительно осуществляют

коррекцию давления подаваемого воздуха все время работы двигателя, т.е. практически в течение всего временного интервала его работы.

Хотя некоторые высоковязкие материалы требуют нагрева для достижения значений вязкости, достаточных для введения в цилиндр двигателя, это может осуществляться непосредственно перед введением так, чтобы материал не подвергался продолжительному нагреву. В случае глицерина было обнаружено, что использование способа согласно настоящему изобретению позволяет осуществлять эффективное и чистое его сжигание без забивки двигателя продуктами полимеризации.

В соответствии с настоящим изобретением воздух, подаваемый в двигатель, предпочтительно нагнетают перед его поступлением в цилиндры двигателя. Это увеличивает массовый поток и повышает эффективность. Увеличение массового потока также понижает максимальную температуру и давление в цилиндре, что снижает образование оксидов азота NOx. Естественно, поступающий воздух далее сжимается в цилиндре двигателя, где происходит воспламенение посредством сжатия и сгорание.

Нагнетание воздуха можно осуществлять посредством турбокомпрессора, приводимого в действие выхлопными газами. Тепло выхлопных газов, тепло образующееся за счет внутренней неэффективности турбокомпрессора или любой другой способ нагрева воздуха или сочетание источников тепла может быть использовано для нагрева поступающего в двигатель воздуха. Этот способ, основанный на нагреве предварительно сжатого входящего воздуха, противоположен традиционным системам с турбонаддувом, где сжатый воздух охлаждается (в интеркулере, вторичном холодильнике) для увеличения массового потока.

Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения подаваемый воздух может обогащаться кислородом для стимуляции горения. Обогащение кислородом может применяться в сочетании с нагнетанием подаваемого воздуха.

Говоря в целом, настоящее изобретение включает нагрев сжигаемого воздуха или рабочей среды до температуры, которая позволяет и/или оптимизирует сгорание топлив за пределами условий сгорания и свойств топлив, традиционно используемых в данной области техники. Настоящее изобретение позволяет осуществлять сжигание материалов с очень низким цетановым числом в двигателях с воспламенением от сжатия. Подобные материалы ранее не рассматривались в качестве топлива для двигателей с воспламенением от сжатия.

Под термином "рабочая среда" здесь и далее понимается среда (газ или жидкость), используемая для передачи энергии от одной части системы к другой. Рабочая среда может включать воздух в смеси с парами или газами, которые способны к горению или поддерживают горение.

Настоящее изобретение может в принципе найти применение при сжигании жидких, газообразных или твердых материалов, однако жидкие и газообразные материалы предпочтительнее с точки зрения удобства введения.

Результаты экспериментов

Различные материалы с очень низким цетановым числом сжигали на экспериментальной установке, включающей двухцилиндровый дизельный двигатель фирмы Lister-Petter с прямым впрыском и четырехцилиндровый двигатель фирмы Lister-Petter с прямым впрыском и турбонагнетателем. Двигатели работали при постоянных мощности и скорости вращения (типичные условия электрогенерации). Степень сжатия составляла 22:1 для двигателя без турбонагнетателя и 16:1 для двигателя с турбонагнетателем.

Для разогрева двигатель запускали с помощью газойля, а затем, когда двигатель разогревался, производили переключение на испытуемое топливо. На этапе исследований вначале использовали диметиловый эфир с последующим введением испытуемого материала. Это делали исключительно с целью варьирования температуры входящего воздуха с тем, чтобы исключить застопоривание двигателя. В дальнейшем подача диметилового эфира прекращалась и двигатель работал исключительно на испытуемом материале. Входящий воздух горения нагревали и его температуру варьировали для определения минимального значения, при котором сгорание оставалось стабильным и эффект от увеличения массового потока при снижении температуры входящего воздуха был бы заметен. Этот эксперимент проводили, используя двухцилиндровый двигатель без турбонагнетателя. Сгорание становилось нестабильным и полностью прекращалось при температуре ниже 90°C. Результаты для глицерина (чистота 98,0%, пурум, полученный от Sigma Aldrich) приведены в табл. 1.

В указанной таблице T_{вх} - температура выхлопных газов, Др% - положение дроссельного клапана, Квт - генерируемая электрическая мощность, NO_x - концентрация оксидов азота, ppm, CO - концентрация оксида углерода (I), ppm, O₂ - объемная доля кислорода в выхлопных газах, %, T - температура при введении, T_в - температура подаваемого воздуха.

Таблица 1

Твх	Др%	Об/мин	Квт	NOx	CO	O2	T	Тв
Разогрев на газойле								
426	26,3	2322	9,08	1383	212		88	
	Остановка		Подсоединен нагрев воздуха					
Старт на ДМЭ – подача глицерина								
Нагрев инжектора включен				ДМЭ отключен				
433	MAX	2340	7,00	918	781	9,3	148	236
435	MAX	2380	7,23	883	722	9,6	147	184
420	MAX	2374	7,15	750	744	9,8	144	172
414	MAX	2343	7,34	687	925	10,0	145	142
407	MAX	2410	7,65	606	1193	10,4	144	101
406	MAX	2344	7,62	515	1999	10,6	142	91

Аналогичные эксперименты были проведены с другими материалами с очень низким цетановым числом, критические температуры входящего воздуха, при которых происходит зажигание, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Исследуемый материал	Критическая температура/°C
Глицерин	90
Метанол	115
Этанол	150
Бутанол	115
Неэтилированный бензин 98	100
Толуол	178
1-метилнафталин	185

Критические температуры, приведенные в табл. 2, являются приблизительными температурами подаваемого воздуха, при которых прекращалось сгорание в экспериментальном двигателе. В случае 1-метилнафталина критическая температура может быть несколько ниже, чем указанная 185°C. При этой температуре двигатель работал стабильно, но при ее снижении начинались пропуски зажигания и нестабильная работа двигателя.

Следует подчеркнуть, что все указанные критические температуры приведены для температуры воздуха непосредственно перед его попаданием в цилиндры двигателя. Температура воздуха в цилиндре после сжатия и перед воспламенением будет существенно выше.

В табл. 3 приведены данные по сгоранию глицерина (98% чистоты) в сравнении с газойлем в соответствии с одним из вариантов реализации изобретения. Эти эксперименты проводили при одинаковых скоростях вращения и выходной мощности с использованием четырехцилиндрового двигателя с турбо-нагнетателем. Для указанного типа двигателя оптимальная температура входящего воздуха составляла около 144°C при работе на глицерине. Корректировку массового потока проводили путем регулировки давления воздуха во входном коллекторе таким образом, чтобы объемная доля кислорода в выхлопных газах была одинакова при работе на газойле и на глицерине. Результаты показывают, что концентрация оксидов азота в выхлопных газах при работе на глицерине гораздо ниже, чем при работе на газойле при обычном сгорании, поскольку максимальная температура в цилиндре значительно ниже. Можно видеть, что при температуре входящего воздуха около 144°C и одинаковых концентрациях кислорода в выхлопных газах работа двигателя на глицерине при данной реализации изобретения более эффективна, чем при работе на газойле для двигателей данного типа. Эффективность рассчитывали, используя синхронизированную массу образцов и используя низшую теплотворную способность каждого топлива.

Таблица 3

Твх	Др%	Об/мин	Квт	NOx	CO	O2	T
	Переключили на глицерин						
291	max	2317	15,88	311	565	12,82	134,3
296	max	2320	15,91	352	421	12,65	139,6
298	max	2317	15,91	373	404	12,57	143,6
299	max	2325	15,91	383	393	12,53	143,1
299	max	2319	15,86	388	391	12,55	143,2
300	max	2328	15,82	392	389	12,55	144,2
300	max	2324	15,91	398	389	12,53	144,2
						Эффективность, = 29,37%	
	Переключили 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
						Эффективность, = 28,67%	

В табл. 4 приведены результаты работы двигателя на дистилляте, полученном из отработанных шин (ДОШ), - другом материале с очень низким цетановым числом. Обозначения такие же, как в табл. 1. Pк - давление воздуха во входном коллекторе, бар, относительных. В условиях реализации изобретения концентрация оксида углерода CO в выхлопных газах резко падала, и сгорание проходило гладко. Зажигание прекращалось при температуре поступающего воздуха около 86°C, причем при этой температуре уровень эмиссии был крайне высоким. Минимальный уровень эмиссии наблюдали при температуре 145°C.

Таблица 4

Твх	Др%	Об/мин	Квт	NOx	CO	O2	T	Твх	Pк	
	Разогрев на газойле									
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	
	Нагрев воздуха включен									
320	21,5	2338	12,78	666	183	31,1	13,45	138,8	1,47	
	Переключили на ДОШ									
327	18,9	2325	12,53	1006	246	29,4	13,49	141,1	1,43	
	Отключен нагрев воздуха									
				895	255			142,1		
				783	327			138,2		
				722	414			121,7		
			12,18	701	516			108,6		
			12,01	663	662			101,6		
			12,15	659	745			95,3		
			Заглох					92,1		
	Включение/выключение нагрева воздуха для установления критической точки – около 86°C									
	Нагрев включен	Нормальные установки			Топливо = 10,35кг					
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	
						Топливо = 8,082кг				

Настоящее изобретение может применяться для сжигания разнообразных топлив, например мазутов и тяжелых топлив, а также возобновляемых видов топлива или побочных продуктов, например талловых масел или животных жиров.

Газообразные топлива включают ископаемые топлива, такие как природный газ и генерируемые га-

зы, такие как отходящие газы нефтепереработки, биогазы (свалочные газы или газы, полученные анаэробной переработкой), газы пиролиза, шахтный метан и водород.

Поскольку возможно эффективное сжигание широкого спектра материалов, настоящее изобретение может также найти применение для сжигания подходящих отработанных растворителей, например спиртов, кетонов, диолов, сложных эфиров и ароматических растворителей. Использование воздуха при высокой температуре, возможно сжатого и/или с повышенным парциальным давлением кислорода, способствует обеспечению полноты сгорания.

Настоящее изобретение может найти применение в двигателях внутреннего сгорания, таких как электрогенераторы, судовых двигателях, авиационных и автомобильных двигателях, газовых турбинах, двигателях внешнего сгорания или печах сжигания. Предполагается, что изобретение будет особенно полезно в двигателях, работающих на двух видах топлива, в которых горение может быть инициировано использованием обычного дизельного топлива, до тех пор, пока двигатель и поступающий воздух не прогрелись до нужной степени, после чего в качестве топлива используется материал с очень низким цетановым числом. Изобретение особенно полезно для применения в генераторных установках и в установках для комбинированного производства тепла и электроэнергии, поскольку большая часть энергии, используемая для повышения температуры входного заряда, возвращается в систему регенерации тепла выхлопных газов. Изобретение имеет преимущества по сравнению с обычными системами комбинированного производства электроэнергии и тепла. Так использование глицерина в смеси с улучшителями цетанового числа дает очень низкую температуру выхлопных газов, что ограничивает количество регенерируемого тепла и понижает эффективность комбинированного производства электроэнергии и тепла. За счет добавления тепла к входящему воздуху топливо может эффективно сжигаться при сохранении высокой эффективности когенерации электроэнергии и тепла.

Для способствования разогреву двигателя горячие выхлопные газы могут быть рециркулированы во входной коллектор воздуха. Подобная рециркуляция выхлопных газов известна сама по себе и используется для понижения концентрации кислорода во входящем воздухе и снижения выбросов оксидов азота. Однако в данном изобретении этот прием используется для нагрева входящего воздуха.

Оператор двигателя может вручную регулировать условия процесса для его оптимизации с учетом конкретного типа используемого топлива. Однако в предпочтительном варианте реализации автоматическая система сама распознает используемый тип топлива и автоматически корректирует условия горения на оптимальные для данного типа топлива.

Хотя предпочтительная минимальная температура входящего воздуха будет различаться для разных типов двигателей, степеней сжатия и видов топлива, предполагается, что минимальная температура будет не ниже 60°C и будет значительно выше для многих материалов с очень низким цетановым числом. Верхний предел температуры имеет скорее теоретическое, чем практическое значение, поскольку достижение и поддержание высоких температур весьма дорогостояще. Такие компоненты двигателя, как выпускные клапаны и впуск турбоагнетателя рассчитаны на использование только до определенной температуры и удержание температур в рабочем интервале данных компонентов двигателя устанавливает практический верхний предел температур. Однако максимальная температура горения топлива естественным образом понижается за счет скрытой теплоты испарения используемого топлива и обеспечивает работу на максимальной мощности в рабочем интервале температур для данных компонентов двигателя (смотри температуры выхлопных газов при сжигании глицерина). Не ограничивая пределы изобретения, предполагается, что для практических целей верхний предел температуры в 250°C будет достаточен.

Упоминание материалов в единственном числе в тексте означает "по меньшей мере один", если иное не следует из контекста.

Следует понимать, что определенные аспекты настоящего изобретения, которые для простоты описаны в разных вариантах реализации, могут быть объединены в одном варианте реализации. И наоборот, различные аспекты изобретения, которые для краткости описаны в одном варианте реализации, могут применяться раздельно или в любом сочетании.

Хотя изобретение иллюстрировано с ссылками на конкретные примеры, следует понимать, что оно не ограничено этими примерами. Различные изменения, модификации и добавления могут быть включены в описанные выше конструкции и компоновки, не выходя за рамки изобретения, которые определены прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ воспламенения и сжигания по меньшей мере одного материала с очень низким цетановым числом, включающий впрыск указанного материала в цилиндр сгорания двигателя для гетерогенных рабочих смесей с воспламенением от сжатия и подачу на вход цилиндра сжигаемого воздуха или рабочей среды при температуре в интервале 60-250°C в течение, по существу, всего времени работы двигателя, причем горючая часть рабочей среды имеет цетановое число от 0 до 30.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что материал с очень низким цетановым числом представляет собой спирт, предпочтительно метанол, этанол, пропанол, бутанол, глицерин или смесь двух или более

указанных компонентов, кетон, сложный эфир, ароматическое соединение, бензин, один или более углеводов, возобновляемые масла, отработанный растворитель или смесь любых или всех вышеуказанных материалов.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что воздух или рабочую среду подают на вход цилиндра при такой величине давления, что массовый поток, поступающий в цилиндр через вход, скорректирован так, что он существенно равен потоку, который бы поступал в цилиндр при стандартных рабочих условиях.

4. Способ по любому из пп.1-3, дополнительно включающий нагревание указанного материала перед его впрыском в камеру сгорания.

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что по меньшей мере часть сжигаемого воздуха или рабочей среды нагревают за счет тепла, производимого двигателем.

6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что сжигаемый воздух или рабочую среду нагревают при помощи турбонагнетателя, приводимого в действие выхлопными газами двигателя.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что по меньшей мере часть сжигаемого воздуха или рабочей среды нагревают за счет внутренней неэффективности в турбонагнетателе, приводимом в действие потоком выхлопных газов двигателя.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что сжигаемый воздух или рабочая среда обогащены кислородом.

9. Способ воспламенения и сжигания глицерина, включающий впрыск указанного глицерина в цилиндр сгорания двигателя для гетерогенных рабочих смесей с воспламенением от сжатия, и подачу на вход цилиндра сжигаемого воздуха или рабочей среды с температурой по меньшей мере 60°C в течение, по существу, всего времени работы двигателя.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что глицерин перед впрыском в цилиндр нагревают до температуры в интервале 60-160°C.

11. Способ получения тепла и электроэнергии, включающий сжигание материала с очень низким цетановым числом по любому из пп.1-10 и использование тепла, рециркулированного от поступающего воздуха для поддержания или увеличения используемой для переработки тепловой энергии от выхлопных газов.

12. Устройство для сжигания топлива, включающее двигатель для гетерогенных рабочих смесей с воспламенением от сжатия, имеющий цилиндр и средства нагрева воздуха или рабочей среды, подаваемых в цилиндр, до температуры 60-250°C и средства нагнетания воздуха или рабочей среды до давления существенно выше атмосферного.

13. Устройство по п.12, отличающееся тем, что указанная температура составляет 90-250°C.

14. Устройство по п.12, отличающееся тем, что средства нагрева включают теплообменник для передачи тепла от выхлопных газов и/или системы охлаждения двигателя к сжигаемому воздуху или рабочей среде.

15. Устройство по пп.12-14, отличающееся тем, что средства нагнетания воздуха или рабочей среды, подаваемые в цилиндр, представляют собой турбонагнетатель, приспособленный и адаптированный для приведения в действие потоком выхлопных газов двигателя.

