

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036914**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2021.01.14**

**(21)** Номер заявки  
**201800230**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2016.10.05**

**(51)** Int. Cl. **F02D 15/04** (2006.01)  
**F02B 75/04** (2006.01)  
**F02B 3/12** (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ МИНИМИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ И ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ**

---

**(31)** 1500404-7

**(32)** 2015.10.07

**(33)** SE

**(43)** 2018.09.28

**(86)** PCT/SE2016/000051

**(87)** WO 2017/061917 2017.04.13

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ГЕДМАН ЭРИКССОН ПАТЕНТ АВ**  
**(SE)**

**(72)** Изобретатель:  
**Гедман Матс (SE)**

**(74)** Представитель:  
**Линник Л.Н., Забегасва У.Г. (RU)**

**(56)** SE-C2-504359

"VARIABLE-COMPRESSION-RATIO ENGINE WITH NONTHROTTLED LOAD CONTROL" In Research Disclosure, 1992 (March), Vol. 2244, No. 335, pp. 206-208, ISSN 0374-4353; whole document; PAJ-abstract

JP-A-2005220849

US-A1-20030097998

US-A-4240392

EP-A1-2336521

DE-A1-2937619

FR-A1-2440471

**(57)** Изобретение относится к способу минимизации выбросов NOx при изменении нагрузки на двигатель в четырехтактном дизельном двигателе, содержащем по меньшей мере один цилиндр с головкой цилиндра (1), первый поршень (2) с возвратно-поступательным движением, установленный на шатуне (3), один привод (4), установленный на головке цилиндра, и один второй поршень (5), приводимый в действие приводом и выполненный с возможностью быть заблокированным посредством гидравлического контура (6) в различных положениях в камере сгорания (7), по меньшей мере один из имеющихся на головке цилиндра выпускных клапанов (8) для эвакуации выхлопного газа, по меньшей мере один существующий на головке цилиндра свободно управляемый впускной клапан (10) для подачи воздуха для сгорания, по меньшей мере один присоединённый к камере сгорания (7) инжектор (9) для впрыска топлива в данную камеру. Способ отличается тем, что самое позднее во время текущего такта сжатия второй поршень (5) приводят в действие приводом (4) и блокируют гидравлическим контуром (6) в таком положении в камере сгорания (7), в котором вводимый первым поршнем (2) воздух сжат с заданной степенью сжатия для соответствия существующей нагрузке на двигатель, при этом свободно управляемый входной клапан (10) приводят в действие для окончания такта впуска при таком положении поршня, при котором объем воздуха для сгорания, введенный в конце такта сжатия, даёт заданную степень сжатия, а инжектор (9) впрыскивает установленное количество топлива.

**036914 B1**

**036914 B1**

### **Область техники**

Изобретение относится к дизельным двигателям, в которых выбросы в виде оксидов азота (NOx) представляют собой большую проблему.

Обычный 4-тактный дизельный двигатель с так называемым качественным сгоранием вызывает образование высокого содержания NOx.

### **Уровень техники**

В двигателе внутреннего сгорания поршень перемещается между двумя положениями, верхней и нижней точками поворота. За тактом впуска следует такт сжатия, за которым следует рабочий такт, который, в свою очередь, сопровождается тактом выхлопа, заканчивающим процедуру, так сказать стандартная 4-тактная процедура. В обычном дизельном двигателе впускной и выпускной клапаны открываются с использованием распределительного вала. Кроме того, соотношение между объемом цилиндра и объемом камеры сгорания, коэффициент сжатия, является постоянным, например, 16:1, или 17:1, или иным. Высокая степень сжатия обеспечивает высокую эффективность.

Проблема, которая должна быть решена в нынешних дизельных двигателях, заключается в снижении содержания NOx, который является результатом смеси кислорода и азота в воздухе, и быстро растет с повышением температуры сгорания. Сгорание при высоких температурах снижает как содержание HC, так и содержание CO, а также образование частиц и способствует уменьшению количества потребления топлива. С другой стороны, наблюдается увеличение содержания NOx, которое нежелательно из-за рисков для здоровья, связанных с вдыханием, особенно вблизи городского транспорта.

Известно, что NOx образуется при высоких температурах и в условиях обеднения топливной смеси, т.е. небольшого количества топлива и большого количества воздуха, так называемого избытка воздуха.

Дизельные двигатели используют так называемый качественный принцип регулирования сгорания, что означает, что в принципе одинаковый объем воздуха цикл за циклом подвергается сжатию, а различные потребности в мощности обеспечиваются впрыском различного количества топлива. В результате этого часто условия большего или меньшего обеднения возникают при большем или меньшем избытке воздуха, что приводит к образованию большего или меньшего NOx. Качественный принцип регулирования сгорания, таким образом, формирует различные концентрации NOx в выхлопных газах в зависимости от текущей нагрузки двигателя, и именно это затрудняет поиск способа непрерывного снижения содержания NOx. Проблема может быть сведена к тому, что качественный принцип регулирования сгорания приводит к различной степени избытка воздуха и сопровождающему образованию NOx, который сегодня часто пытаются уменьшить путем так называемой рециркуляции EGR (рециркуляция выхлопных газов) рециркуляции охлажденных выхлопных газов к входу.

### **Задача изобретения**

Основной задачей изобретения является создать дизельный двигатель, который при любой степени нагрузки на двигатель имеет высокую эффективность и в то же время генерирует значительно меньше NOx по сравнению с существующими дизельными двигателями.

Эта задача решается изобретением, которое характеризуется признаками, приведенными ниже в формуле изобретения.

Принцип сгорания, в котором количество топлива при изменении нагрузки на двигатель постоянно в среднем адаптируется по отношению к количеству воздуха - так называемый количественный принцип регулирования сгорания - будет цикл за циклом давать каждой степени сжатия такую же эффективную степень сжатия. Это минимизирует количество NOx одновременно с достижением высокой эффективности двигателя при всех нагрузках на двигатель.

### **Сущность изобретения**

Решение задачи и сущность изобретения.

Количество сжатого воздуха может непрерывно цикл за циклом во время меняющихся нагрузок на двигатель быть адаптировано к количеству топлива, которое производит минимальное количество NOx в выхлопных газах. Это делается для того, чтобы при каждой нагрузке на двигатель выбранное количество воздуха цикл за циклом сжималось, по существу, до одного и того же конечного давления. Это стало возможным благодаря тому, что камера сгорания, в которой воздух сжимается, изменяется с использованием системы управления двигателем в отношении этого выбранного количества воздуха, в зависимости от потребности в мощности/нагрузке на двигатель, и который загружается во время такта впуска через свободно управляемые клапаны, которые остаются открытыми в течение промежутка времени, выбранного системой управления двигателем. После сжатия впрыскивается количество топлива, которое производит минимум NOx. Масса топлива, обеспечивающая минимальное количество NOx по отношению к массе сжатого воздуха, в соответствии с изобретением, в принципе, будет одинаковой цикл за циклом, не зависящей от текущей нагрузки двигателя. Оставшийся в выхлопных газах процент NOx становится практически неизменным, что облегчает возможную необходимость найти подходящий метод для любого последующего воздействия.

Со свободно управляемыми клапанами в головке цилиндра, тарельчатыми клапанами, как в современных 4-тактных двигателях, а также с меняющимся объемом сжатия проблемы с NOx могут быть значительно уменьшены. Это достижимо путем избегания вышеупомянутых условий обеднения. На сего-

дняшний день можно поддерживать работу распределительных валов для управления выпускными клапанами, но впускные клапаны должны свободно управляться лишь для лучшей рабочей экономии, регулируя количество входящего воздуха. Также если и впускные клапаны управляются, как это делается сегодня, посредством распределительного вала, количество воздуха на входе должно регулироваться любым типом воздушного ограничителя, который, однако, не будет использовать весь потенциал для настоящего высокой эффективности.

Свободно управляемые пневматические клапаны, которые являются предпочтительными, открываются с использованием сжатого газа, предпочтительно воздуха. Воздух сжимается компрессором до давления, способного стабилизировать открытые клапаны (см. патент SE 535886 C2, SE 1100435 A1). Но также могут использоваться и другие методы для свободно управляемых клапанов, такие как гидравлические или электромагнитные клапаны. Меняющееся сжатие может быть достигнуто по-разному. И это поддерживает метод, в котором данное пространство в поршне, так называемая поршневая полость, можно сказать, переносится на головку цилиндра и называется камерой сгорания, объем которой варьируется, например, в соответствии с принципом вышеупомянутых патентов. Это проиллюстрировано ниже при описании предпочтительного варианта осуществления.

Таким образом, как упомянуто выше, задачей изобретения является создать дизельный двигатель, который при любых нагрузках/мощности двигателя имеет высокую эффективность и в то же время генерирует ощутимо меньше NOx, чем сегодняшние дизельные двигатели.

Через управление временем открытия впускного клапана по отношению к объему камеры сгорания в головке цилиндра или, по-другому говоря, посредством контроля объема камеры сгорания по отношению к времени открытия впускных клапанов определенная степень сжатия для указанного двигателя может поддерживаться при различных нагрузках на двигатель, одновременно с тем, что масса впрыскиваемого топлива адаптируется и направляется на минимизацию NOx, т.е. избегаются упомянутые условия обеднения. Это дает одновременно высокое давление сгорания, высокие температуры сгорания и высокую эффективность. Если объем камеры сгорания должен быть изменен, чтобы адаптироваться к новой нагрузке на двигатель, это изменение, что оптимально для минимизации NOx, может происходить самое позднее во время такта сжатия после последнего измененного времени открытия впускных клапанов во время предыдущего такта впуска, а как вариант, во время предыдущего такта выхлопа. Преобразование от частичной к максимальной нагрузке двигателя может преимущественно выполняться в ходе сгорания при наличии высокого давления в цилиндре.

Если для данного объема цилиндра степень сжатия равна, например, 16:1, и впускные клапаны в принципе открыты в течение всего такта впуска, и масса впрыснутого топлива в камере сгорания приспособлена для минимизации NOx. Если затем для снижения мощности двигателя вдвое меньше воздуха для горения во время такта впуска через впускные клапаны системы управления двигателем запрашивается для того, чтобы закрыть раньше, в принципе на полпути во время такта впуска для сжигания объема камеры в головке цилиндра следует значительно уменьшить, в принципе вдвое, чтобы степень сжатия в принципе сохранялась, в то время как будет задействовано вдвое меньше топлива. Результатом является высокая температура сгорания, высокое давление сгорания, а также заметно увеличенная эффективность за счет рабочего такта, который будет длиннее, чем такт впуска, так называемый цикл Миллера. 50%-ное уменьшение размера камеры сгорания может быть выполнено за один или несколько отдельных циклов. Размер камеры сгорания, который постоянно регулируется с учетом степени сжатия, является наименьшим на холостом ходу и наибольшим при максимальной нагрузке на двигатель, которая может включать в себя перезарядку через, например, выхлопную турбину. В качестве альтернативы можно при низкой нагрузке, например на холостом ходу, чередовать с так называемым отключением цилиндра, где не используются запорные цилиндры для обеспечения большей мощности для поддержания работы двигателя.

Даже если управление впускными клапанами обеспечивает хорошую точность подачи системой управления двигателя установленной массы воздуха, так называемый воздушный манометр может преимущественно использоваться для безопасного достижения количества воздуха и для расчета массы топлива, которое должно быть впрыснуто в камеру сгорания на данной основе.

Изобретение будет сейчас описано в связи с прилагаемыми чертежами, показывающими предпочтительные примеры, при этом

на фиг. 1 схематически представлено поперечное сечение верхней части цилиндра двигателя с поршнем в его верхнем режиме хода при низкой нагрузке,

на фиг. 2 - поперечное сечение верхней части цилиндра двигателя с поршнем в его верхнем режиме хода при максимальной нагрузке, а

на фиг. 3 - поперечное сечение верхней части цилиндра двигателя с поршнем в его верхнем режиме хода при средней нагрузке.

На фиг. 1 схематически представлено поперечное сечение верхней части цилиндра двигателя с головкой цилиндра, где объем камеры сгорания приспособлен для небольшой нагрузки двигателя и поршнем двигателя в его верхнем режиме хода после такта сжатия. В принципе, весь воздух, который был загружен в такте впуска, заблокирован в указанном объеме.

На фиг. 2 схематически изображено поперечное сечение верхней части цилиндра двигателя с головкой цилиндра, где объем камеры сгорания приспособлен для максимальной нагрузки на двигатель, а поршень двигателя находится в верхнем режиме хода после такта сжатия. В общем, весь воздух от такта впуска блокируется в вышеупомянутом объеме.

На фиг. 3 схематически изображено поперечное сечение верхней части цилиндра двигателя с головкой цилиндра, где объем камеры сгорания подходит для средней нагрузки двигателя и поршня двигателя в его верхнем режиме хода после такта сжатия. В общем, весь воздух от такта впуска блокируется в вышеупомянутом объеме.

Цилиндр двигателя с головкой цилиндра 1 с поршнем 2, установленным на шатуне 3, показан на фиг. 1. Привод 4, как таковой, показан как приводится в исполнение в патентах (SE 535886 C2, SE 1100435 A1). Клапан двигателя в соответствии с вышеупомянутым патентом был заменен поршнем 5, который может перемещаться в камере сгорания 7. Поршень 5 может посредством сигнала из системы управления двигателем, не показанной здесь, управляться, чтобы принимать различные положения в камере сгорания и, таким образом, изменять объем части ниже поршня, где имеет место значительная часть сгорания, когда топливо впрыскивается через инжектор 9. Различные режимы блокируются гидравлическим контуром 6, описанным в указанном патенте. Выпускной клапан 8 управляется посредством распределительного вала или привода, как, например, в указанном патенте, показанном символически, а также впускной клапан 10, который преимущественно, но не обязательно, открывается и закрывается приводом по сигналу от системы управления двигателем с функцией, в соответствии с вышеупомянутыми патентами. Расходомер воздуха 11 предназначен для измерения количества подачи воздуха на такте впуска через впускной клапан 10. Поршень 2 показан в его верхнем режиме хода, когда ему не должно быть позволено достичь механического контакта с замком цилиндра, включая тарельчатые клапаны 8, 10.

На фиг. 2 показан поршень 5 в его верхнем положении, где камера сгорания максимальна и двигатель может, но необязательно, загружаться до максимума. В настоящее время большая или меньшая нагрузка на двигатель может заряжаться в зависимости от того, сколько топлива впрыскивается, и в данном случае на сегодняшний день с более высокими выбросами выхлопных газов. Однако это может быть преимущественно при небольшой выемке в поршне, где расположена полость поршня, т.е. в середине камеры сгорания.

На фиг. 3 схематически изображено поперечное сечение верхней части цилиндра двигателя с головкой цилиндра, где объем камеры сгорания подходит для средней нагрузки двигателя и поршня двигателя в его верхнем режиме хода после такта сжатия. В основном весь воздух от такта впуска заблокирован в вышеупомянутом объеме. Интересный режим привода, когда, например, водитель транспортного средства внезапно нажимает педаль акселератора до предела и, следовательно, вызывает максимальную мощность двигателя. Во время последующего такта расширения гидравлический контур 6, фиксирующий поршень 5 в камере сгорания 7, деактивирует, при этом плунжер в течение нескольких миллисекунд перемещается в верхнее положение, показанное на фиг. 2, и в то же время свободный рабочий впускной клапан 5 на последующем такте входа будет держаться открытым для максимальной подачи воздуха. В конце сжатия впрыскивается соответствующее количество топлива для минимизации NOx. Указанные действия управляются системой управления двигателем.

Следует отметить, что современная компьютеризированная система управления двигателем понятна, и поэтому здесь не нужно упоминать, как достичь открытия и закрытия свободных клапанов и позиционирования поршня 5 в камере сгорания 7 и что впрыск топлива через инжектор 9 управляется системой управления двигателем, которая также соединена с необходимыми датчиками и зондами.

Следует сказать, что сгорание не будет полностью происходить в камере сгорания, соответственно имеющейся поршневой полости, с той разницей, что её размер может меняться в зависимости от того, сколько воздуха вводится на такте впуска. Сгорание прекращается после того, как поршень 2 покидает своё верхнее положение в процессе хода, и давление расширяющихся выхлопных газов действует на всю поверхность поршня. Данные варианты и время открытия впускного клапана на такте впуска, устанавливаемые системой управления двигателем, подразумеваются, что существуют и без того, чтобы быть показанными на чертежах или иным образом быть подробно описанными.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ минимизации выбросов NOx при изменении нагрузки на двигатель в четырехтактном дизельном двигателе, содержащем по меньшей мере один цилиндр с головкой цилиндра (1), первый поршень (2) с возвратно-поступательным движением, установленный на шатуне (3), один привод (4), установленный на головке цилиндра, и один второй поршень (5), приводимый в действие приводом и выполненный с возможностью быть заблокированным посредством гидравлического контура (6) в различных положениях в камере сгорания (7), по меньшей мере один из имеющихся на головке цилиндра выпускных клапанов (8) для эвакуации выхлопного газа, по меньшей мере один имеющийся на головке цилиндра свободно управляемый впускной клапан (10) для подачи воздуха для сгорания, по меньшей мере один

присоединённый к камере сгорания (7) инжектор (9) для впрыска топлива в данную камеру, отличающийся тем, что самое позднее во время такта сжатия текущего цикла второй поршень (5) приводят в действие приводом (4) и блокируют гидравлическим контуром (6) в таком положении в камере сгорания (7), в котором воздух, вводимый через впускной клапан (10), сжат с заданной степенью сжатия для соответствия существующей нагрузке на двигатель, при этом свободно управляемый впускной клапан (10) приводят в действие для окончания такта впуска при таком положении поршня, при котором объем воздуха для сгорания, введенного в конце такта сжатия, даёт заданную степень сжатия, а инжектор (9) впрыскивает установленное количество топлива.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что количество топлива, которое должно быть установлено, основано на результатах измерения расходомера воздуха (11).

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что второй поршень (5) приводят в измененное положение в камере сгорания (7) самое позднее во время такта сжатия после изменения времени открытия для впускных клапанов во время предыдущего такта впуска.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что второй поршень (5) приводят в измененное положение в камере сгорания (7) не позднее, чем во время предыдущего такта выхлопа.

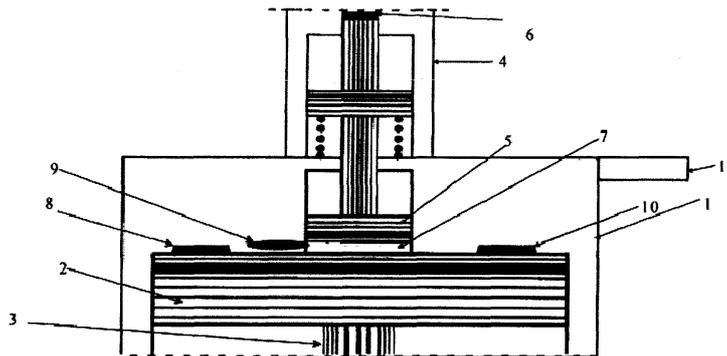
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что при выполнении рабочих тактов происходит переход от частичной к максимальной нагрузке на двигатель.

6. Четырехтактный дизельный двигатель, содержащий по меньшей мере один цилиндр с головкой цилиндра (1), первый поршень (2) с возвратно-поступательным движением, установленный на шатуне (3), один привод (4), установленный на головке цилиндра, один второй поршень (5), приводимый в действие приводом и выполненный с возможностью перемещаться в камере сгорания (7), по меньшей мере один из имеющихся на головке цилиндра выпускных клапанов (8) для эвакуации выхлопных газов, по меньшей мере один имеющийся на головке цилиндра свободно управляемый впускной клапан (10) для подачи воздуха для сгорания; по меньшей мере один присоединенный к камере сгорания (7) инжектор (9) для впрыска топлива в данную камеру, отличающийся тем, что дизельный двигатель дополнительно содержит гидравлический контур (6), сконфигурированный так, чтобы блокировать второй поршень (5) в различных положениях в упомянутой камере сгорания (7), и систему управления двигателем, сконфигурированную, чтобы выполнять управление следующим образом:

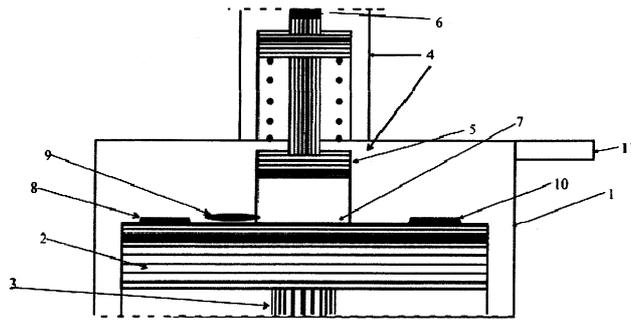
самое позднее во время такта сжатия текущего цикла приводить в действие второй поршень (5) приводом и посредством гидравлического контура (6) блокировать второй поршень (5) в таком положении в камере сгорания (7), чтобы вводимый через впускной клапан (10) воздух был сжат с заданной степенью сжатия для соответствия существующей нагрузке на двигатель,

активировать свободно управляемый впускной клапан (10), чтобы завершить такт впуска при таком положении поршня, в котором объем воздуха для сгорания, введенного в конце такта сжатия, обеспечивает заданную степень сжатия, и

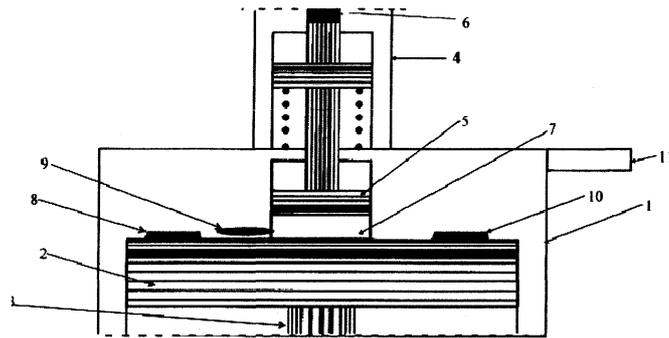
управлять инжектором (9) для впрыска установленного количества топлива.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

