

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046151**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.02.12

(21) Номер заявки
202390952

(22) Дата подачи заявки
2023.03.02

(51) Int. Cl. **F02D 19/08** (2006.01)
F23K 5/10 (2006.01)
F02M 43/00 (2006.01)

(54) **СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ**

(43) **2024.02.08**

(96) **2023000041 (RU) 2023.03.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ" (RU)**

(56) RU-U1-177013
EP-A1-2227525
US-A1-2011297122
EP-A1-2292722

(72) Изобретатель:

**Плотников Сергей Александрович,
Бузиков Шамиль Викторович (RU),
Карташевич Анатолий Николаевич
(BY)**

(57) Изобретение относится к двигателестроению. Способ улучшения экологических показателей работы дизеля, состоящего из системы питания, включающей топливный бак, топливопроводы, топливные фильтры, систему топливоподачи, впускной коллектор, камеры сгорания, заключается в том, что предварительно смешивают рапсовое масло, этиловый спирт и эфиры до получения единой смеси и подают посредством двойной системы топливоподачи во впускной трубопровод отдельно или совместно с дизельным топливом, а также в камеры сгорания дизеля подают дизельное топливо или единую смесь дизельного топлива, рапсового масла, этилового спирта и эфиров. Технический результат заключается в улучшении экологических показателей работы дизеля.

B1

046151

046151

B1

Изобретение относится к области машиностроения, преимущественно двигателестроения.

Из уровня техники известен способ нейтрализации отработавших газов дизеля, осуществляемый при помощи каталитического нейтрализатора, содержащего корпус с входным и выходным патрубками и реактор с катализатором, и жидкостного нейтрализатора, частично заполненного жидкостью [Комбинированная система нейтрализации отработавших газов дизеля. Автор: Медведев Ю.С. МПК F01N 3/04. Заявка на изобретение №2001124134/06 от 29.08.2001].

Недостатком данного способа является невозможность улучшения экологических показателей работы дизеля, таких как снижение эмиссии монооксида углерода (CO), диоксида углерода (CO₂), несгоревших углеводородов (C_xH_y), оксидов азота (NO_x), сажи (C).

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ снижения содержания вредных ингредиентов в отработавших газах дизельного двигателя [Патент RU 2510469 С1. Способ снижения содержания вредных ингредиентов в отработавших газах дизельного двигателя. Автор: Ильин С.А. МПК F02M 43/00, F02M 25/00, F02D 19/12. Заявка на изобретение № 2012146461/06 от 01.11.2012].

Недостатком известного способа является применение дополнительного жидкого активатора, который подают во впускной трубопровод совместно с основным топливом. Использование дополнительного жидкого активатора приводит к снижению мощностных показателей работы дизеля.

Существенным отличием предлагаемого способа от всех ранее известных решений является возможность улучшения экологических и сохранения мощностных показателей работы дизеля, достигаемая тем, что предварительно смешивают рапсовое масло, этиловый спирт и эфиры до получения единой смеси и подают посредством двойной системы топливоподачи во впускной трубопровод отдельно или совместно с дизельным топливом, а также в камеры сгорания дизеля подают дизельное топливо или единую смесь дизельного топлива, рапсового масла, этилового спирта и эфиров.

Известно, что основной причиной эмиссии CO, CO₂, C_xH_y, NO_x, C с отработавшими газами дизеля является процесс сгорания нефтяного топлива. Характерной особенностью дизеля является периодичное горение предварительно не перемешанных топлива и окислителя. Указанное обстоятельство обуславливает наличие гомофазного и диффузионного типов горения: первый определяется сгоранием топливовоздушной смеси, образовавшейся за период задержки воспламенения, второй - сгоранием остаточного количества топлива в диффузионном фронте пламени [Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. / Пер. с англ. Г.Л. Агафонова. Под ред. П.А. Власова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 352 с.].

Процесс образования CO, CO₂, C_xH_y, NO_x и C протекает в камере сгорания дизеля, а также в потоке отработавших газов (последнее - в ходе охлаждения газов как за счет естественной теплоотдачи, так и перемешивания с атмосферным воздухом) [Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ./Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981. - 407 с., ил.; ГОСТ Р 41.96-2011 (Правила ЕЭК ООН N 96) Единые предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями (Переиздание): принят 13.12.2011; действ. с 01.01.2013. М., 2011. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094453> (дата обращения 31.01.2021)].

В дизеле образующийся CO при последующем сгорании на такте расширения или в выпускном тракте окисляется до CO₂ в присутствии водяного пара или водорода. Основная причина образования CO в камере сгорания дизеля - это неравномерное распределение топлива по камере, в результате чего возникают локальные зоны с низким коэффициентом избытка воздуха (α), где происходит недогорание части топлива. Другим же источником образования CO являются высокотемпературные зоны топливного факела, в которых химическое равновесие смещено в сторону диссоциации CO₂ с образованием CO и кислорода (O₂) [Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ./Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981. - 407 с., ил.; Ассад М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчёт, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязков. - Минск: Беларус. навука, 2010. - 305 с.]. Скорость окисления CO в разных зонах камеры сгорания зависит от ряда локальных факторов: α , степени однородности смеси, концентрации O₂, температуры газа и времени, отведенного на окисление [Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ./Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981. - 407 с., ил.].

Основная доля образовавшегося в камере сгорания дизеля CO окисляется до CO₂, не выходя за пределы камеры сгорания. Окисление CO в CO₂ происходит в выпускной трубе. Величина выбросов CO₂ зависит от физико-химических и теплофизических свойств топлив и их расхода [Ассад М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчёт, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязков. - Минск: Беларус. навука, 2010. - 305 с.].

В дизеле C_xH_y образуются в переобогащённых зонах, где происходит пиролиз молекул горючего. На режимах холостого и принудительного холостого хода вследствие снижения температуры стенок камер сгорания происходит увеличение задержек воспламенения, в связи с чем успевают образовываться зоны с переобогащённой смесью, уже практически неспособной гореть. А разбавление таких зон избыточ-

ным O_2 воздуха приводит к полному прекращению химических реакций и соответственно к увеличению выхода C_xH_y [Ассад М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчёт, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязьков. - Минск: Беларус. навука, 2010. - 305 с.]. Легкие газообразные C_xH_y образуются в дизеле при термическом распаде топлива в зонах срыва пламени, в ядре струи, в топливной пленке на стенках камеры сгорания, в переднем фронте факела и в результате вторичного впрыскивания топлива [Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ./Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981. - 407 с., ил.]. Механизм образования и окисления молекул C_xH_y в дизелях зависит от ряда параметров рабочего процесса и конструктивных факторов: состава смеси, нагрузки, наличия наддува, степени завихрения заряда, угла опережения впрыска топлива [Ассад М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчёт, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязьков. - Минск: Беларус. навука, 2010. - 305 с.]. Наличие в смеси достаточного количества O_2 повышает температуру горения, что приводит к ускорению реакции окисления C_xH_y и, следовательно, к снижению их эмиссии.

При сгорании в дизелях, где смесь почти всегда бедная и значение α всегда существенно больше единицы, образование NO_x определяется локальным составом смеси и температурой. В этих условиях наиболее интенсивно окисление азота происходит до момента достижения максимальной температуры в зонах, которые сгорают первыми и имеют наибольшее время пребывания. На образование NO_x в дизелях влияет множество факторов: тип горючего, его цетановое число состав смеси, завихрение воздушного потока, момент впрыска, наличие наддува [Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ./Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981. - 407 с., ил.; Ассад М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчёт, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязьков. - Минск: Беларус. навука, 2010. -305 с.].

Сажеобразование в цилиндрах дизеля происходит в результате пиролиза, а также окислительного крекинга углеводородных молекул в зонах богатой смеси при достаточно высокой температуре и недостатке O_2 . Обильное образование С в дизелях в основном происходит в фазе замедленного диффузионного горения, когда продолжающие поступать из форсунки капли топлива встречают на своём пути уже не воздух, а продукты сгорания ранее впрыснутых его порций. При относительно сильном обеднении смеси ($\alpha \geq 1,4-1,5$) и интенсивной турбулизации горючей смеси большая часть образовавшихся при сгорании С успевает окислиться в самом цилиндре на такте расширения. Догорание С может продолжаться также и в выпускном тракте. Образование С в дизелях может также происходить при попадании топлива на сравнительно холодные стенки цилиндра. Интенсивность сажеобразования в дизелях зависит от многих конструктивных и рабочих параметров, среди которых - вид топлива, его цетановое число, момент и скорость впрыска, тип форсунки, температура входящего воздуха [Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ./Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981. - 407 с., ил.; 6].

Технический результат заявляемого изобретения заключается в улучшении экологических показателей работы дизеля.

Данный технический результат достигается тем, что предварительно смешивают рапсовое масло, этиловый спирт и эфиры до получения единой смеси и подают посредством двойной системы топливоподачи во впускной трубопровод раздельно или совместно с дизельным топливом, а также в камеры сгорания дизеля подают дизельное топливо или единую смесь дизельного топлива, рапсового масла, этилового спирта и эфиров.

Рапсовое масло, этиловый спирт и эфиры характеризуются более высокой активностью при горении по сравнению с традиционным нефтяным (основным) топливом. Связано это с тем, что в условиях высоких температур происходит их диссоциация, что в свою очередь приводит к образованию активных гидроксильных, карбоксильных, гидроксо-карбоксильных и углеводородных радикалов, облегчающих начало цепных реакций и активизирующих весь процесс горения топливовоздушной смеси. Благодаря этому горение протекает более устойчиво, а предел воспламенения топливовоздушной смеси смещается в сторону обеднённой области [Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. / Пер. с англ. Г.Л. Агафонова. Под ред. П.А. Власова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 352 с]. Вследствие более высокой химической активности радикалов и наличие O_2 , препятствующего возникновению условий для крекинга, способствует снижению эмиссии CO , CO_2 , C_xH_y , NO_x и С при сгорании масел, спиртов и эфиров в сравнении с традиционным (основным) топливом, что в свою очередь улучшает экологические и позволяет сохранить мощностные и экономические показатели работы дизеля [Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени: Пер. с англ./Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981. - 407 с., ил.; Ассад М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчёт, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязьков. - Минск: Беларус. навука, 2010. - 305 с.].

Проведен комплекс исследований по определению эмиссии CO , CO_2 , C_xH_y , NO_x , С с отработавшими газами дизеля (экологических показателей) при его работе по внешней скоростной характеристике (далее - ВСХ) на чистом дизельном топливе (далее - ДТ)Э с добавками рапсового масла (далее - РМ) в количестве 20% и 45% по массе [Черемисинов П.Н. Увеличение предела применимости альтернативных топ-

лив с добавками рапсового масла в автотракторных дизелях: дис. канд. техн. наук; 05.04.02/ Черемисинов Павел Николаевич. - М. 2019. - 133 с.], этилового спирта (далее - Э) в количестве 20% и 40% по массе [Смольников М.В. Улучшение показателей применяемости альтернативных топлив с добавками этанола в автотракторных дизелях: дис. канд. техн. наук; 05.04.02/ Смольников Михаил Владимирович. - М. 2020. - 173 с.] и диметилового эфира (ДМЭ) в количестве 20% и 30% по массе [Гвоздев А.М. Улучшение экологических характеристик дизеля путем добавки диметилового эфира к топливу: дис. канд. техн. наук; 05.04.02/ Гвоздев Алексей Михайлович. - М. 2007. - 149 с.] путём его предварительного смешивания с ДТ до получения единой смеси и последующей заправки в топливный бак.

Результаты экспериментальных исследований по определению эмиссии CO, CO₂, C_xH_y, NO_x, C с отработавшими газами дизеля представлены в табл. 1.

Анализ табл. 1 показал, что при добавлении к основному топливу рапсового масла, этилового спирта и эфиров приводило к снижению эмиссии CO, CO₂, C_xH_y, NO_x и C, что в свою очередь улучшало экологические показатели работы дизеля.

Проведен комплекс исследований по определению эмиссии CO, CO₂, C_xH_y, NO_x, C с отработавшими газами дизеля (экологических показателей) при его работе по внешней скоростной характеристике (ВСХ) на чистом ДТ с добавками РМ в количестве 10% и 20% по массе, Э в количестве 15% и 20% по массе и метиловом эфире рапсового масла (далее - МЭРМ) в количестве 10% и 20% по массе, подаваемые в цилиндры при помощи двойной системы топливоподачи [Копчиков В.Н. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле и метиловом эфире рапсового масла с двойной системой топливоподачи путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах: дис. канд. техн. наук; 05.04.02/ Копчиков Виктор Николаевич. - М. 2017. - 175 с.; Арасланов М.И. Исследование показателей рабочего процесса быстроходного тракторного дизеля при работе на этаноле и рапсовом масле: дис. канд. техн. наук; 05.04.02/ Арасланов М.И. - М. 2021. - 181 с.].

Результаты экспериментальных исследований по определению эмиссии CO, CO₂, C_xH_y, NO_x, C с отработавшими газами дизеля представлены в табл. 2.

Анализ табл. 2 показал, что при использовании двойной системы топливоподачи рапсового масла, этилового спирта и эфиров приводило к снижению эмиссии CO, CO₂, C_xH_y, NO_x и C, что в свою очередь улучшало экологические показатели работы дизеля.

Способ осуществляется следующим образом. Предварительно взятые по массе количества ДТ, рапсового масла, эфира смешиваются в специальной таре до получения единой смеси и после этого производится заправка топливного бака дизеля. Также рапсовое масло, этиловый спирт и эфиры можно подавать в камеры сгорания дизеля при помощи двойной системы топливоподачи, состоящей из двух систем топливоподачи основной для подачи ДТ и вспомогательной для подачи рапсового масла, этилового спирта и эфиров. Обе эти системы работают параллельно друг другу, т.е. основная система топливоподачи осуществляет подачу ДТ, а вспомогательная подачу рапсового масла, этилового спирта и эфиров.

При совместной подаче ДТ, рапсового масла, этилового спирта и эфиров путём добавления последних в топливный бак к основному топливу с получением единой смеси, в камеры сгорания дизеля при помощи двойной системы топливоподачи, работающей параллельно с основной, происходит снижение эмиссии CO, CO₂, C_xH_y, NO_x и C с отработавшими газами дизеля, что в свою очередь позволит улучшить экологические показатели за счёт интенсификации химических реакций процесса горения топливо-воздушной смеси, снижения температуры горения и отработавших газов, а также наличием в альтернативном топливе O₂. В результате совместной подачи ДТ, рапсового масла, этилового спирта и эфиров не ухудшает процессы смесеобразования, фракционирования и турбулизации заряда, что приводит к сохранению мощностных показателей работы дизеля.

Технико-экономическое обоснование предлагаемого изобретения заключается в улучшении экологических и сохранении мощностных показателей работы дизеля.

Промышленная применимость данного способа заключается в возможности улучшить экологические показатели работы дизеля путём предварительного смешивания рапсового масла, этилового спирта и эфиров до получения единой смеси и подаче ее посредством двойной системы топливоподачи во впускной трубопровод раздельно или совместно с дизельным топливом, а также подаче в камеры сгорания дизеля дизельного топлива или единой смеси дизельного топлива, рапсового масла, этилового спирта и эфиров.

Дизель, в котором применён данный способ улучшения экологических показателей работы конструктивно не отличается от серийных дизелей, поэтому при конструктивных доработках, связанных с использованием предлагаемого технического решения может быть промышленно применен во всех конструкциях дизельных двигателей с использованием любых углеводородных топлив.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований экологических показателей работы дизеля при заправке в топливный бак

Параметр	Значения						
	ДТ100%	ДТ80% +20РМ%	ДТ55% +45%РМ	ДТ80% +20%Э	ДТ60% +40%Э	ДТ80% +20%ДМЭ	ДТ70% +30%ДМЭ
CO, %	0,10	0,095	0,081	0,09	0,08	0,092	0,082
CO ₂ , %	12	11,6	10,1	11	10	9,8	9
C _x H _y , ppm	70	50	20	40	10	30	21
NO _x , ppm	1500	1300	800	1000	700	900	600
C, %	35	28	14	20	15	15	14

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований экологических показателей работы дизеля при использовании двойной системы топливоподачи

Параметр	Значения						
	ДТ100%	ДТ90% +10РМ%	ДТ80% +20%РМ	ДТ75% +15%Э	ДТ80% +20%Э	ДТ90% +10%МЭРМ	ДТ80% +20%МЭРМ
CO, %	0,090	0,085	0,081	0,081	0,075	0,094	0,072
CO ₂ , %	10	9,6	8,1	10	9	8,8	8
C _x H _y , ppm	60	50	25	30	20	28	24
NO _x , ppm	1400	1310	900	1100	800	950	700
C, %	32	29	19	21	18	16	15

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ улучшения экологических показателей работы дизеля, состоящего из системы питания, включающей топливный бак, топливопроводы, топливные фильтры, систему топливоподачи, впускной коллектор, камеры сгорания, заключающийся в том, что предварительно смешивают рапсовое масло, этиловый спирт и эфиры до получения единой смеси и подают посредством двойной системы топливоподачи во впускной трубопровод отдельно или совместно с дизельным топливом, а также в камеры сгорания дизеля подают дизельное топливо или единую смесь дизельного топлива, рапсового масла, этилового спирта и эфиров.

