



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010122056/06, 08.07.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.07.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
09.07.2008 DE 102008032253.9

(45) Опубликовано: 10.02.2012 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **WO 2005/054657 A, 16.07.2005. US 6508209**
B1, 21.01.2003. GB 2320056 A, 10.06.1998. GB
2320057 A, 10.06.1998. RU 2205861 C1,
10.06.2003. RU 2006656 C1, 30.01.1994. RU
2190768 C1, 10.10.2002. RU 2230212 C2,
10.06.2004.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: **31.05.2010**(86) Заявка РСТ:
EP 2009/004949 (08.07.2009)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/003664 (14.01.2010)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мишу, рег.№ 364

(72) Автор(ы):

ЭБЕРХАРДТ Якоб (DE)

(73) Патентообладатель(и):

МАН ТРАК УНД БАС АГ (DE)

(54) ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ОТ СЖАТИЯ С РАСПЫЛЕНИЕМ ТОПЛИВНОГО ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ЭФИРА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА И СПОСОБ РАСПЫЛЕНИЯ ТОПЛИВНОГО ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ЭФИРА В ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ОТ СЖАТИЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к двигателестроению, в частности к двигателю внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с распылением топливного воздуха с помощью эфира для транспортных средств. Технический результат направлен на создание двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с предварительным

распылением топливного воздуха с помощью эфира для транспортных средств, пригодного без существенных изменений системы диагностики, а также без дополнительных средств для облегчения пуска двигателя и без затрат на содержание дополнительных горючих материалов и без существенных добавочных расходов. Двигатель внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с

предварительным распылением топливного воздуха с помощью эфира для транспортных средств содержит подающие средства для спиртового топлива, теплообменник для выхлопных газов для охлаждения части выхлопного газа, образующегося при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, и для испарения подводимого спиртового топлива с поглощением тепловой энергии, отводимой при охлаждении выхлопного газа, и катализатор для дегидратации испарившегося спиртового топлива с образованием эфира. Подающие средства, теплообменник для выхлопных газов и катализатор выполнены и соединены с камерой сгорания двигателя внутреннего сгорания таким образом, что часть топлива, необходимого для эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, посредством предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира может подаваться в камеру сгорания двигателя внутреннего сгорания с подмешиванием выхлопного газа, охлажденного в теплообменнике для выхлопных газов. Способ предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира в двигателе внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия для транспортных средств содержит следующие этапы: (а) предоставление спиртового топлива на борту автомобиля; (б) испарение спиртового топлива; (в) дегидратация парообразного спиртового топлива с образованием эфира и водяного пара в катализаторе; (г)

предварительное распыление топливного воздуха с помощью эфира; (д) предоставление горючей смеси в камере сгорания двигателя внутреннего сгорания путем смешивания непосредственно впрыскиваемого топлива со смесью топливного воздуха с эфиром; (е) эксплуатация двигателя внутреннего сгорания за счет сжигания горючей смеси в камере сгорания. На этапе (а) спиртовое топливо предоставляют с помощью подающих средств, что на этапе (б) представленное спиртовое топливо испаряют в теплообменнике для выхлопных газов, причем часть выхлопного газа, образующаяся при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, подают для охлаждения в теплообменник для выхлопных газов, а спиртовое топливо испаряют с поглощением тепловой энергии, отводимой при охлаждении выхлопного газа, что на этапах (в)-(д) часть топлива, необходимого для эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, путем предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира подают в камеру сгорания двигателя внутреннего сгорания с подмешиванием выхлопного газа, охлажденного в теплообменнике для выхлопных газов, и что на этапе (е) происходит эксплуатация двигателя внутреннего сгорания за счет сжигания горючей смеси, смешанной с рециркулирующим выхлопным газом. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 4 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010122056/06, 08.07.2009**

(24) Effective date for property rights:
08.07.2009

Priority:

(30) Priority:
09.07.2008 DE 102008032253.9

(45) Date of publication: **10.02.2012 Bull. 4**

(85) Commencement of national phase: **31.05.2010**

(86) PCT application:
EP 2009/004949 (08.07.2009)

(87) PCT publication:
WO 2010/003664 (14.01.2010)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):

EhBERKhardt Jakob (DE)

(73) Proprietor(s):

MAN TRAK UND BAS AG (DE)

(54) COMBUSTION ENGINE WITH FLAME FORMATION FROM FUEL AIR'S COMPRESSION AND DIFFUSION BY THE HELP OF THE TRANSPORT VEHICLE'S ESTER, AND THE METHOD OF FUEL AIR'S DIFFUSION BY THE TRANSPORT VEHICLE'S ESTER IN THE COMBUSTION ENGINE WITH FLAME FORMATION FROM FUEL AIR'S COMPRESSION

(57) Abstract:

FIELD: engine-building.

SUBSTANCE: invention refers to engine construction, particularly to the combustion engine with flame formation from fuel air's compression and diffusion by the help of the transport vehicle's ester. Combustion engine with flame formation from fuel air's compression and diffusion by the help of the transport vehicle's ester contains the supply devices for spirit fuel; the heat exchanger for exhaust cooling and for input spirit fuel evaporation (with a heat absorption); the accelerant for evaporated spirit fuel dehydration and ester formation. The input devices, the heat exchanger and the accelerant are connected with the burner section of combustion engine in such a way that the part of fuel could be entered to the burner section by previous ester diffusion with addition of exhaust

that was cooled in the heat exchanger. The method of fuel air's diffusion by the transport vehicle's ester in the combustion engine with flame formation from fuel air's compression includes the next stages: (a) spirit fuel assignment to the automobile's; (b) spirit fuel evaporation; (c) evaporated spirit fuel dehydration with ester and water steam formation in the accelerant; (d) Preparatory fuel air diffusion by the ester; (e) inflammable mixture providing to the burner section of combustion engine by mixing the injecting fuel and the mix of fuel air and ester; (f) Combustion engine performance by inflammable mixture burning at the burning section. The spirit fuel is provided by input devices on the stage (a). Then on the stage (b) the provided spirit fuel is evaporated in the heat exchanger and the part of exhausts is entering to the heat exchanger for cooling. The spirit fuel is evaporated with heat

absorption. On the stages (d) - (f) the part of the fuel that needs to be used for combustion engine performance could be entered to the burner section by previous ester diffusion with addition of exhaust that was cooled in the heat exchanger. All previous stages allow making a combustion engine performance with burning a mix of inflammable mixture and recycler exhausts.

EFFECT: development of combustion engine with flame formation from fuel air's compression and diffusion by the help of the transport vehicle's ester, which is applicable without any critical changes in the diagnostic system or any additional devices for engine startup simplifications or without expense for additional fuel materials allowance.

15 cl, 4 dwg

R U 2 4 4 2 0 1 3 C 1

R U 2 4 4 2 0 1 3 C 1

Изобретение относится к двигателю внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с распылением топливного воздуха с помощью эфира для транспортных средств согласно ограничительной части пункта 1 формулы изобретения. Кроме того, изобретение относится к способу распыления топливного воздуха с помощью эфира в двигателе внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия для транспортного средства согласно ограничительной части пункта 11 формулы изобретения.

В рамках мировых усилий в части сокращения выбросов, загрязняющих воздух, во всех промышленно развитых странах существуют законные нормативы в виде предельных и целевых показателей для выделения вредных веществ в свободном виде. Сюда относятся также выбросы выхлопных газов дизельных двигателей, в частности, окислов азота (NO_x) и сажи (частиц РМ), которым в связи с ростом объема транспортных перевозок в мире придается особое значение. Таким образом, существует потребность в двигателях с высокопроизводительными способами сжигания и с нейтрализацией выхлопных газов, которые в состоянии идти в ногу с растущими усилиями по охране окружающей среды и вместе с тем с ужесточающимися нормативами на выхлопные газы, в частности в отношении выбросов окислов азота и сажи.

Для снижения выбросов сажи в качестве подходящего средства известно использование кислородосодержащих видов топлива. Двигатели, работающие на метаноле (с цетановым числом около 3), этаноле (с цетановым числом около 8), п-бутаноле (с цетановым числом 17) или диметилэфире (DME, с цетановым числом около 55-80), при работе на обедненных смесях практически не выбрасывают никакой сажи. Однако для работы современных дизельных двигателей с большими оборотами необходимы цетановые числа >50 , так что метанол, этанол и п-бутанол из-за их низких цетановых чисел не могут использоваться в двигателях внутреннего сгорания с воспламенением от внутреннего сжатия или дизельных двигателях непосредственно, а требуют дополнительных вспомогательных средств для облегчения пуска двигателя, как, например, свечей накаливания или/и присадок для ускорения воспламенения. В то время как диметилэфир (DME) в этом смысле никаким ограничениям не подлежит, ограничения все же возникают из-за того, что DME требует жидкости, находящейся под давлением, с точкой кипения « -26°C » и поэтому по аналогии с топливом в виде сжиженного газа (LPG - liquified petroleum gas) нуждается в специальной системе логистики, не предусмотренной в обычных транспортных средствах с дизельными двигателями.

Снижение выбросов окислов азота у дизельных двигателей возможно с помощью селективного каталитического восстановления, на протяжении более 30 лет известного как метод SCR (SCR - selective catalytic reduction). При этом согласно методу в катализатор в потоке выхлопных газов добавляется раствор мочевины (AdBlue®), в результате чего с помощью реакции гидролиза образуются аммиак и вода. Затем образовавшийся аммиак в так называемом катализаторе SCR, состоящем или из диоксида титана, пентаоксида ванадия и оксида вольфрама, или из цеолитов, при температуре между 200 и 600°C восстанавливает окислы азота, содержащиеся в выхлопном газе, в азот. Хотя удаление окислов азота из выхлопного газа таким образом в значительной степени возможно, все же расход водного раствора мочевины составляет примерно до 8% количества дизельного топлива, необходимого для работы двигателя, и поэтому в соответствующем количестве постоянно должен быть наготове в дополнительной емкости.

Эффективной альтернативой селективному каталитическому восстановлению для

снижения выбросов окислов азота у дизельных двигателей, работающих на малосернистом дизельном топливе на основе нефти, в последние годы оказалась рециркуляция охлажденных выхлопных газов (AGR). При этом часть выхлопного газа с помощью распределительного клапана, обеспечивающего связь между каналами выхлопного газа и впускаемого воздуха, т.е. топливного воздуха, смешивается с охлажденным впускаемым или, соответственно, топливным воздухом, и с ним подается в камеру сгорания, благодаря чему обеспечивается снижение температуры при сгорании дизельного топлива ниже уровня, необходимого для образования окислов азота. В порядке альтернативы это снижение температуры может происходить за счет непосредственной подачи выхлопного газа в камеру сгорания двигателя через впускной клапан во время такта впуска. В этом смысле снижение температуры за счет рециркуляции выхлопного газа основывается на более низкой теплоте сгорания восстановленной в кислороде смеси газа с дизельным топливом, подаваемой в камеру сгорания. Рециркуляционная доля выхлопных газов составляет у дизельных двигателей при полной нагрузке максимум 35%. Правда, изготовление таких двигателей с большой долей AGR обходится дороже, чем дизельных двигателей без устройства AGR, поскольку большие рециркуляционные доли выхлопного газа связаны с созданием больших давлений наддува, например, путем двухступенчатого наддува с промежуточным охлаждением, и больших давлений впрыскивания топлива - свыше 1800 бар. При применении кислородосодержащих видов топлива без ущерба, связанного с выбросом, можно отказаться от более высоких давлений наддува, что, в свою очередь, обеспечивает работу двигателя с обычным одноступенчатым наддувом.

На фоне того, что страны, как, в частности, Китай, который через несколько лет будет располагать значительными производственными мощностями по метану из природного газа при производственных затратах порядка 2-3 евро/гигаджоуль и из угля при производственных затратах порядка 7 евро/гигаджоуль при одновременной нехватке топлива на основе нефти, на которое, кроме того, производственные затраты калькулируются порядка 16 евро/гигаджоуль, а в Бразилии уже сегодня повсеместно имеется в распоряжении биоэтанол, т.е. дизельное биотопливо, вышеупомянутые специфические природоохранные требования к дизельным двигателям, т.е. к автомобилям общего назначения, в одинаковой мере при работе двигателей как на алканоле, так и на дизельном топливе на основе нефти, являются релевантными.

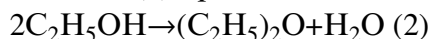
Для использования метанола в дизельных двигателях концепция распыления оказалась подходящей. При этом часть метанола в каталитическом реакторе в транспортном средстве преобразуется в газообразный диметилэфир и водяной пар согласно уравнению:



а топливный воздух подмешивается непосредственно. Каталитический реактор содержит в качестве катализатора таблетки оксида алюминия. Для реакции согласно уравнению (1) оксид алюминия ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) оказался самым активным катализатором, отличающимся к тому же высокой термостабильностью. Чтобы, например, приготовить достаточное количество диметилэтилена для распыления в двигателе мощностью 180 кВт, необходимо 0,7 кг катализатора $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Кроме того, для стабильного протекания реакции необходима температура стенок реактора $>250^\circ\text{C}$, которая при пуске холодного двигателя с помощью метаноловой горелки достигается за 25 сек.

Если вместо метанола в качестве топлива использовать этанол, то каталитическая дегидратация, необходимая для распыления, по аналогии с реакцией согласно

уравнению (1) происходит в соответствии с уравнением:



с образованием диэтила (с цетановым числом 150) и водяного пара.

Точно так же n-бутанол (с цетановым числом 17) может быть дегидратизирован с образованием ди-n-бутилэфира с цетановым числом 100.

Такой способ превращения спиртов в эфиры для распыления в дизельных двигателях, работающих на метаноле, известен из журнала «Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, Heft Volume 217, Number 3/2003, Seiten 155 - 164». В соответствии с ним сначала небольшая часть метанола, используемого в качестве топлива, каталитически превращается в автомобиле в диметилэфир и воду. Затем эти продукты превращения посредством топливного воздуха подаются в двигатель для достижения мощности двигателя и получения выбросов выхлопных газов, известных по дизельным двигателям, работающим на спиртовом топливе с использованием топливной присадки полиэтиленгликоля (PEG) в качестве присадки для ускорения воспламенения. При этом в качестве катализатора предусмотрен оксид алюминия ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) в реакторе с неподвижным катализатором, причем реактор с целью ускорения дегидратации метанола и, следовательно, повышения его способности к пуску холодного двигателя, нагревается с помощью отработавших газов согласованной метаноловой горелки до 250°C.

В основу изобретения положена задача создания двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с предварительным распылением топливного воздуха с помощью эфира для транспортных средств, оснащенного в соответствии с современным уровнем техники системой рециркуляции охлажденных выхлопных газов, и, предпочтительно, также газотурбинным наддувом, и пригодного без существенных изменений системы логистики, принятой для подобных современных дизельных двигателей, а также без дополнительных средств для облегчения пуска двигателя и без присадок для ускорения воспламенения как для эксплуатации с помощью спиртового топлива, так и малосернистого дизельного базирующегося на нефти топлива и спиртового топлива, и обеспечивающего в значительной мере удаление окислов азота и сажи из выхлопного газа при соблюдении соответствующих нормативов по выхлопным газам и без затрат на содержание дополнительных горючих материалов, служащих только для уменьшения выбросов выхлопных газов, и, кроме того, изготавливаемого и эксплуатируемого без существенных добавочных расходов по сравнению с соответствующими двигателями известной конструкции.

Задача изобретения решается с помощью двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с предварительным распылением топливного воздуха с помощью эфира для транспортных средств согласно пункту 1 формулы изобретения, пригодного согласно изобретению для осуществления способа предварительного распыления рециркулирующего выхлопного газа с помощью эфира в двигателе внутреннего сгорания для транспортных средств согласно пункту 11 формулы изобретения и отличающегося тем, что двигатель внутреннего сгорания для предварительного распыления с помощью эфира содержит в направлении потока подающие средства для спиртового топлива, теплообменник для выхлопных газов для охлаждения части выхлопного газа, образующегося при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, и для испарения подводимого спиртового топлива с поглощением тепловой энергии, отводимой при охлаждении выхлопного газа, и катализатор для дегидратации испарившегося спиртового топлива с образованием

эфира, причем подающие средства, теплообменник для выхлопных газов и катализатор выполнены и соединены с камерой сгорания двигателя внутреннего сгорания таким образом, что часть топлива, необходимого для эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, посредством предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира может подаваться в камеру сгорания двигателя внутреннего сгорания с подмешиванием выхлопного газа, охлажденного в теплообменнике для выхлопных газов.

Двигатель внутреннего сгорания согласно изобретению не требует никакого существенного изменения системы логистики и работает как на спиртовом топливе, так и на малосернистом дизельном топливе, базирующемся на нефти, а также на спиртовом топливе без дополнительных средств для облегчения пуска двигателя.

Благодаря подаче эфира с большим цетановым числом воспламеняемость топливовоздушной, или горючей, смеси (VG), предпочтительным образом повышается, так что от добавки дорогостоящих присадок для ускорения воспламенения, к тому же часто содержащих нитросоединения, можно отказаться.

Путем предварительного распыления с помощью эфира согласно изобретению при существенно улучшенной гомогенизации топливовоздушной смеси в камере сгорания двигателя можно добиться значительного сокращения выбросов вредных веществ при одновременном повышении мощности или, соответственно, коэффициента полезного действия двигателя. Таким образом, двигатель внутреннего сгорания согласно изобретению, в частности, выполняет руководящие законные нормативы по выхлопным газам EU V (EU-Richtlinie 2006/51/EC) и EU VI (EU-Richtlinie, вводятся в 2009 г.), действующие, например, для двигателей автомобилей промышленного назначения в отношении выделения окислов азота и сажи; аналогичное законодательство действует в США и Японии.

Другое преимущество состоит в том, что нет необходимости в содержании каких-либо дополнительных горючих материалов, служащих исключительно сокращению выбросов.

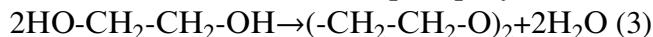
Модификации с незначительными конструктивными изменениями по сравнению с обычным двигателем внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия газотурбинным наддувом и рециркуляцией охлажденного выхлопного газа обеспечивают изготовление двигателя согласно изобретению без существенных добавочных расходов. Сокращение издержек эксплуатации происходит хотя бы уже благодаря вышеупомянутым преимуществам по сравнению с соответствующими двигателями известной конструкции. Наконец, выгодным образом проявляется также существенное расширение области применения двигателя при снижении издержек эксплуатации за счет использования дизельного топлива на основе нефти и спиртового топлива.

Другие преимущества двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению и способа согласно изобретению вытекают непосредственно из предмета зависимых пунктов 2-15 формулы изобретения. Эти предметы подробно поясняются ниже с указанием соответствующих преимуществ.

Для распыления отработавшего газа с помощью эфира, предпочтительно, используются одно- или двухатомные спирты, предоставляемые в автомобиле с помощью пригодного для этого топливного бака обычной конструкции. Для эксплуатации двигателя спиртовое топливо с целью возможно более равномерного распределения с помощью по меньшей мере одного топливного насоса в соответствии с конструктивными данными автомобиля подается из топливного бака с помощью по

меньшей мере одной клапанной форсунки сначала в теплообменник для выхлопных газов. Для применения в двигателе внутреннего сгорания и в способе согласно изобретению выгодными оказались, в частности, одноатомные спирты - метанол, этанол, n-пропанол и i-пропанол, n-бутанол и двухатомный спирт - 1,2-этандиол.

Дегидратация одноатомных спиртов происходит согласно вышеприведенным уравнениям (1) и (2) с образованием диалкилэфира. Двухатомные спирты, или алкандиолы, каталитически преобразуются согласно уравнению:



Таким образом, 1,2-этандиол преобразуется, например, в диоксан (точка кипения=100°C). Эти эфиры - диалкил эфир и диоксан - предпочтительно, используются для предварительного распыления с помощью эфира согласно изобретению.

Особенно предпочтительно подавать спиртовое топливо для сжигания в двигателе не только с использованием распыления топливного воздуха с помощью эфира и, соответственно, рециркуляции охлажденного выхлопного газа и топливного воздуха, но и подводить его из топливного бака, как при работе обычного дизельного двигателя, предпочтительно, из общего топливного бака с помощью топливного насоса путем непосредственного впрыскивания в камеру сгорания. Такой работающий на спирту двигатель с воспламенением от сжатия с рециркуляцией выхлопных газов и распылением с помощью эфира обеспечивает работу без добавки присадок для ускорения воспламенения в значительной мере без выброса окислов азота. Другим преимуществом этого двигателя согласно изобретению является то, что необходим только один топливный бак.

В порядке альтернативы предпочтительно, чтобы дизельное топливо, в частности, малосернистое дизельное топливо на основе нефти (т.е. базирующееся на нефти), подавалось вышеописанным образом с помощью топливного бака, топливного насоса и непосредственного впрыскивания путем непосредственного впрыскивания в камеру сгорания, и одновременно посредством предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира и рециркуляции выхлопного газа и топливного воздуха подводилось спиртовое топливо, причем, чтобы каждый из обоих видов топлива покрывал потребность в энергии для работы двигателя соразмерно доле участия. Применимость обычного, легко доступного дизельного топлива наряду со спиртовым топливом выгодным образом расширяет область применения двигателя и способствует также экономии эксплуатационных расходов, в частности, и на фоне прогнозируемой на ближайшие десятилетия динамики цен на спирты (алканола) и дизельное топливо на основе нефти, согласно которой спирты можно будет получать значительно дешевле, чем дизельное топливо на основе нефти.

С точки зрения восстановления окислов азота и улучшения воспламеняемости горючей смеси как в случае двигателя на спирту, так и в случае двигателя на дизельном топливе и спирте, согласно изобретению, неожиданно оказалась оптимальной подача около 5-40%, в частности, около 10-35%, и, в особенности, около 25% от общего количества топлива, необходимого для эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, посредством распыления с помощью эфира, а остальной части с помощью непосредственного впрыскивания для сгорания в двигателе. В двигателе внутреннего сгорания согласно изобретению это учитывается путем соответствующего расчета подающих топливо средств, теплообменника для выхлопных газов и катализатора при известных условиях с включением соответствующих устройств управления и регулирования.

Важный случай применения способа согласно изобретению представляет собой вышеприведенный двигатель на спирте, потребность которого в топливе, в частности, на 5-40%, покрывается за счет газовой фазы, а именно, выхлопного газа, смешанного с эфиром, и который в этом смысле можно назвать спиртовым двигателем
5 внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с предварительным распылением рециркулирующего выхлопного газа с помощью эфира. При этом особенно предпочтительным оказалось то, чтобы примерно 10-35%, а, в частности, примерно 25%, общей потребности в топливе для эксплуатации двигателя внутреннего
10 сгорания согласно изобретению предоставлялось за счет газовой фазы.

Согласно изобретению за счет рециркуляции выхлопных газов от сгорания в двигателе можно добиться существенного снижения образования окислов азота. Еще большее снижение возможно при использовании указанных кислородосодержащих видов топлива за счет повышения концентрации, или содержания, водяного пара, в
15 отработавшем газе и связанного с этим повышения теплоемкости отработавшего газа. Концентрация водяного пара, с одной стороны, является управляемой с помощью воды, высвобождаемой в результате дегидратации согласно вышеприведенным уравнениям (1)-(3). Однако согласно изобретению предпочтительно предусмотреть
20 для этой цели соответствующее подающее воду средство в направлении потока между катализатором и камерой сгорания двигателя внутреннего сгорания, посредством которого осуществлялась бы подача воды в камеру сгорания с помощью топливного воздуха, рециркулирующего выхлопного газа и/или спирта-эфира. В порядке альтернативы или дополнения подача воды предпочтительна за счет
25 непосредственного впрыскивания топлива.

Двигатель внутреннего сгорания согласно изобретению с целью повышения мощности эксплуатируется со сжатым и охлажденным топливным воздухом. Поэтому он содержит в направлении потока между впуском для наддувочного воздуха и
30 камерой сгорания турбокомпрессор, работающий на выхлопных (отработавших) газах, в частности, работающий на выхлопных газах турбокомпрессор для газотурбинного наддува с подводом к турбокомпрессору отработавших газов с постоянным давлением или нагнетатель системы наддува с волновыми обменниками давления для импульсного газотурбинного наддува и охладитель топливного воздуха
35 для охлаждения сжатого топливного воздуха перед впуском в камеру сгорания.

Эффективная рециркуляция и использование выхлопных газов с учетом соответствующей мощности и конструкции двигателя согласно изобретению обеспечивается за счет одно- или многопоточного, в частности, двухпоточного,
40 исполнения пути выхлопных газов для рециркулирующего выхлопного газа.

Этот предпочтительный вариант выполнения трубопровода для рециркуляции выхлопных газов с использованием теплообменника для выхлопных газов обеспечивает подачу паров спиртового топлива на катализатор при температуре
45 >200°C, в частности, примерно 210-240°C и, в особенности, примерно 220°C, благодаря чему оказывается благоприятное воздействие на каталитическую дегидратацию.

Двигатель внутреннего сгорания согласно изобретению, предпочтительно, содержит катализатор на носителе (подложке), предпочтительно, из металла, снабженный покрытием из диоксида титана или смесей диоксида титана, диоксида
50 кремния и/или оксида алюминия или цеолитов железа в качестве активных компонентов для каталитических реакций. Катализаторы такого рода до сих пор успешно применяются в качестве гидролизных катализаторов мочевины для получения аммиака On-board по технологии SCR на борту автомобиля.

Сотовый катализатор на металлическом носителе, предпочтительно, изготовлен из металлической фольги толщиной порядка 25-50, в частности, порядка 25-40, и, в особенности, порядка 30 мкм. Он, насколько возможно, является мелкосотовым с плотностью сот примерно 400-800, в частности, 500-800, и, в особенности, примерно 600 cpsi (штук на квадратный дюйм). Активный компонент для каталитических реакций в качестве покрытия Washcoat с небольшой концентрацией покрытия порядка 5-100, в частности, порядка 10-40, и, в особенности, порядка 20 г оксида металла/л, нанесен на сотовый катализатор на носителе, выполненный, предпочтительно, в качестве катализатора на металлическом носителе, для уменьшения лимитирования скорости преобразования спирта в алкиловый эфир за счет диффузии в порах. Предпочтительно, катализатор имеет диаметр порядка 20-100, в частности, порядка 40-80, и, в особенности, порядка 60 мм, и длину порядка 50-400, в частности, 100-300, и, в особенности, порядка 200 мм.

Диоксид титана в качестве активного компонента каталитических реакций, в которых участвует вода, по своей активности превосходит другие оксиды. Кроме того, оксид титана устойчив против сульфатизации и потому может применяться даже при небольших содержаниях серы в топливе. По сравнению с ним $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ и другие известные из литературы материалы для покрытия субстрата катализатора на носителе применяются только в сочетании с абсолютно обессеренными выхлопными газами. Так, например, уже достаточно содержания серы в топливе порядка <10 ppm (частиц на миллион), чтобы за относительно короткое время дезактивировать катализатор из $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Кроме того, предпочтительно, чтобы теплообменник для выхлопных газов с целью управления рециркуляцией охлажденного выхлопного газа в камеру сгорания имел в каждом выпуске клапан максимального давления.

Кроме того, предпочтительно, чтобы в пути, или в каждом пути рециркуляции выхлопных газов был предусмотрен клапан для рециркуляции выхлопных газов (клапан AGR), с помощью которого по каждой соответствующей линии выхлопной газ, смешанный с эфиром, управляемым образом мог бы подаваться в топливный воздух, выхлопной газ управляемым образом - в эфир до смешения с топливным воздухом или в эфир, уже перемешанный с топливным воздухом.

Таким образом, двигатель внутреннего сгорания согласно изобретению, в частности, предпочтительно, содержит проводящие средства и по меньшей мере один клапан для рециркуляции выхлопных газов, причем эти признаки выполнены и соединены между собой таким образом, что выхлопной газ, охлажденный в теплообменнике для выхлопных газов, и эфир, образовавшийся в катализаторе, с помощью клапана или каждого клапана для рециркуляции выхлопных газов управляемым образом могут подмешиваться к сжатому и охлажденному топливному воздуху.

В альтернативном плане предпочтительно, чтобы проводящие средства и по меньшей мере один клапан для рециркуляции выхлопных газов были выполнены и соединены между собой таким образом, чтобы выхлопной газ, охлажденный в теплообменнике для выхлопных газов, управляемым образом сначала мог добавляться в эфир, образовавшийся в катализаторе, а затем образовавшаяся таким образом смесь выхлопного газа с эфиром могла смешиваться со сжатым и охлажденным топливным воздухом.

В соответствии со второй предпочтительной альтернативой подачи проводящие средства и по меньшей мере один клапан для рециркуляции выхлопных газов

выполнены и соединены между собой таким образом, чтобы выхлопной газ, охлажденный в теплообменнике для выхлопных газов, управляемым образом, а образовавшийся в катализаторе эфир - непосредственно могли подмешиваться в сжатый и охлажденный топливный воздух.

5 Наконец, в соответствии с третьей предпочтительной альтернативой проводящие средства и по меньшей мере один клапан для рециркуляции выхлопного газа выполнены и соединены между собой таким образом, чтобы выхлопной газ, охлажденный в теплообменнике для выхлопных газов, управляемым образом
10 подмешивался в сжатый и охлажденный топливный воздух, а образовавшийся в катализаторе эфир непосредственно смешивался со сжатым и неохлажденным топливным воздухом.

При этой альтернативе подачи катализатор с помощью соответствующих проводящих средств соединен с трубопроводом для топливного воздуха между
15 турбокомпрессором, работающим на отработавших газах, и охладителем топливного воздуха, благодаря чему сначала обеспечивается смешение эфира со сжатым топливным воздухом, а затем с помощью охладителя топливного воздуха, установленного в трубопроводе для топливного воздуха, охлаждение смеси
20 топливного воздуха с эфиром. Управляемое добавление охлажденного выхлопного газа во всех трех альтернативах подачи осуществляется с помощью по меньшей мере одного клапана для рециркуляции выхлопных газов по меньшей мере одному трубопроводу между клапаном для рециркуляции выхлопных газов и трубопроводом для топливного воздуха в области между трубопроводом для топливного воздуха и
25 всасывающим трактом двигателя.

Смесь эфира с топливным воздухом, полученная и обогащенная охлажденным выхлопным газом согласно этим альтернативам выполнения и подачи, подается в камеру сгорания и образует вместе с топливом, непосредственно впрыскиваемым в
30 камеру сгорания, горючую смесь, необходимую для работы двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению.

Для обработки выхлопного газа двигатель внутреннего сгорания согласно изобретению в соответствии с предпочтительным вариантом выполнения содержит в пути для выхлопных газов катализатор окисления с платиной и/или палладием в
35 качестве активных компонентов для эффективного противодействия выбросу оксида углерода и алканов, в частности, альдегидов (формальдегида, ацетальдегида и высших альдегидов).

Предпочтительные варианты выполнения двигателя внутреннего сгорания для транспортных средств с предварительным распылением топливного воздуха с
40 помощью эфира согласно изобретению воспроизводятся на приложенных фиг.1-4, на которых:

фиг.1 - схематический вид варианта выполнения двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению в виде шестицилиндрового двигателя для автомобиля
45 промышленного назначения с предварительным распылением с помощью эфира и двухпоточной рециркуляцией выхлопных газов с указанием картины течения топлива, выхлопного газа и топливного воздуха;

фиг.2 - вариант выполнения двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению на фиг.1 с первым альтернативным вводом эфира;

фиг.3 - вариант выполнения двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению на фиг.1 со вторым альтернативным вводом эфира;

фиг.4 - вариант выполнения двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению

на фиг.1 с третьим альтернативным вводом эфира.

На фиг.1 изображена вся система согласно изобретению в варианте выполнения с шестицилиндровым двигателем (10) для автомобиля промышленного назначения с турбокомпрессором (11), работающим на выхлопных (отработавших) газах, и с двухпоточной системой рециркуляции выхлопных газов, предлагаемым, например, заявителем под наименованием «двигатель D 2066».

Для предоставления спиртового топлива предусмотрен топливный бак (1), соединенный с помощью трубопровода (18), топливного насоса (2) и клапанной форсунки (3) с первым впуском теплообменника (4) для выхлопных газов. Между первым впуском и первым выпуском в теплообменнике (4) образована первая область для испарения спиртового топлива с поглощением тепловой энергии. Для подачи необходимой тепловой энергии теплообменник (4) между вторым впуском и вторым выпуском содержит вторую область, а между третьим впуском и третьим выпуском - третью область, причем второй и третий впуски непосредственно через второй и третий трубопроводы (19, 20) соединены с выпуском (8) для выхлопных газов двигателя (10). Благодаря соответствующей конструкции трех областей теплообменника (4) обеспечен оптимальный теплообмен второй и третьей областей с первой областью, так что на первый выход теплообменника (4) должны поступать парообразное спиртовое топливо с температурой $>200^{\circ}\text{C}$, а на второй и третий выходы, соответственно, для дальнейшей подачи - охлажденный выхлопной газ.

Для дальнейшей подачи охлажденного выхлопного газа из этого двухпоточного теплообменника (4) второй и третий выпуски с помощью соответствующего клапана (6) максимального давления соединены с общим четвертым трубопроводом (21), подключенным к клапану (7) AGR. С помощью пятого трубопровода (22) клапан (7) AGR непосредственно соединен с всасывающим трактом (9) двигателя. Для дальнейшей подачи парообразного спиртового топлива из первого выпуска теплообменника (4) предусмотрен шестой трубопровод (23), соединенный с впуском катализатора (5). Катализатор (5) содержит в качестве активного компонента диоксид титана для дегидратации выходящих из теплообменника (4) при температуре $>200^{\circ}\text{C}$ паров спиртового топлива с образованием диалкилэфира согласно вышеприведенным уравнениям (1) или (2). Выпуск катализатора (5) через седьмой трубопровод (24) соединен с четвертым трубопроводом (21) для предварительного распыления с помощью эфира охлажденного выхлопного газа, выходящего из теплообменника (4), и для последующего ввода образующейся при этом смеси эфира с выхлопным газом в двигатель (10). Подача топлива, необходимого для эксплуатации шести показанных камер сгорания или, соответственно, цилиндров, двигателя (10), с соответствующей системой непосредственного впрыскивания выполнена принятым для шестицилиндровых двигателей образом и поэтому графически не выделена.

Путь для топливного воздуха содержит в направлении потока вход (12) для надувочного воздуха, воздушный фильтр (14), трубопровод (15) для топливного воздуха с рабочим колесом турбокомпрессора (11), работающего на отработавшем газе, и с охладителем (17) топливного воздуха, а также всасывающий тракт (9) двигателя (10). Путь для выхлопных газов содержит в направлении потока выпуск (8) для выхлопных газов двигателя (10), турбинное колесо турбокомпрессора (11), работающего на отработавших газах, выхлопную трубу (16) и выпуск (13) для выхлопных газов.

Вариант выполнения двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению,

изображенный на фиг.2, содержит в порядке альтернативы седьмому трубопроводу (24) восьмой трубопровод (25), соединяющий выпуск катализатора (5) с пятым трубопроводом (22) в обход клапана (7) AGR. Таким образом, и этот вариант выполнения двигателя внутреннего сгорания согласно изобретению, соответствующий
5 изображенному на фиг.1, включает в себя предварительное распыление рециркулирующего выхлопного газа с помощью эфира.

На фиг.3 изображен двигатель внутреннего сгорания согласно изобретению с дополнительным альтернативным вводом эфира в обход клапана (7) AGR, причем
10 выпуск катализатора (5) через девятый трубопровод (26), заменяющий седьмой трубопровод (24) на фиг.1, непосредственно соединен с воздухопроводом (15) для топливного воздуха между охладителем (17) топливного воздуха и всасывающим трактом (9) двигателя (10) и в этом смысле подходит для непосредственного подмешивания сжатого и охлажденного топливного воздуха.

Последний альтернативный ввод эфира в двигателе внутреннего сгорания согласно изобретению в соответствии с фиг.1 изображен на фиг.4. При этом выпуск катализатора (5) через десятый трубопровод (27), в свою очередь, замещающий
15 седьмой трубопровод (24) на фиг.1, непосредственно соединен с трубопроводом (15) для топливного воздуха впереди охладителя (17) топливного воздуха, благодаря чему смешивание парообразного спиртового топлива со сжатым топливным воздухом и охлаждение этой смеси обеспечиваются перед добавлением охлажденного выхлопного газа.

Кроме того, задача настоящего изобретения заключается в создании способа
25 предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира в двигателе внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия для транспортных средств согласно ограничительной части пункта 11 формулы изобретения, который лишен подробно изложенных недостатков уровня техники и который, в частности, может
30 быть реализован при использовании двигателя внутреннего сгорания согласно одному из п.п.1-10.

Задача решается с помощью способа согласно изобретению по п.11 формулы изобретения, пригодного для использования двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия для транспортных средств с предварительным
35 распылением топливного воздуха с помощью эфира по п.1 формулы изобретения и содержащего следующие этапы: (а) предоставление спиртового топлива на борту автомобиля; (б) испарение спиртового топлива; (в) дегидратация парообразного спиртового топлива с образованием эфира и водяного пара в катализаторе; (г)
40 предварительное распыление топливного воздуха с помощью эфира; (д) предоставление горючей смеси в камере сгорания двигателя внутреннего сгорания путем смешивания непосредственно впрыскиваемого топлива со смесью топливного воздуха с эфиром; (е) эксплуатация двигателя внутреннего сгорания за счет сжигания горючей смеси в камере сгорания; и характеризующегося тем, что на этапе (а)
45 спиртовое топливо предоставляют с помощью подающего средства, что на этапе (б) предоставленное спиртовое топливо испаряют в теплообменнике для выхлопных газов, причем часть выхлопного газа, образующаяся при сжигании в двигателе внутреннего сгорания, подают для охлаждения в теплообменник для выхлопных газов, а спиртовое топливо испаряют с поглощением тепловой энергии, отводимой
50 при охлаждении выхлопного газа, что на этапах (в) и (г) часть топлива, необходимого для эксплуатации двигателя внутреннего сгорания, путем предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира подают в камеру сгорания

двигателя внутреннего сгорания с подмешиванием выхлопного газа, охлажденного в теплообменнике для выхлопных газов, и что на этапе (д) осуществляют эксплуатацию двигателя внутреннего сгорания за счет сжигания горючей смеси, смешанной с рециркулирующим выхлопным газом.

Способ согласно изобретению обеспечивает, в частности, экономичную с малыми выбросами работу двигателя с использованием спиртового топлива или спиртового топлива и малосернистого, базирующегося на нефти дизельного топлива.

Предпочтительные варианты выполнения способа согласно изобретению представляют собой предмет зависимых пунктов 11 - 15. Подробности в отношении этих предпочтительных вариантов выполнения и других преимуществ способа вытекают непосредственно из вышеприведенных пояснений в связи с двигателем внутреннего сгорания согласно пункту 1, а также в связи с соответствующими предпочтительными усовершенствованиями двигателя внутреннего сгорания согласно пунктам 2-10.

Перечень позиций

1. Топливный бак
2. Топливный насос
3. Клапанная форсунка
4. Теплообменник для выхлопных газов
5. Катализатор
6. Клапан максимального давления
7. Клапан для рециркуляции выхлопного газа/клапан AGR
8. Выпуск для выхлопных газов
9. Всасывающий тракт
10. Двигатель
11. Турбокомпрессор, работающий на отработавших газах
12. Вход для наддувочного воздуха
13. Выпуск для выхлопных газов
14. Воздушный фильтр
15. Трубопровод для топливного воздуха
16. Выхлопная труба
17. Охладитель топливного воздуха
18. Первый трубопровод (трубопровод для топливного воздуха)
19. Второй трубопровод (трубопровод для выхлопных газов)
20. Третий трубопровод (трубопровод для выхлопных газов)
21. Четвертый трубопровод (трубопровод для выхлопных газов)
22. Пятый трубопровод (трубопровод для выхлопных газов, или трубопровод для выхлопного газа и эфира)
23. Шестой трубопровод (трубопровод для выхлопных газов)
24. Седьмой трубопровод (трубопровод для эфира)
25. Восьмой трубопровод (трубопровод для эфира)/первая альтернатива для 24
26. Девятый трубопровод (трубопровод для эфира)/вторая альтернатива для 24
27. Десятый трубопровод (трубопровод для эфира)/третья альтернатива для 24.

Формула изобретения

1. Двигатель (10) внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия с предварительным распылением топливного воздуха с помощью эфира для транспортных средств, отличающийся тем, что для предварительного распыления с

помощью эфира в направлении потока предусмотрены подающие средства (1, 2, 3) для спиртового топлива, теплообменник (4) для выхлопных газов для охлаждения части выхлопного газа, образующегося при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания (10), и для испарения подводимого спиртового топлива с поглощением тепловой энергии, отводимой при охлаждении выхлопного газа, и катализатор (5) для дегидратации испарившегося спиртового топлива с образованием эфира, причем подающие средства (1, 2, 3), теплообменник (4) для выхлопных газов и катализатор (5) выполнены и соединены с камерой сгорания двигателя внутреннего сгорания (10) таким образом, что часть топлива, необходимого для эксплуатации двигателя (10) внутреннего сгорания, посредством предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира может подаваться в камеру сгорания двигателя (10) внутреннего сгорания с подмешиванием выхлопного газа, охлажденного в теплообменнике (4) для выхлопных газов.

2. Двигатель внутреннего сгорания по п.1, отличающийся тем, что подающие средства предусмотрены для предварительного распыления с помощью эфира для впрыскивания спиртового топлива в теплообменник (4) для выхлопных газов и что для предоставления другой части топлива, необходимой для эксплуатации двигателя (10) внутреннего сгорания, предусмотрены подающие средства для непосредственного впрыскивания топлива в камеру сгорания двигателя (10) внутреннего сгорания для подачи спиртового топлива или альтернативно дизельного топлива, причем подающие средства для предварительного распыления с помощью эфира и для непосредственного впрыскивания в направлении потока содержат по меньшей мере один топливный бак (1), по меньшей мере один соответствующий топливный насос (2) и по меньшей мере одну соответствующую клапанную форсунку (3).

3. Двигатель внутреннего сгорания по п.1 или 2, отличающийся тем, что спиртовое топливо является одноатомным спиртовым топливом, в частности метанолом, этанолом, n-пропанолом, i-пропанолом или n-бутанолом, или двухатомным спиртовым топливом, в частности 1,2-этандиолом, и что другая часть топлива, необходимого для эксплуатации двигателя (10) внутреннего сгорания, является дизельным топливом, в частности малосернистым базирующимся на нефти дизельным топливом.

4. Двигатель внутреннего сгорания по п.1, отличающийся тем, что подающие средства (1, 2, 3) спиртового топлива, теплообменник (4) для выхлопных газов и катализатор (5) выполнены таким образом, что часть топлива, подаваемого посредством предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира, может составлять около 5-40%, в частности около 10-35%, и в особенности около 25% от общего количества топлива, необходимого для эксплуатации двигателя (10) внутреннего сгорания.

5. Двигатель внутреннего сгорания по п.1, отличающийся тем, что для повышения содержания водяного пара в топливном воздухе в направлении потока между катализатором (5) и камерой сгорания двигателя (10) внутреннего сгорания предусмотрено средство для подачи воды.

6. Двигатель внутреннего сгорания по п.1 или 5, отличающийся тем, что для сжатия топливного воздуха предусмотрен турбокомпрессор (11), работающий на отработавших газах, а для охлаждения сжатого топливного воздуха в направлении потока между входом (12) надувочного воздуха и камерой сгорания двигателя (10) внутреннего сгорания предусмотрен охладитель (17) топливного воздуха.

7. Двигатель внутреннего сгорания по п.6, отличающийся тем, что выхлопной газ, охлажденный в теплообменнике (4) для выхлопных газов, и эфир, образовавшийся в катализаторе (5), управляемым образом с помощью проводящих средств (21, 22, 24) могут подмешиваться к сжатому и охлажденному топливному воздуху или что
 5 выхлопной газ, охлажденный в теплообменнике (4) для выхлопных газов, управляемым образом с помощью проводящих средств (21, 25) может подмешиваться к эфиру, образовавшемуся в катализаторе (5), и эта смесь выхлопного газа с эфиром с помощью других проводящих средств (22) может смешиваться со сжатым и
 10 охлажденным топливным воздухом, причем для управляемой подачи выхлопного газа или смеси выхлопного газа с эфиром проводящие средства (21, 22) содержат по меньшей мере один клапан (7) для рециркуляции выхлопных газов.

8. Двигатель внутреннего сгорания по п.6, отличающийся тем, что выхлопной газ, охлажденный в теплообменнике (4) для выхлопных газов, управляемым образом с
 15 помощью проводящих средств (21, 22) может подмешиваться к сжатому и охлажденному топливному воздуху, и что эфир, образовавшийся в катализаторе (5), с помощью других проводящих средств (26) может непосредственно подмешиваться к сжатому и охлажденному топливному воздуху или с помощью других проводящих
 20 средств (27) может непосредственно подмешиваться к сжатому и неохлажденному топливному воздуху, причем для управляемой подачи выхлопного газа проводящие средства (21, 22) содержат по меньшей мере один клапан (7) для рециркуляции выхлопных газов.

9. Двигатель внутреннего сгорания по п.1, отличающийся тем, что катализатор (5) в
 25 качестве активного компонента для каталитической реакции содержит диоксид титана или смеси диоксида титана с диоксидом кремния и/или оксидом алюминия или цеолитами железа.

10. Двигатель внутреннего сгорания по п.9, отличающийся тем, что активный
 30 компонент для каталитических реакций в качестве покрытия Washcoat с концентрацией покрытия порядка 5-100, в частности порядка 10-40, и в особенности порядка 20 г, оксида металла/л выполнен на катализаторе (5), причем катализатор (5) предусмотрен в виде катализатора на носителе, в частности сотового катализатора на металлическом носителе.

11. Способ предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира в двигателе внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия для транспортных
 35 средств, содержащий следующие этапы: (а) предоставление спиртового топлива на борту автомобиля; (б) испарение спиртового топлива; (в) дегидратация паров спиртового топлива с образованием эфира и водяного пара в катализаторе; (г) предварительное распыление топливного воздуха с помощью
 40 эфира; (д) предоставление горючей смеси в камере сгорания двигателя внутреннего сгорания путем смешивания непосредственно впрыскиваемого топлива со смесью топливного воздуха с эфиром; (е) эксплуатация двигателя внутреннего сгорания за счет сжигания горючей смеси в камере сгорания; отличающийся тем, что на этапе (а)
 45 спиртовое топливо предоставляют с помощью подающих средств (1, 2, 3), что на этапе (б) представленное спиртовое топливо испаряют в теплообменнике (4) для выхлопных газов, причем часть выхлопного газа, образующуюся при эксплуатации двигателя (10) внутреннего сгорания, подают для охлаждения в теплообменник (4) для
 50 выхлопных газов, а спиртовое топливо испаряют с поглощением тепловой энергии, отводимой при охлаждении выхлопного газа, что на этапах (в)-(д) часть топлива, необходимого для эксплуатации двигателя (10) внутреннего сгорания, путем

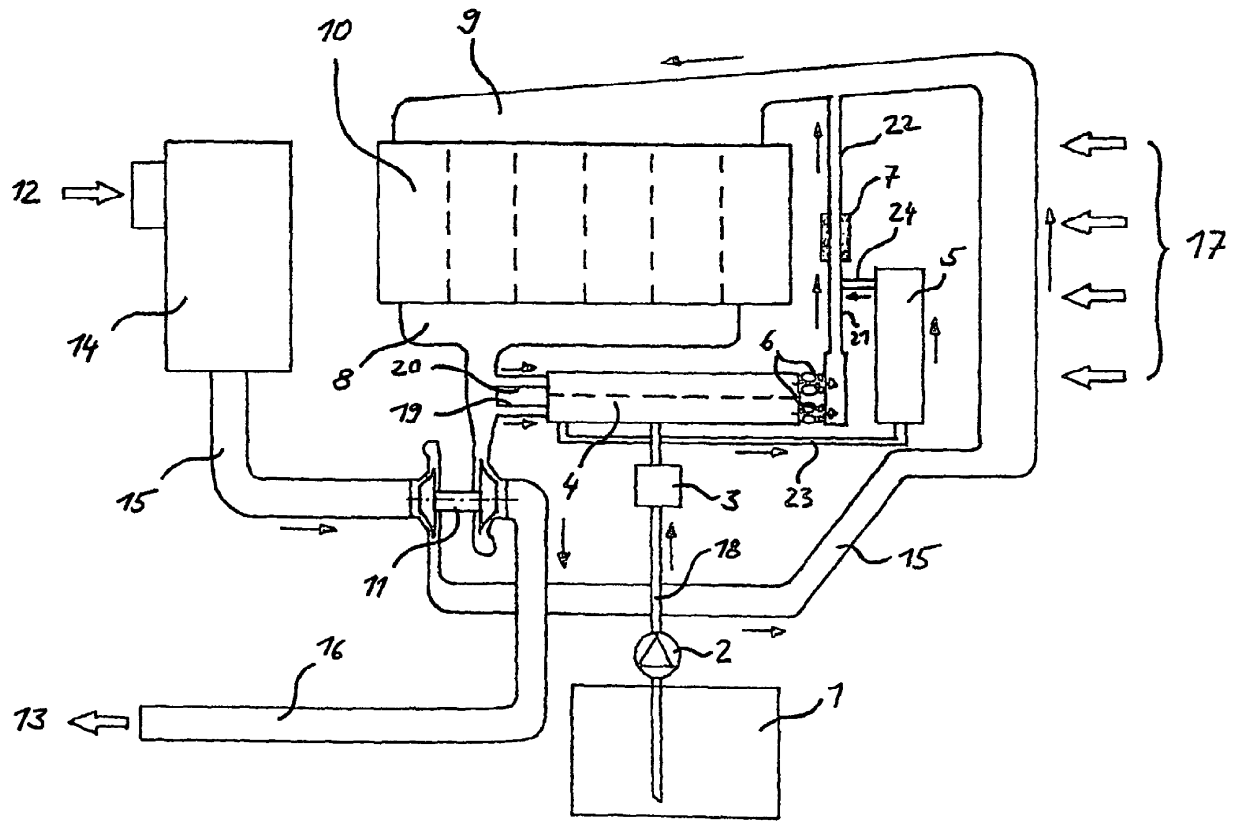
предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира подают в камеру сгорания двигателя (10) внутреннего сгорания с подмешиванием выхлопного газа, охлажденного в теплообменнике (4) для выхлопных газов, и что на этапе (е) происходит эксплуатация двигателя (10) внутреннего сгорания за счет сжигания горючей смеси, смешанной с рециркулирующим выхлопным газом.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что в качестве спиртового топлива используют одноатомный спирт, в частности метанол, этанол, п-пропанол, i-пропанол или n-бутанол, или двухатомный спирт, в частности 1,2-этанediол, причем спиртовое топливо используют для предварительного распыления с помощью эфира и для непосредственного впрыскивания или в порядке альтернативы для предварительного распыления с помощью эфира используют спиртовое топливо, а для непосредственного впрыскивания - дизельное топливо, в частности малосернистое дизельное базирующееся на нефти топливо.

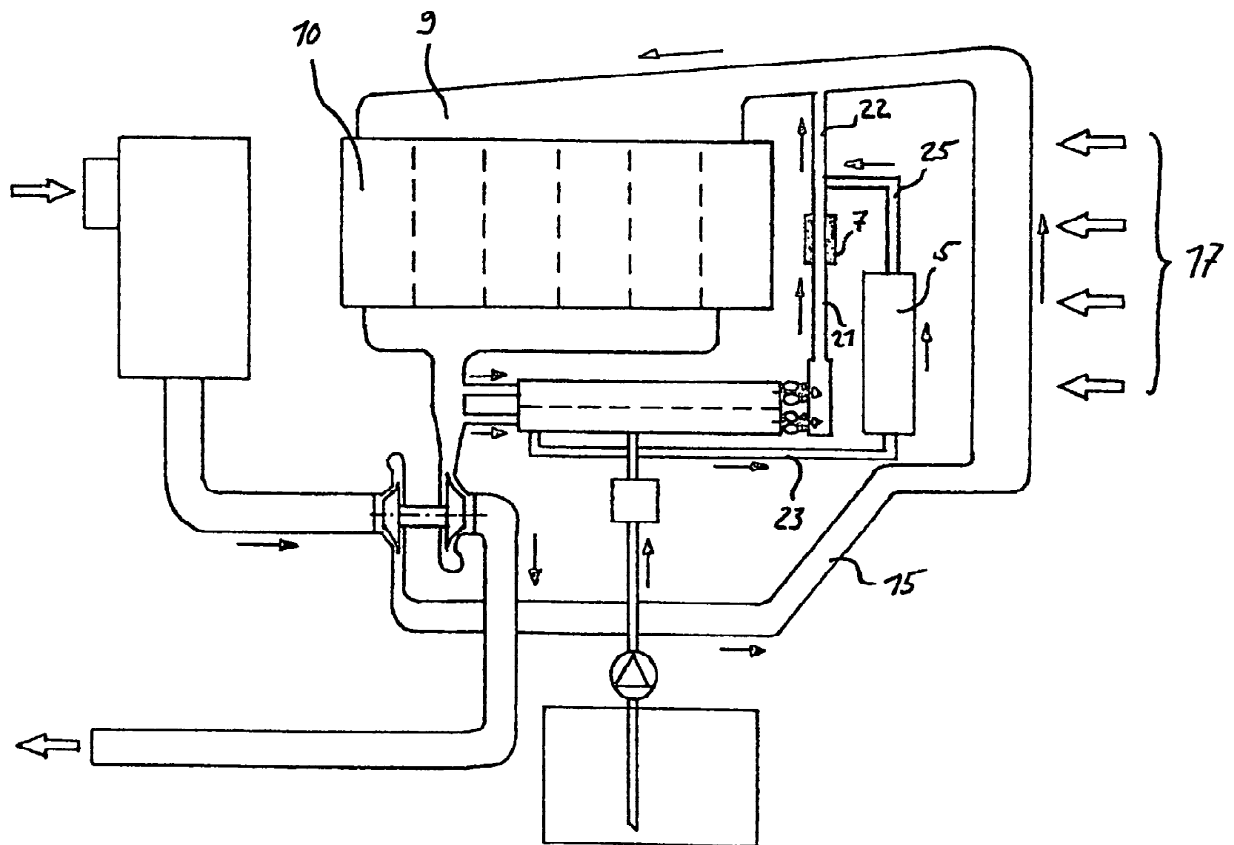
13. Способ по п.11 или 12, отличающийся тем, что около 5-40%, в частности около 10-35%, и в особенности около 25% от общего количества топлива, подаваемого для эксплуатации двигателя (10) внутреннего сгорания в виде спиртового топлива, подают посредством предварительного распыления топливного воздуха с помощью эфира.

14. Способ по п.11, отличающийся тем, что пары спиртового топлива в теплообменнике (4) для выхлопных газов нагревают до температуры $>200^{\circ}\text{C}$, в частности примерно до $210-240^{\circ}\text{C}$, и в особенности примерно до 220°C .

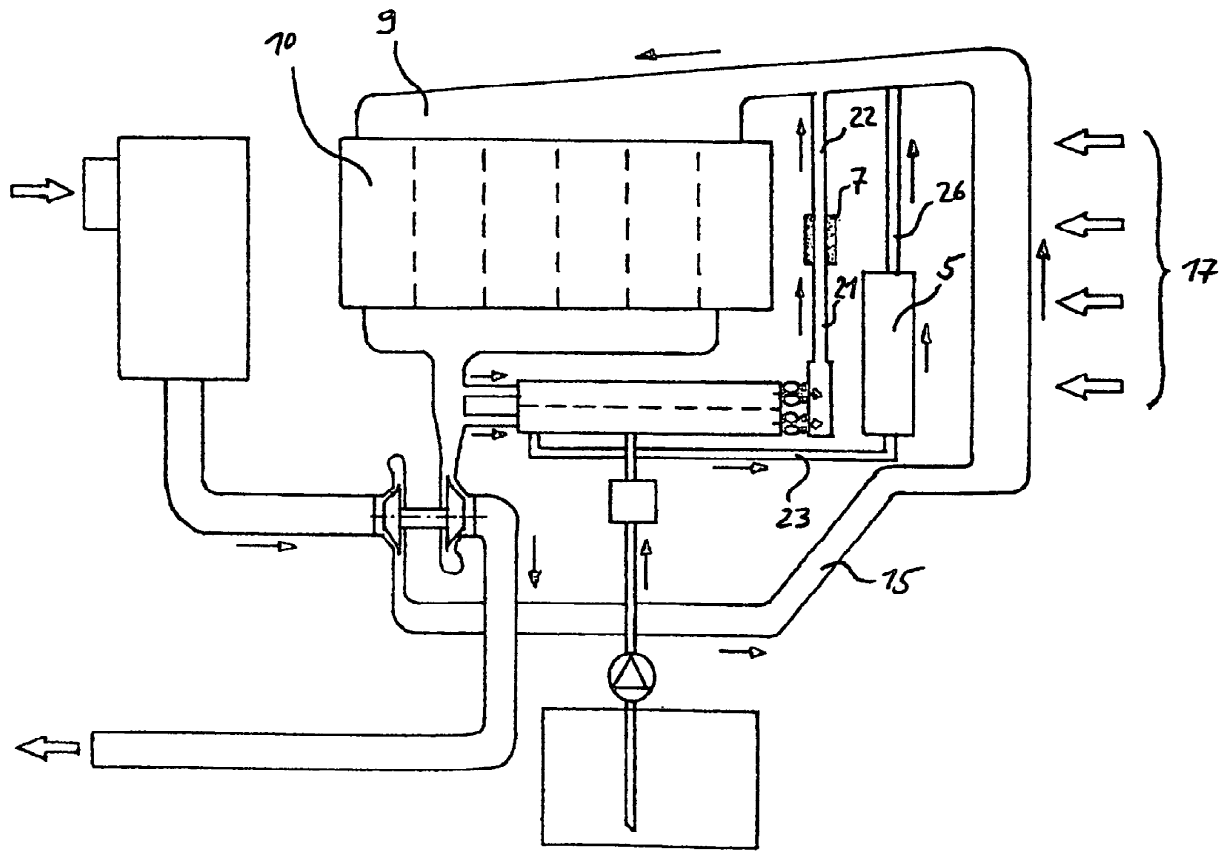
15. Способ по п.11, отличающийся тем, что для значительного сокращения выбросов вредных веществ при сжигании горючей смеси в смесь топливного воздуха с эфиром подают воду.



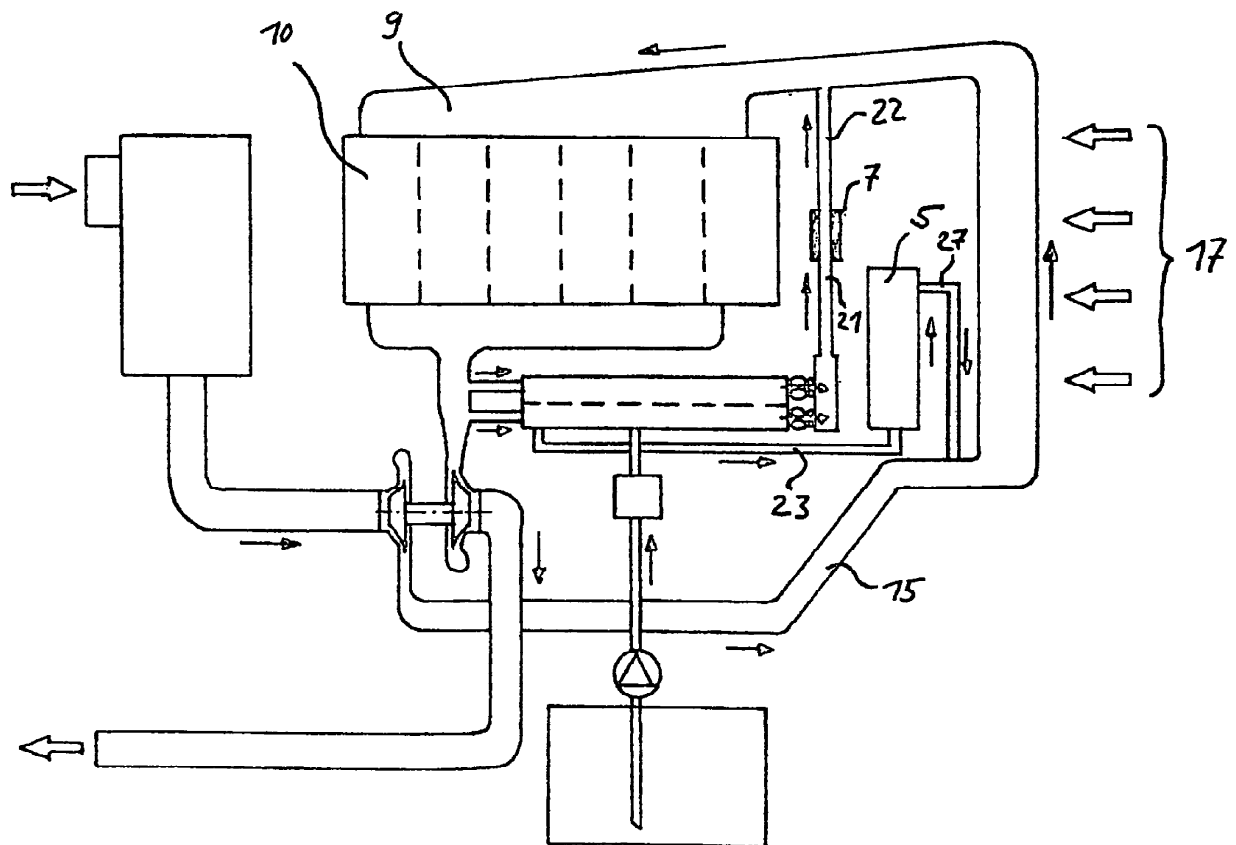
ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4