



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010124282/06**, 17.06.2010(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **17.06.2010**(43) Дата публикации заявки: **27.12.2011** Бюл. № 36(45) Опубликовано: **20.07.2013** Бюл. № 20(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2240437 C1**, 20.11.2004. **JP 2006046163 A**, 16.02.2006. **US 6508209 B1**, 21.01.2003. **US 4108114 A**, 22.08.1978. **US 3963000 A**, 15.06.1976. **US 5943859 A**, 31.08.1999. **RU 2033554 C1**, 20.04.1995. **WO 2010020221 A2**, 25.02.2010. **CN 101302974 A**, 12.11.2008.

Адрес для переписки:

**111020, Москва, ул. Солдатская, 3, НПФ
"ЭКИП", ген. директору А.И. Савицкому**

(72) Автор(ы):

**Савицкий Анатолий Иванович (RU),
Петров Петр Петрович (RU),
Савенков Анатолий Митрофанович (RU),
Лапушкин Николай Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Производственный кооператив "Научно-
производственная фирма "ЭКИП" (RU)****(54) СПОСОБ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения, а именно к способам работы двигателя внутреннего сгорания. Техническим результатом является снижение расхода топлива и токсичности отработавших газов ДВС. Сущность изобретения заключается в том, что часть основного газообразного топлива и воздух подаются в генератор для получения водородосодержащего конвертированного топлива. Часть конвертированного топлива смешивают с основным топливом и вводят вместе с воздухом во впускной патрубок двигателя. При этом получают конвертированное

топливо в генераторе на основе энергетической машины сжатия путем некаталитического парциального окисления сверхбогатой углеводородной смеси в реакционной камере высокого давления. Непосредственно в двигатель подают воздух, основное и конвертированное топливо, а подачу конвертированного топлива производят двумя частями в течение одного цикла работы двигателя. Первую часть конвертированного топлива подают на впуске, а вторую его часть направляют в форсунку и впрыскивают в камеру сгорания двигателя под высоким давлением в конце процесса сжатия. 7 з.п. ф-лы, 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F02M 25/12 (2006.01)
F02B 43/12 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010124282/06, 17.06.2010**

(24) Effective date for property rights:
17.06.2010

Priority:

(22) Date of filing: **17.06.2010**

(43) Application published: **27.12.2011 Bull. 36**

(45) Date of publication: **20.07.2013 Bull. 20**

Mail address:

**111020, Moskva, ul. Soldatskaja, 3, NPF "EhKIP",
gen.direktoru A.I. Savitskomu**

(72) Inventor(s):

**Savitskij Anatolij Ivanovich (RU),
Petrov Petr Petrovich (RU),
Savenkov Anatolij Mitrofanovich (RU),
Lapushkin Nikolaj Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Proizvodstvennyj kooperativ "Nauchno-
proizvodstvennaja firma "EhKIP" (RU)**

(54) METHOD OF OPERATING INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: portion of the main gaseous fuel and air are fed in generator for production of hydrogen-bearing converted fuel. Portion of converted fuel is mixed with said main fuel to be forced jointly with air into engine intake pipe. Note here that converted fuel is produced in generator built around compression machine by non-catalytic partial oxidation of superrich hydrocarbon mix in

reaction high-pressure chamber. Air, main and converted fuels are fed directly in engine while converted fuel is fed in two portions in one working cycle of the engine. First portion of converted fuel is fed at intake stroke while second portion is forced into atomiser and injected at high pressure at compression stroke end.

EFFECT: reduced fuel consumption and toxicity of ICE exhaust gases.

RU 2 488 013 C2

RU 2 488 013 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области машиностроения, а именно к способам работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и их систем питания, и может найти применение в производстве поршневых двигателей внутреннего сгорания.

5 Быстрый рост производства автомобилей в развитых странах и их концентрация в крупных городах вызвали значительное увеличение потребления топлива, а также привели к росту количества вредных выбросов в атмосферу. Создалось положение, когда автомобильный транспорт стал основным источником загрязнения воздуха в
10 крупных городах мира. Достигнутый к настоящему времени в мире уровень удельного расхода топлива и токсичности отработанных газов автомобилей остается неудовлетворительным. Поэтому в настоящее время ведущими
15 автомобилестроительными фирмами интенсивно проводятся работы по усовершенствованию двигателей внутреннего сгорания и в том числе переводу транспортных средств на газообразные виды топлив. Традиционный способ снижения вредных выбросов сводится к установке дорогостоящих каталитических
нейтрализаторов, которые уменьшают концентрации оксида углерода и оксидов азота в отработавших газах автомобиля. Использование дорогостоящих трехкомпонентных
20 нейтрализаторов на основе платиноидов увеличивает стоимость автомобилей и примерно на 4% снижает мощность двигателя. Иными словами, традиционные способы снижения вредных выбросов направлены на борьбу со следствием
принципиальных недостатков сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС). Представляется более правильным устранить эти недостатки посредством
25 перехода на новые принципы использования углеводородных топлив в двигателях внутреннего сгорания и создания двигателя нового поколения, приспособленного к работе в режимах обедненного сгорания топлива. В городских условиях эксплуатации
транспортных средств его двигатель, в основном, работает в режимах малых и
30 средних нагрузок, что приводит к значительным выбросам вредных продуктов неполного сгорания. Например, для автомобиля с номинальной мощностью $70 \div 100$ кВт средняя потребляемая мощность при городском цикле езды составляет не более 15 кВт при к.п.д. менее 17% (вместо 34% при номинальной мощности). Таким образом, для экономии углеводородного топлива, снижения выбросов углекислого газа и
35 улучшения экологических характеристик ДВС при городском цикле езды необходимо использовать обедненную топливную смесь.

Однако при этом не удается обеспечить устойчивую работу двигателя, поскольку искра свечи зажигания не воспламеняет смесь беднее определенного уровня.
40 Применение водорода в виде добавок к бедным топливным смесям при их сгорании в ДВС представляется наиболее целесообразным решением этой проблемы. Использование водорода на транспорте при баллонной системе его хранения даже в
небольших количествах нежелательно по причинам высокой взрыво- и
пожароопасности водорода и отсутствия развитой инфраструктуры снабжения
45 транспорта водородом. Практическим вариантом решения этой проблемы может быть получение водородсодержащего синтез-газа из углеводородного топлива на борту автомобиля. В этом случае реализуются все преимущества применения
водорода для воспламенения обедненных топливных смесей, и исчезает
50 необходимость в создании инфраструктуры снабжения транспорта водородом.

Уровень техники

В патентах США №5943859, F01N 3/02, 31.08.99 и №6079373, F02B 43/00, 18.11.98 предлагается вариант использования в ДВС синтез-газа, получаемого углекислотной

конверсией природного газа. Для получения углекислого газа предполагается использовать выпускные газы двигателя, из которых CO_2 выделяется посредством жидкофазного поглощения диэтаноломином и последующей десорбцией газа в результате подогрева раствора. Как вариант предполагается также использовать мембранное разделение газов с выделением углекислого газа. Для осуществления углекислотной конверсии используется катализатор, содержащий в качестве активного компонента никель или платину.

Реактор (генератор синтез-газа) для проведения углекислотной конверсии в патенте США №5943859 выполнен в виде двух цилиндрических труб. Центральная труба заполнена насадкой для интенсификации теплопередачи с непроницаемой металлической стенкой, вокруг которой расположен цилиндрический слой катализатора. Подача смеси метана с углекислым газом, и вывод продуктов реакции осуществляются через систему трубок, установленных внутри слоя катализатора.

В патенте США №6079373 для проведения углекислотной конверсии используют двухступенчатый реактор с неподвижным слоем катализатора.

Полученный в описанных реакторах синтез-газ подается в двигатель с использованием турбонаддува. В установке предусматривается использование тепла выпускных газов за счет использования паровой турбины. Вместе с применением синтез-газа паровая турбина приводит к повышению термической эффективности энергетической установки в 1,38 раза по сравнению с обычными вариантами ДВС за счет когенерации тепла. К сожалению, в патенте не приведены примеры, иллюстрирующие данные по повышению эффективности. Кроме того, предполагается, что двигатель работает полностью на полученном синтез-газе без добавок исходного неконвертируемого топлива, что вызывает сомнение в справедливости приведенных данных.

В патенте США №3963000, F02B 43/08, 15.06.76 предлагается способ питания ДВС, базирующийся на получении синтез-газа посредством автотермической конверсии различных видов углеводородных топлив и также спиртов, альдегидов, кетонов в слое катализатора. Каталитический реактор представляет собой статическое непроточное устройство, обогреваемое выпускными газами двигателя, в которое периодически по определенной циклограмме поршневым компрессором под давлением 20-30 атм из смесителя подается смесь, состоящая из углеводородного топлива, отработавших газов двигателя и воздуха. При недостатке воды в выпускных газах необходимое дополнительное количество воды может подаваться через форсунку в смеситель. В реакторе в зависимости от вида конвертируемого топлива при температурах 300-800°C происходит реакция автотермического риформинга с образованием синтез-газа, который затем подается в смеси с основным топливом в ДВС. Как вариант в качестве источника получения воды и кислорода для автотермической конверсии топлив предлагается использовать перекись водорода. Таким образом, в данном патенте предполагается, что катализатор всегда будет работать в нестационарном режиме и при воздействии периодических механических нагрузок, вызванных работой поршневого компрессора. Поскольку в статическом реакторе невозможно обеспечить равномерность распределения смеси реагентов по объему реакционного пространства, то такой режим работы катализатора приведет к коксованию и дезактивации. Кроме того, воздействие периодических механических нагрузок будет способствовать быстрому разрушению катализатора.

В патенте США №4108114, F02B 43/08, 22.08.78 для получения синтез-газа предлагается использовать гомогенное парциальное окисление или гомогенную

паровоздушную конверсию газообразных и жидких углеводородных топлив и спиртов. Реакция осуществляется при повышении температуры до 800-1000°C и давления в цилиндрическом риформере за счет адиабатического сжатия смеси (степень сжатия 14÷20). Полученные продукты реакции через систему клапанов удаляются из риформера и после смешения с воздухом и основным топливом подаются в рабочие цилиндры двигателя.

В патентах США №6508209, F02M 27/02, 21.01.03 и №6397790, F02B 43/08, 04.06.02 предлагается способ проведения процесса в ДВС, основанный на конверсии паровой (патент №6508209), или паровой и парциального окисления (патент №6397790) части газового топлива (природный газ, пропан-бутан) в синтез-газ. Реакция конверсии проводится в каталитическом реакторе, в который вместе с газовым топливом подается часть рециркулирующих отработавших газов двигателя. Рекомендуемое соотношение топливо/выпускные газы = 0,2-0,35. Отработавшие газы двигателя состоят из CO₂=5-6%, N₂=74-79%, H₂O=6-12%, что достаточно для проведения паровой конверсии, и служит одновременно источником тепла для проведения эндотермической реакции. Газовая смесь после риформинга содержит примерно 12-13% H₂, 0,55% CO, 2-3% CH₄ и 13% CO₂. Она смешивается с воздухом в соотношении 0,4-0,67 и подается в ДВС. Температура, при которой осуществляется паровой риформинг, 450-800°C, катализатор - кольца Рашига диаметром 8 мм из окиси алюминия с никелем в качестве активного компонента. Концентрация оксидов азота в отходящих газах после ДВС находится на уровне 10 ppm. Снижение концентрации CO в выпускных газах осуществляется посредством каталитического нейтрализатора, выполненного в виде отдельного реактора. Для проведения реакции паровой конверсии рекомендуется реактор с неподвижным слоем катализатора либо реактор с двумя коаксиальными цилиндрами, в которых катализатор находится в кольцевом слое между цилиндрами и обогревается выпускными газами двигателя.

Согласно авторскому свидетельству СССР №1329272, F02B 43/08, 1987, в ДВС предлагается использовать основное жидкое углеводородное топливо и дополнительное топливо для получения водородсодержащего газа. При осуществлении рабочего процесса основное топливо (бензин) смешивается с воздухом. Дополнительное топливо, аммиак, подается в каталитический реактор, обогреваемый выпускными газами двигателя, где при температуре 350-600°C происходит разложение аммиака на водород и азот. Полученная смесь газов добавляется к основной смеси и, при работе ДВС с нагрузкой более 40% от максимальной подается в двигатель для ее сжигания. При этом количество подаваемого в реактор аммиака устанавливают в интервале 30-40% от весового расхода основного топлива, что обеспечивает содержание водорода в рабочей смеси в количестве от 5,29 до 7,05 мас.% от расхода основного топлива.

Согласно патенту РФ №2033554, F02M 25/02, 20.04.95 в ДВС для осуществления рабочего процесса используют основное жидкое топливо (бензин) и дополнительное топливо в виде природного или нефтяного газа, а также продукты их конверсии в виде синтез-газа. Синтез-газ получают в отдельном блоке, расположенном между карбюратором и впускным коллектором в двигатель. Данный блок состоит из конверсионной камеры и каталитического реактора содержащего теплообменную и внутреннюю каталитическую камеры, соединенных через смесительную камеру с конверсионной. Каталитическая камера оснащена патрубком подачи газообразного топлива в смеси с воздухом и патрубком подачи паров воды. При запуске холодного двигателя его вначале разогревают за счет пускового устройства карбюратора на

жидком и газообразном топливе. При этом общий расход смеси газообразного топлива с воздухом устанавливают в интервале 8-12 мас.% от общего расхода топлива на холостом ходу. По мере прогрева двигателя выключают пусковое устройство карбюратора и двигатель переводят в режим холостого хода.

5 Для проведения реакции паровой конверсии реактор разогревается выпускными газами ДВС до температуры 350-600°С. Затем в него подают смесь дополнительного топлива с парами воды, и в каталитической камере происходит реакция с
10 образованием синтез-газа. Полученная смесь в камере смешения смешивается с выпускными газами ДВС в соотношении 4-6% и затем поступает в двигатель. При нагрузке ДВС до 30% от максимальной мощности к основному топливу добавляют дополнительное топливо и полученную смесь подают в двигатель. При нагрузках от 30 до 100% дополнительное топливо с парами воды подают в каталитический
15 реактор. При этом количество дополнительного топлива, расходуемого на получение синтез-газа, составляет 15-20 мас.% от расхода основного топлива. Реакцию осуществляют при объемном соотношении газы/воздух 1,18:1 на холостом и 1:4 на всех остальных режимах. Объемное соотношение пар/газы находится в интервале 0,46:
20 1 (холостой ход) и 0,48:1 (остальные режимы). Приготовленную описанным способом рабочую смесь, содержащую синтез-газ, подают на сжигание в двигатель. В составе синтез-газа, подаваемого в ДВС при нагрузках до 70% от максимальной, содержится до 4,2 об.% водорода и до 14,3 об.% остальных горючих компонентов. Благодаря наличию в рабочей смеси водорода и оксида углерода обеспечивается сжигание
25 топлива в обедненной смеси. Это позволяет снизить токсичность выпускных газов по оксидам азота NO_x на 35-40%, а по непрореагировавшим углеводородам (СН) на 30-35%. На режиме холостого хода ДВС в каталитический реактор подают пары воды для регенерации катализатора.

Согласно патенту РФ №2240437 F02M 25/022, F02B 43/08 от 20.10.2004, который
30 выбран в качестве прототипа, предлагается способ работы двигателя внутреннего сгорания, включающий подачу в двигатель части газообразного и/или жидкого топлива в смеси с воздухом, подачу второй части топлива и воздуха в генератор для получения водородсодержащего конвертированного топлива, его смешение с
35 исходным не конвертированным топливом, подачу полученной смеси в двигатель, управление составом смеси и соотношением количества топлива и конвертированного топлива, подаваемых в двигатель, при этом в генераторе осуществляют селективное окисление топлива в автотермическом режиме на структурированных катализаторах с
40 получением конвертированного топлива, в котором суммарное содержание водорода и оксида углерода составляет не менее 30 об.%, запуск двигателя и его работу на холостом ходу осуществляют на конвертированном топливе без подачи исходного топлива непосредственно в двигатель, а на рабочих режимах в двигатель подают
45 воздух, основное и конвертированное топливо в соотношениях, обеспечивающих содержание токсичных компонентов в выпускных газах в интервале: оксид углерода не более 3000 ppm (в основном 200-2000 ppm, преимущественно 600-400 ppm), СН не более 400 ppm (в основном 40-100 ppm, преимущественно 60 ppm), оксиды азота не более 20 ppm (в основном 5-15 ppm, преимущественно 10 ppm).

В качестве основного топлива, подаваемого непосредственно в двигатель, и
50 топлива, подаваемого на конвертирование, используют одно и то же топливо или природный газ и/или смесь пропан-бутана, и/или бензин, и/или дизельное топливо, или их любую смесь. Конвертированное топливо содержит монооксид углерода в количестве не менее чем 25% от полученного количества водорода. Для обеднения

рабочей смеси до коэффициента избытка воздуха $\alpha \geq 1,5$ в двигатель подают конвертированное топливо с объемным содержанием водорода в количестве, обеспечивающем объемное содержание водорода по отношению к воздуху более 1,5%. Селективное каталитическое окисление осуществляют в автотермическом режиме при
5 временах контакта в интервале 10^{-3} - 10^{-1} с. Генератор для получения водородсодержащего конвертированного топлива состоит из теплообменника, конвертора и пускового устройства.

Для получения конвертированного топлива необходимого состава исходное
10 топливо в смеси с воздухом в соотношении $\alpha=0,25$ - $0,45$ подают в конвертор.

В качестве конвертора топлива используют каталитический реактор радиального типа, содержащий перфорированную заглушенную с одной стороны газораспределительную трубу со слоем катализатора, имеющую диаметр отверстий
15 для подачи газа меньше критического, и оснащенный устройством для предварительного подогрева реактора при его запуске.

Катализатор представляет собой армированный пористый материал, содержащий в качестве активных компонентов Rh, Ni, Pd, Co, Ru или их любую комбинацию, и выполнен в виде плоских газопроницаемых и гофрированных армированных лент,
20 навитых и спеченных с газораспределительной трубкой, с зазорами между витками с образованием газовоздушных каталитически активных каналов между лентами.

В качестве конвертора топлива используют каталитический реактор с блочным катализатором селективного окисления топлива на металлическом, керамическом или металлокерамическом носителе, который представляет собой прямоканальный блок
25 (в том числе, микроканальный), блочный материал со сложной конфигурацией каналов и пеноматериал.

В качестве активного компонента катализатора используют комбинацию оксида алюминия, кремния, переходных и редкоземельных элементов 4-6 периодов (в
30 основном четвертого и пятого периодов, преимущественно Co, Ni, Mn, Ti, Zr, La, Ce, Y, Sm, Pr, Gd) с металлами платиновой группы (в основном Pt, Pd, Rh, Ir, Ru, преимущественно Pt, Rh, Ru).

В режиме холодного пуска ДВС в разогретый за счет пускового устройства до температуры начала реакции конвертор подают часть топлива и воздух в
35 соотношении 0,24-0,45 от стехиометрического, осуществляют реакцию селективного окисления топлива, подают продукты реакции в теплообменник для подогрева ДВС и охлаждения полученных продуктов, а затем в двигатель для его запуска. В качестве пускового устройства используют встроенный в конвертор электрический либо
40 пламенный нагреватель, работающий на воздухе и исходном топливе. Запуск ДВС осуществляют посредством подачи конвертированного топлива, запасенного ранее в отдельном ресивере. Разогрев конвертора при запуске осуществляют путем пропускания электрического тока непосредственно через электропроводящие
45 элементы катализатора.

Система охлаждения ДВС объединена с теплообменником генератора для получения водородсодержащего конвертированного топлива, за счет чего осуществляют предварительный подогрев ДВС при его запуске при отрицательных температурах.

50 Проведенный анализ патентов позволяет сделать следующие выводы.

1. Применение синтез-газа, получаемого из различных видов жидких и газообразных углеводородных топлив на борту транспортного средства вместо использования баллонного водорода, является перспективным и известен ряд

конструктивных решений по реализации данного способа.

2. Наиболее распространенным способом получения синтез-газа является каталитическая паровая конверсия углеводородных топлив. Как правило, для ее реализации используют отработавшие газы ДВС, содержащие водяные пары и необходимый запас теплоты для проведения данной эндотермической реакции.

3. Добавление синтез-газа к основному топливу для питания ДВС в значительной степени снижает концентрацию оксидов азота и оксида углерода в выпускных газах.

4. Добавку синтез-газа к основному топливу производят при невысоких давлениях смеси: 1÷2 бар, т.е. на ходе всасывания двигателя.

5. Некаталитическая конверсия углеводородных топлив не используется.

Рассмотренные варианты получения синтез-газа на борту транспортного средства, в том числе и прототипа, имеют следующие очевидные недостатки:

1. Для проведения реакции паровой конверсии углеводородных газов требуется поддержание с необходимой точностью определенного мольного соотношения между водой, углеводородным газом и конвертируемым газом и температурой смеси. Выполнить эти условия только за счет использования отработавших газов двигателя представляется затруднительным.

2. В случае нарушения оптимального соотношения H_2O / конвертируемый газ возможно коксование катализатора, что неизбежно сократит ресурс его работы.

3. Режимы работы реактора получения синтез-газа очень сильно зависят от режимов работы двигателя, что приводит к наличию между ними положительной обратной связи, и для достижения устойчивой работы системы требуется разработка сложной системы управления.

4. Реакторы работают, как правило, в нестационарных режимах при переменных составах реагирующей смеси на входе в реактор и при воздействии значительных механических нагрузок на катализатор, вызванных колебаниями давления в среде выпускных газов, возникающих при движении поршня.

5. Осуществление рабочего процесса в ДВС и воспламенения газозвушной смеси производят от постороннего источника зажигания (например, от электрической искры).

Отмеченные недостатки приводят к тому, что предлагаемые конструктивные решения оказываются сложными для их практического применения в ДВС при работе на бедных смесях. К тому же известные способы организации рабочего процесса ДВС на гомогенных обедненных смесях, к которым относятся рассмотренные решения, позволяют обеспечить устойчивую работу ДВС на составах смеси при коэффициенте избытка воздуха α на малых и средних нагрузках до $\alpha=1,35-1,4$, снизить расход топлива на 7-10% и выбросы CO и NO_x , примерно, на 40-50%. На больших нагрузках двигатель работает неустойчиво.

Введение все более жестких экологических норм на токсичные выбросы транспортных средств предусматривает необходимость снижения выбросов оксидов углерода CO , углеводородов CH , и оксидов азота NO_x в 2 раза по отношению к их эмиссии непосредственно из двигателя. Хотя принцип использования синтез-газа для снижения токсичных выбросов ДВС является перспективным, достичь экологических норм, требуемых стандартами ЕВРО-3 и в перспективе ЕВРО-5 с использованием рассмотренных конструктивных схем без использования каталитических нейтрализаторов, не представляется возможным, особенно при работе ДВС на бедных топливных смесях. Однако нейтрализаторы эффективны только при обезвреживании продуктов сгорания стехио-метрических смесей, и их эффективность резко снижается

при нейтрализации выпускных газов ДВС, работающих на обедненных топливных смесях. Кроме того, существуют требования по ограничению выбросов углекислого газа транспортными средствами. Эти ограничения предусматривают в течение ближайших 10-15 лет примерно двукратное снижение выбросов CO₂ транспортными средствами по отношению к усредненному существующему уровню. Фактически это равноценно аналогичному уровню снижения расхода используемых углеводородных топлив.

Таким образом, рассмотренные способы не обеспечивают достижения поставленной цели - одновременного снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов ДВС до необходимого уровня.

Известный выбранный нами в качестве прототипа способ работы двигателя внутреннего сгорания (см. патент РФ №224037 F02M 25/022, F02B 43/08 от 20.10.2004 г.), кроме общих недостатков, присущих рассмотренным выше патентам, имеет при своем использовании и другие специфические недостатки:

- ограничен классом двигателей внутреннего сгорания, имеющих воспламенение рабочей газовой смеси от электрической свечи зажигания;

- отсутствует возможность воспламенения рабочей газовой смеси от теплоты сжатия;

- не позволяет без специальных мероприятий осуществить подачу водородосодержащего конвертированного топлива в конце процесса сжатия;

- не обеспечивает малое время запуска и выхода на режим генератора для получения водородосодержащего конвертированного топлива, допустимое для нормальной эксплуатации транспортного средства (требуемое время розжига реактора не более 5 минут);

- генератор ненадежен в эксплуатации.

Раскрытие изобретения

Предлагаемое изобретение решает задачу уменьшения токсичности выпускных газов при одновременном снижении расхода топлива за счет работы двигателя на обедненных газовых смесях и по более выгодному термодинамическому циклу.

Задачей изобретения является создание способа работы двигателя внутреннего сгорания, позволяющего повысить его топливную экономичность и снизить эмиссию вредных выбросов с выпускными газами.

Техническим результатом является возможность надежного обеспечения одновременного снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов ДВС за счет работы двигателя на обедненных газовой смеси с воспламенением от теплоты сжатия, осуществления в генераторе реакции частичного окисления углеводородного топлива для получения водородосодержащего конвертированного топлива без применения катализаторов, получения водородосодержащего конвертированного топлива с заданным суммарным содержанием водорода и монооксида углерода, имеющего высокое давление, обеспечение возможности подачи водородосодержащего конвертированного топлива в конце процесса сжатия через форсунку.

Технический результат достигается тем, что предложен способ работы ДВС, включающий подачу в двигатель части основного газообразного топлива, подачу второй части основного газообразного топлива и воздуха в генератор для получения водородосодержащего конвертированного топлива, смешение части водородосодержащего конвертированного топлива с основным газообразным топливом, ввод образовавшейся топливной смеси вместе с воздухом во впускной

патрубок двигателя, управление составом газозообразной смеси и соотношением количества основного газообразного топлива и водородосодержащего конвертированного топлива, подаваемых в двигатель, при этом получение водородсодержащего конвертированного топлива с суммарным содержанием водорода и монооксида углерода не менее 40 об.% осуществляют в генераторе на основе энергетической машины сжатия путем некаталитического парциального окисления сверхбогатой углеводородной смеси в реакционной камере высокого давления, при этом на рабочих режимах непосредственно в двигатель подают воздух, основное газообразное топливо и водородосодержащее конвертированное топливо, подачу водородосодержащего конвертированного топлива производят двумя частями в течение одного цикла работы двигателя, причем подачу первой части водородосодержащего конвертированного топлива осуществляют на впуске, а вторую часть водородосодержащего конвертированного топлива направляют в форсунку и впрыскивают водородосодержащее конвертированное топливо в камеру сгорания двигателя под высоким давлением в конце процесса сжатия.

При этом количество водородосодержащего конвертированного топлива не превышает 25% от подачи основного газообразного топлива на номинальном режиме работы. При этом самовоспламенение обедненной рабочей смеси в цилиндре двигателя, состоящей из воздуха, основного газообразного топлива и водородосодержащего конвертированного топлива при коэффициенте избытка воздуха больше 1,4, осуществляют за счет высокой температуры рабочего тела, достигаемой значений 500...550°С при его политропном сжатии от исходного давления 2...3 бар до 80...90 бар. При этом в качестве основного топлива, подаваемого непосредственно в двигатель, и топлива, подаваемого на конвертирование, используют топливо одного состава, а именно: природный газ, или сжиженный нефтяной газ (пропан - бутан), или биогаз, или коксовый газ, или пиролизный газ, или шахтный метан, или попутные нефтяные газы (метано-этанопропановые фракции) или их любую смесь. При этом получение водородосодержащего конвертированного топлива осуществляют в генераторе, содержащем размещенные в едином корпусе приводной двигатель, реакционную камеру и компрессор, поршни которых жестко соединены между собой. При этом в процессе получения водородосодержащего конвертированного топлива в генераторе на основе энергетической машины сжатия осуществляют термическую (воздушную) конверсию применяемого топлива. При этом водородосодержащее конвертированное топливо содержит монооксид углерода в количестве не менее чем 15% от полученного количества водорода. При этом для получения водородосодержащего конвертированного топлива необходимого состава в генератор на основе энергетической машины сжатия подают основное газообразное топливо в смеси с воздухом в соотношении $\alpha=0,25-0,3$. Для обеднения рабочей смеси до коэффициента избытка воздуха $\alpha>1,4$ в двигатель подают водородосодержащее конвертированное топливо с объемным содержанием водорода в количестве, обеспечивающим объемное содержание водорода по отношению к воздуху более 2%. При этом для подачи водородосодержащего конвертированного топлива под высоким давлением в конце процесса сжатия используют форсунку с гидромеханическим или электромагнитным приводом с электронным управлением.

В качестве исходного агрегата для создания генератора водородосодержащего конвертированного топлива используют энергетическую машину, в реакционной камере которой создается высокая температура (свыше 1800°С) и давление (свыше 250

бар) за счет высокой степени сжатия. Охлаждение конвертированного топлива осуществляют в теплообменнике с регулированием скорости охлаждения продуктов окисления.

5 Генератор водородосодержащего конвертированного топлива на основе энергетической поршневой машины представляет собой химический реактор сжатия, где происходит парциальное окисление метана с образованием водорода и монооксида углерода. Парциальное окисление («технологическое горение») осуществляется в реакторе за сотые доли секунды при параметрах, достаточных для
10 осуществления высокой скорости химической реакции (температура свыше 1800°С и давление свыше 25 МПа). Преимуществом указанного генератора водородосодержащего конвертированного топлива является тот факт, что при малой продолжительности импульса (высокая частота циклов поршневой машины) можно говорить об адиабатическом процессе при термохимических превращениях топлива с
15 минимальными потерями теплоты, что совершенно невозможно при других устройствах конверсии топлив. Отметим также возможность быстрого охлаждения («замораживания») полученных при конверсии целевых продуктов.

Среди существенных признаков характеризующих предложенный способ работы ДВС, отличительными являются:

- получение водородосодержащего конвертированного топлива с суммарным содержанием водорода и оксида углерода не менее 40 об.% в генераторе на основе энергетической машины сжатия путем использования теплоты экзотермической химической реакции парциального окисления;
- 25 - использование в качестве генератора на основе энергетической машины сжатия поршневой импульсной машины сжатия;
- подача водородосодержащего конвертированного топлива на впуск и в конце процесса сжатия в течение цикла, причем подачу первой части водородосодержащего
30 конвертированного топлива осуществляют в газоздушную смесь, подаваемую на впуск двигателя, а вторую часть водородосодержащего конвертированного топлива направляют в форсунку и впрыскивают ее под высоким давлением в конце процесса сжатия за 30...5° угла поворота коленчатого вала до верхней мертвой точки;
- подача на рабочих режимах в двигатель воздуха, основного газообразного и
35 водородосодержащего конвертированного топлива в соотношениях, обеспечивающих заданное комплексное содержание токсичных компонентов в выпускных газах на уровне европейских стандартов (не ниже пятого экологического класса), а на режимах малых нагрузок и при запуске подача только водородосодержащего
40 конвертированного топлива;
- обеднение газоздушной смеси в цилиндре за счет оптимального соотношения воздуха, основного газообразного и водородосодержащего конвертированного топлива при содержании водорода в последнем по отношению к воздуху более 2%;
- использование в качестве основного топлива, подаваемого непосредственно в
45 двигатель, и топлива, подаваемого на конвертирование, топливо одного состава, а именно: природный газ, или сжиженный нефтяной газ (пропан - бутан), или биогаз, или коксовый газ, или пиролизный газ, или шахтный метан, или попутные нефтяные газы (метано-этан-пропановые фракции) или их любую смесь;
- 50 - получение водородосодержащего конвертируемого топлива в генераторе, содержащем размещенные в едином корпусе приводной двигатель, реакционную камеру и компрессор, поршни которых жестко соединены между собой;
- осуществление в процессе получения водородосодержащего конвертированного

топлива в генераторе на основе энергетической машины сжатия термической (воздушной) конверсии, применяемого топлива;

- содержание в водородосодержащем конвертируемом топливе монооксида углерода в количестве не менее чем 15% от полученного количества водорода;

- подача для получения водородосодержащего конвертированного топлива необходимого состава в генератор основного газообразного топлива вместе с воздухом в соотношении $\alpha=0,25-0,3$;

- использование для подачи водородосодержащего конвертированного топлива под высоким давлением в конце процесса сжатия форсунки с гидромеханическим или электромагнитным приводом с электронным управлением;

- воспламенение водородосодержащего конвертированного топлива при его подаче в конце процесса сжатия в нагретую до высокой температуры (500-550°C) газозвушную смесь за счет повышения ее давления до 80-90 бар (от теплоты сжатия).

Описание чертежей

На чертеже изображен один из возможных вариантов схемы для подачи воздуха, основного газообразного и водородосодержащего конвертируемого топлива и устройства, позволяющие реализовать предложенный способ работы ДВС.

Схематично изображенный двигатель предназначен для большегрузного автомобиля и использует для своей системы питания газообразное топливо, например сжиженный природный газ, который хранится в криогенном баке. Для превращения жидкого метана в газовую фазу предназначен газификатор. Получение водородосодержащего конвертируемого топлива производится в генераторе водородосодержащего газа, изображенного на схеме. Отдельные стандартные узлы на чертеже не показаны.

Осуществление изобретения

С помощью приведенной схемы, изображенной на чертеже, можно рассмотреть способ работы ДВС. В режиме холодного пуска ДВС газ из криогенного метанового бака 1, пройдя через газификатор 2, редуктор 3, газозвушный смеситель 4 поступает в реакционную камеру 5 генератора водородосодержащего газа 6. В приводной цилиндр генератора водородосодержащего конвертированного топлива природный газ поступает через дозатор газа 7, а окислитель (воздух) - через воздушный самодействующий клапан 8.

Смесь воздуха и топлива подают в цилиндр приводного двигателя в соотношении, превышающем стехиометрическое на 20...25%. Подготовленная смесь воспламеняется от теплоты сжатия. Работой, полученной за счет расширения продуктов сгорания в цилиндре приводного двигателя, производят сжатие газозвушной смеси в реакционной камере, создавая температурные условия для процессов «технологического» горения и получения водородосодержащего топлива. После запуска генератора 6 с помощью дозатора воздуха и газа (на чертеже не показаны) устанавливают соотношение между основным газообразным топливом, подаваемым в реакционную камеру 5, и воздухом, равное 0,25-0,3 от стехиометрического. При этом газозвушный смеситель 4 реакционной камеры 5, используемый для получения конечных продуктов конверсии основного газообразного топлива при запуске генератора водородосодержащего газа, отключается. Предпусковые продукты конверсии, получаемые во время процедуры запуска и являющиеся ценным топливом, направляют на впуск приводного двигателя.

Водородосодержащее конвертированное топливо высокого давления удаляется из цилиндра реакционной камеры через нагнетательный клапан 9 и, пройдя теплообменник (на чертеже не показан), направляется в камеру сгорания поршневого

двигателя 10 через форсунку 11. Таким образом, в конце процесса сжатия в цилиндр подается часть водородосодержащего конвертированного топлива. Одновременно оставшаяся часть водородосодержащего конвертированного топлива через редуктор 12 и клапан 13 подают в смесительную камеру 16 для смешивания с основным газообразным топливом. Для запуска ДВС используется только водородосодержащее конвертированное топливо. Линия подачи основного газообразного топлива перекрыта с помощью электромагнитного клапана (на чертеже не показан).

Необходимость в описанной процедуре запуска отпадает, если в режиме холодного пуска в двигатель подают водородосодержащее конвертированное топливо, заранее накопленное в дополнительной емкости (ресивере).

В двигателе осуществляется процесс сгорания смеси, состоящей из водородосодержащего конвертированного топлива и воздуха, причем инициирование воспламенения рабочей смеси производится водородосодержащим конвертированным топливом поданным через форсунку 11. После запуска поршневой двигатель переводится в режим холостого хода или в режим работы с нагрузкой. Для этого открывают линию подачи основного газообразного топлива, которое смешивается в смесительной камере 16 с водородосодержащим конвертированным топливом. После выхода двигателя на требуемый режим работы устанавливают оптимальное соотношение между воздухом и основным газообразным топливом, подаваемыми в генератор 6 получения водородосодержащего конвертированного топлива и регулируемого дозаторами, относящимися к системе питания генератора. Исходя из скоростного, нагрузочного и температурного режима работы двигателя, а также из заданного уровня эмиссии CO, CH и NO_x и удельного расхода топлива задают подачу основного газообразного топлива через редуктор 14 и дозатор 15. Устройство 16 выполняет функцию смесительной камеры, где регулируют оптимальное соотношение основного газообразного топлива, поступающего в него через дозатор 15, и водородосодержащего конвертированного топлива через клапан 13.

Подготовленная смесь из основного газообразного топлива и водородосодержащего конвертированного топлива поступает в газоздушный смеситель 17, пройдя который и обогатившись воздухом в виде рабочей газоздушной смеси, направляется во впускной патрубок 18 двигателя.

Оптимальные параметры регулирования для каждого режима работы принимают по результатам соответствующих предварительных стендовых испытаний и эту информацию вводят в электронный блок управления двигателем (не показан), посредством которого управляют датчиками, клапанами и дозаторами. С целью дополнительной оптимизации процесса сгорания в цилиндре двигателя посредством электронного блока управления задают требуемый момент начала воспламенения топлива, управляя его подачей через форсунку с электромагнитным или гидромеханическим приводом.

Формула изобретения

1. Способ работы двигателя внутреннего сгорания, включающий подачу в двигатель части основного газообразного топлива, подачу второй части основного газообразного топлива и воздуха в генератор для получения водородосодержащего конвертированного топлива, смешение части водородосодержащего конвертированного топлива с основным газообразным топливом, ввод образовавшейся топливной смеси вместе с воздухом во впускной патрубок двигателя,

управление составом газозооушной смеси и соотношением количества основного газозоообразного топлива и водородосодержащего конвертированного топлива, подаваемых в двигатель, при этом получение водородосодержащего конвертированного топлива с суммарным содержанием водорода и монооксида углерода не менее 40 об.% осуществляют в генераторе на основе энергетической машины сжатия путем некаталитического парциального окисления сверхбогатой углеводородной смеси в реакционной камере высокого давления, при этом на рабочих режимах непосредственно в двигатель подают воздух, основное газозоообразное топливо и водородосодержащее конвертированное топливо, подачу конвертированного топлива производят двумя частями в течение одного цикла работы двигателя, причем подачу первой части водородосодержащего конвертированного топлива осуществляют на впуске, а вторую часть водородосодержащего конвертированного топлива направляют в форсунку и впрыскивают водородосодержащее конвертированное топливо в камеру сгорания двигателя под высоким давлением в конце процесса сжатия.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что при подаче водородосодержащего конвертированного топлива в двигатель двумя частями с интервалом по времени воспламенение обедненной рабочей смеси в цилиндре двигателя, состоящей из воздуха, основного газозоообразного и водородосодержащего конвертированного топлива при коэффициенте избытка воздуха $\alpha > 1,4$, производят от теплоты сжатия, при этом подачу второй части водородосодержащего конвертированного топлива осуществляют в конце процесса сжатия в период 30-5 градусов угла поворота коленчатого вала до верхней мертвой точки.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что для обеднения рабочей смеси до коэффициента избытка воздуха $\alpha > 1,4$ в двигатель подают водородосодержащее конвертированное топливо с объемным содержанием водорода в количестве, обеспечивающем объемное содержание водорода по отношению к воздуху более 2%.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве основного топлива, подаваемого непосредственно в двигатель, и топлива, подаваемого на конвертирование, используют топливо одного состава, а именно природный газ, или сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан), или биогаз, или коксовый газ, или пиролизный газ, или шахтный метан, или попутный нефтяной газ (метано-этанопропановая фракция), или их любую смесь.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что получение водородосодержащего конвертированного топлива осуществляют в генераторе, содержащем размещенные в едином корпусе приводной двигатель, реакционную камеру и компрессор, поршни которых жестко соединены между собой.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что водородосодержащее конвертированное топливо содержит монооксид углерода в количестве не менее чем 15% от полученного количества водорода.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что для получения водородосодержащего конвертированного топлива необходимого состава в генератор на основе энергетической машины сжатия подают основное газозоообразное топливо в смеси с воздухом в соотношении $\alpha = 0,25-0,3$.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что для подачи водородосодержащего конвертированного топлива под высоким давлением в конце процесса сжатия используют форсунку с гидромеханическим или электромагнитным приводом с электронным управлением.

