



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F02D 35/027 (2019.05); F02D 41/0025 (2019.05); F02D 41/0065 (2019.05); F02D 41/0072 (2019.05); F02D 41/144 (2019.05); F02M 25/0227 (2019.05); F02M 25/028 (2019.05); F02M 25/03 (2019.05); F02M 35/1038 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2017142398, 05.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.12.2017

Дата регистрации:
11.10.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
19.12.2016 US 15/384,204

(43) Дата публикации заявки: 06.06.2019 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 11.10.2019 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, а/я 128, "АРС-ПАТЕНТ", М.В. Хмара

(72) Автор(ы):

МАККУИЛЛЕН, Майкл (US),
МАКЛЕД, Дэниэл А. (US),
ХАКИМ, Моханнад (US),
СУРНИЛЛА, Гопичандра (US),
УЛРЕЙ, Джозеф Норман (US),
ШЕЛБИ, Майкл Говард (US)

(73) Патентообладатель(и):

Форд Глобал Текнолоджиз, ЛЛК (US)

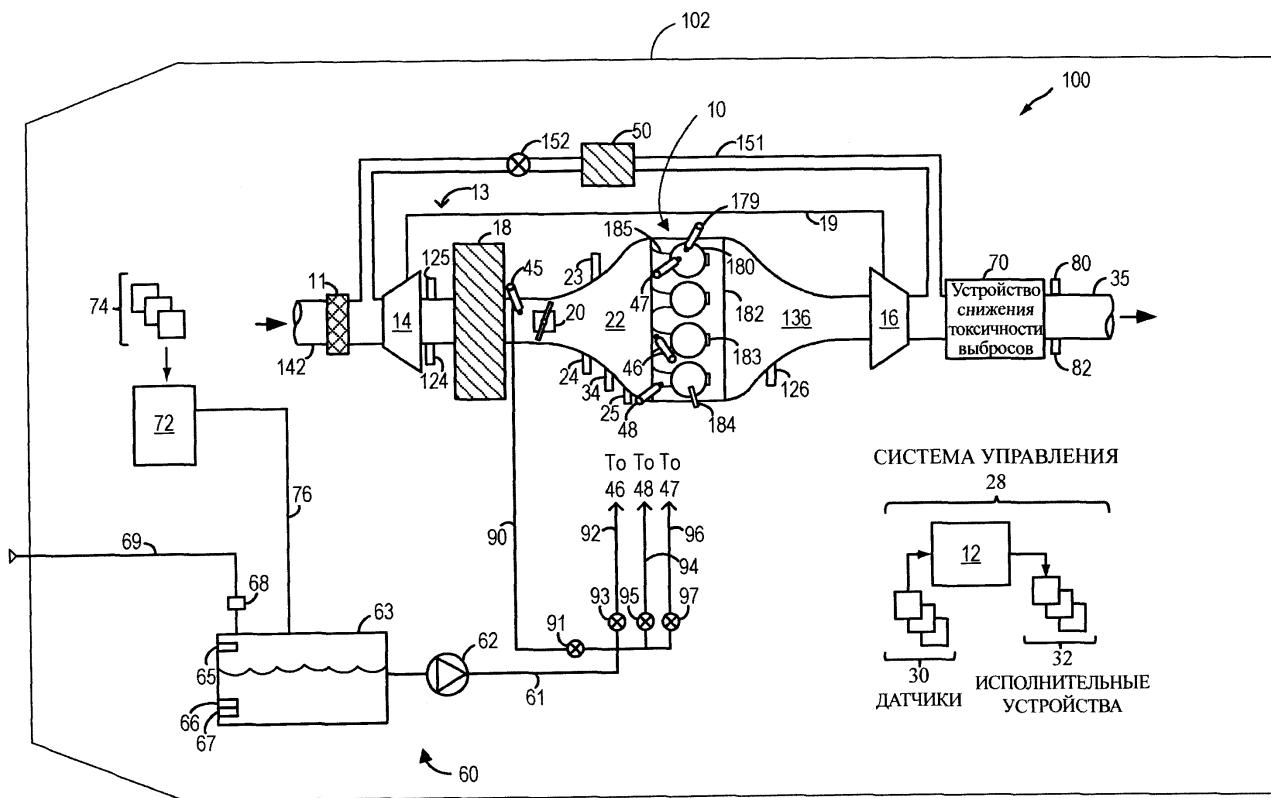
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 152359 U1, 27.05.2015. RU 2338914
C2, 20.11.2008. US 20120260886 A1, 18.10.2012.
US 20130035841 A1, 07.02.2013.

(54) СПОСОБ (ВАРИАНТЫ) РЕГУЛИРОВАНИЯ ВПРЫСКА ВОДЫ В ДВИГАТЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в двигателях внутреннего сгорания. Предложены способы впрыска воды во впускном тракте двигателя в сторону впускных клапанов или в сторону от них в зависимости от параметров работы двигателя. В одном примере способ может предусматривать впрыск воды во впускной тракт в сторону от впускного клапана в ответ на детонацию в двигателе и впрыск воды во впускной тракт в сторону впускного клапана в

ответ на запрос разбавления в двигателе. Способ может также предусматривать регулирование количества впрыскиваемой воды в зависимости от изменения температуры в коллекторе и/или изменения уровня кислорода в отработавших газах. Изобретение позволяет достигнуть лучших показателей работы двигателя за счет оптимизации конструкции и регулирования системы впрыска воды в двигатель. 3 н. и 15 з.п. ф-лы, 8 ил.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

F02D 19/12 (2006.01)*F02B 47/02* (2006.01)*F02M 25/028* (2006.01)*F02M 25/03* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

F02D 35/027 (2019.05); *F02D 41/0025* (2019.05); *F02D 41/0065* (2019.05); *F02D 41/0072* (2019.05); *F02D 41/144* (2019.05); *F02M 25/0227* (2019.05); *F02M 25/028* (2019.05); *F02M 25/03* (2019.05); *F02M 35/1038* (2019.05)

(21)(22) Application: **2017142398, 05.12.2017**

(24) Effective date for property rights:
05.12.2017

Registration date:
11.10.2019

Priority:

(30) Convention priority:
19.12.2016 US 15/384,204

(43) Application published: **06.06.2019 Bull. № 16**(45) Date of publication: **11.10.2019 Bull. № 29**

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, a/ya 128, "ARS-
PATENT", M.V. Khmara**

(72) Inventor(s):

**MCQUILLEN, Michael (US),
MAKLED, Daniel A. (US),
HAKEEM, Mohannad (US),
SURNILLA, Gopichandra (US),
ULREY, Joseph Norman (US),
SHELBY, Michael Howard (US)**

(73) Proprietor(s):

Ford Global Technologies, LLC (US)

(54) **METHOD (EMBODIMENTS) FOR CONTROLLING INJECTION OF WATER INTO ENGINE**

(57) Abstract:

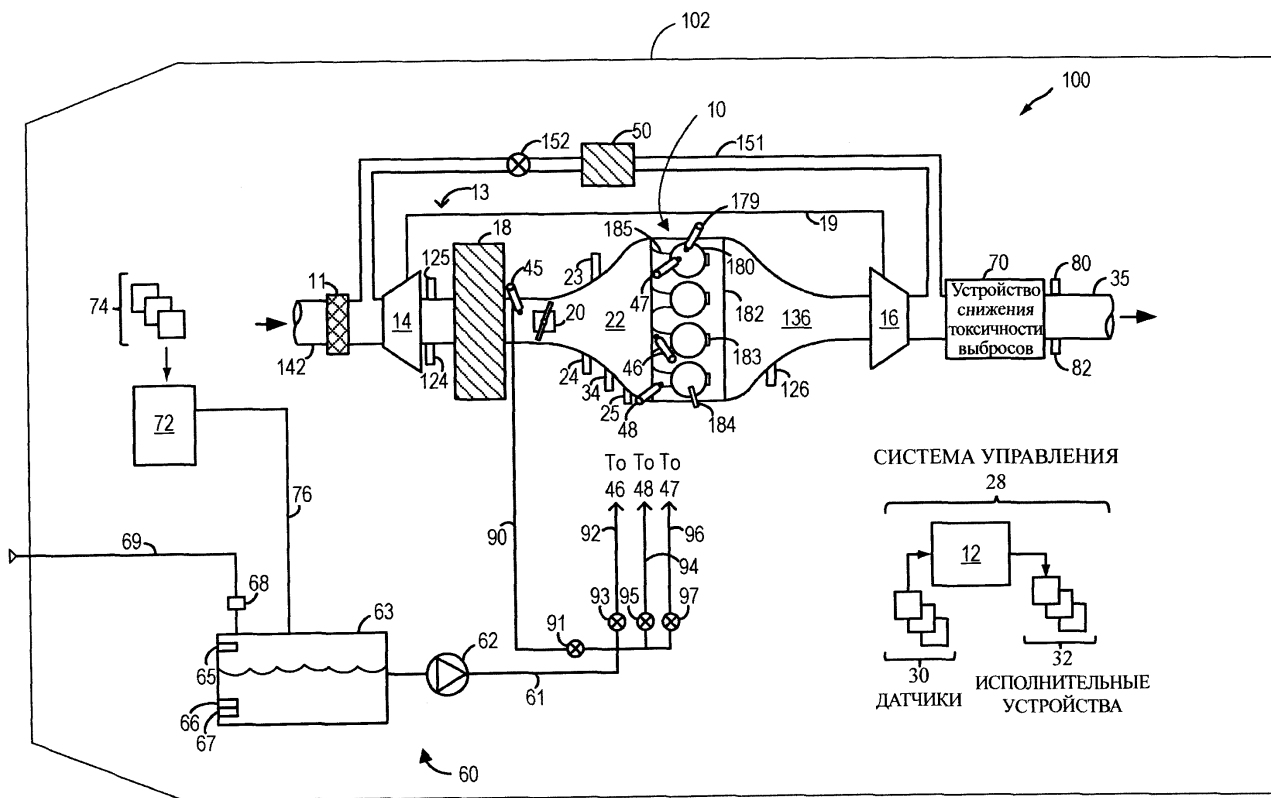
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention can be used in the internal combustion engines. Disclosed are methods of water injection in the inlet engine path towards inlet valves or aside from them depending on engine operation parameters. In one example, the method may include injecting water into the inlet path from the inlet valve in response to detonation in the engine and injecting water into the inlet path towards the inlet valve in

response to the dilution request in the engine. Method may also include control of amount of injected water depending on temperature change in collector and/or change of level of oxygen in exhaust gases.

EFFECT: invention allows to achieve the best performance of the engine due to optimized design and regulation of the water injection system.

18 cl, 8 dwg



ФИГ. 1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее описание, в целом, относится к способам и системам для впрыска воды в двигатель в зависимости от потребностей двигателя в разбавлении и охлаждении.

Уровень техники и раскрытие изобретения

5 Двигатели внутреннего сгорания могут содержать системы впрыска воды, осуществляющие впрыск воды из накопительного бака во множество мест, в том числе впускной коллектор, выше по потоку от цилиндров двигателя или непосредственно в цилиндры двигателя. Впрыск воды во впускной воздух двигателя позволяет повысить топливную экономичности и эксплуатационные характеристики двигателя, а также
10 сократить выбросы от двигателя. При впрыске воды во впускной воздух или цилиндры двигателя происходит передача тепла от впускного воздуха и/или компонентов двигателя воде. Данная передача тепла приводит к испарению, результатом которого является охлаждение. Впрыск воды во впускной воздух (например, во впускном коллекторе, впускных трактах и т.п.) понижает как температуру впускного воздуха, так и
15 температуру сгорания в цилиндрах двигателя.

Охлаждение заряда впускного воздуха позволяет снизить вероятность детонации без обогащения воздушно-топливного отношения сжигаемой смеси. Это также обеспечивает возможность повышения степени сжатия, изменения момента зажигания в сторону опережения и снижения температуры отработавших газов. В результате,
20 возрастает топливная экономичность. Кроме того, в результате роста объемной эффективности может увеличиться крутящий момент. Снижение температуры сгорания при впрыске воды позволяет сократить выбросы оксидов азота (NOx), а более эффективная топливная смесь позволяет снизить выбросы угарного газа и углеводородов.

25 Как сказано выше, воду можно впрыскивать в различные места, в том числе - во впускной коллектор, впускные тракты цилиндров двигателя или непосредственно в цилиндры двигателя. Однако авторы настоящего изобретения установили, что преимущества от впрыска воды могут быть ограничены в зависимости от места впрыска воды и параметров работы двигателя во время впрыска воды. Например, за счет
30 впрыска воды в коллектор можно осуществлять охлаждение заряда. При этом, преимущество охлаждения заряда может быть ограниченным при повышенной влажности окружающей среды. В качестве другого примера, за счет впрыска воды во впускной коллектор можно обеспечивать разбавление заряда. При этом впрыснутая вода может образовывать лужи, если ее испарение не происходит достаточно быстро,
35 что может привести к пропускам зажигания. Недостаточное использование преимуществ от впрыска воды может привести к ухудшению топливной экономичности и устойчивости двигателя.

В одном примере вышеуказанные недостатки позволяет преодолеть способ для двигателя, содержащий шаги, на которых: в первом состоянии, в ответ на запрос
40 разбавления в двигателе, впрыскивают воду во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана; и во втором состоянии, в ответ на детонацию в двигателе, впрыскивают воду во впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана. Это позволяет использовать впрыск воды во впускной тракт и для увеличения разбавления в двигателе для снижения насосных потерь, и для увеличения охлаждения заряда воздуха
45 для подавления детонации в двигателе и повышения эффективности двигателя за счет регулирования направления и момента впрыска.

Например, двигатель может быть выполнен с первой группой форсунок впускного тракта, повернутых в сторону впускного клапана, и второй группой форсунок впускного

тракта, повернутых в сторону от впускного клапана (например, в сторону впускного коллектора). В состояниях, когда сгорание в двигателе происходит на пределе детонации, например, при высоких нагрузках, воду можно впрыскивать посредством второй группы форсунок впускного тракта в момент, когда впускные клапаны открыты. В результате этого, впрыск большей части воды происходит в жидкой форме, что улучшает эффект охлаждения заряда от впрыска. Для сравнения, в состояниях, когда сгорание в двигателе происходит на пределе разбавления, например, при низких нагрузках, воду можно впрыскивать посредством первой группы форсунок впускного тракта в момент, когда вскоре должно произойти закрытие впускных клапанов, и поверхность клапана горячая. В результате происходит мгновенное испарение воды при ее попадании на указанную поверхность. Как следствие, большая часть впрыснутой воды быстро перейдет в состояние пара, что улучшает эффект разбавления заряда от впрыска воды. Кроме того, впрыск воды посредством первой группы форсунок можно измерять посредством датчиков разбавления (или концентрации) (например, O2BV), а впрыск воды посредством второй группы форсунок - посредством датчиков температуры.

Так можно обеспечить разные преимущества от впрыска воды в двигателе в определенном месте впрыска воды путем изменения направления и момента впрыска. Технический результат, достигаемый впрыском воды во впускной тракт на горячую поверхность закрытого впускного клапана, например, в момент, соответствующий НМТ такта впуска, в том же направлении, что и направление потока воздуха, состоит в возможности по существу мгновенного испарения воды. В результате, можно увеличить эффект разбавления заряда от впрыска воды, одновременно уменьшив эффект охлаждения заряда от впрыска воды. Впрыск воды во впускной тракт, когда поверхность клапана горячая, уменьшает образование луж воды и риск пропусков зажигания из-за воды. Технический результат, достигаемый за счет впрыска воды во впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана в направлении, противоположном направлению потока воздуха, состоит в том, что завихрение из-за высокой скорости потока воздуха может обеспечить преимущество, состоящее в улучшении распыления впрыснутой в воздух воды до поступления смеси воздуха и воды в цилиндр двигателя. В результате, можно увеличить эффект охлаждения заряда от впрыска воды, при этом уменьшив эффект разбавления заряда от впрыска воды. Выбор режима измерения впрыска воды в зависимости от того, какое преимущество (например, охлаждения или разбавления заряда) от впрыска воды используют, позволяет более достоверно определять и компенсировать погрешность впрыска воды. В целом, можно обеспечить преимущества от впрыска воды в более широком диапазоне работы двигателя и, тем самым, улучшить эксплуатационные показатели двигателя.

Следует понимать, что вышеприведенное краткое раскрытие изобретения служит лишь для ознакомления в простой форме с некоторыми концепциями, которые далее будут раскрыты подробно в разделе «Осуществление изобретения». Это раскрытие не предназначено для обозначения ключевых или существенных отличительных признаков заявленного объекта изобретения, объем которого однозначно определен формулой изобретения, приведенной после раздела «Осуществление изобретения». Кроме того, заявленный объект изобретения не ограничен вариантами осуществления, которые устраняют какие-либо недостатки, указанные выше или в любой другой части настоящего раскрытия.

Краткое описание чертежей

На ФИГ. 1 изображена принципиальная схема системы двигателя, содержащей систему впрыска воды.

ФИГ. 2 изображает блок-схему способа для впрыска воды в двигатель в зависимости от запрашиваемого разбавления или охлаждения в двигателе.

ФИГ. 3 изображает блок-схему способа для выбора режима для впрыска воды в зависимости от параметров работы двигателя.

5 ФИГ. 4 изображает график примеров регулировок параметров впрыска воды в зависимости от различных параметров работы двигателя.

ФИГ. 5 изображает пример диаграммы преимуществ от впрыска воды в зависимости от областей частоты вращения и нагрузки двигателя.

10 На ФИГ. 6 изображена график примеров моментов впрыска воды во впускной тракт относительно положения впускного клапана в рабочем цикле двигателя.

ФИГ. 7 изображает пример регулировок впрыска воды для регулирования разбавления и соответствующие методики измерения воды.

ФИГ. 8 изображает пример регулировок впрыска воды для борьбы с детонацией и соответствующие методики измерения воды.

15 Осуществление изобретения

Нижеследующее описание относится к системам и способам для впрыска воды в выбранное место в двигателе в зависимости от параметров работы двигателя и регулирования параметров впрыска воды, а также параметров работы двигателя, в зависимости от измеренной погрешности впрыска воды. Пример системы транспортного средства, содержащей систему впрыска воды, схематически изображен на ФИГ. 1. Водяные форсунки могут быть расположены во впускном коллекторе двигателя, во впускных трактах цилиндров двигателя с ориентацией в сторону впускных клапанов, во впускных трактах с ориентацией в сторону от впускных клапанов и/или непосредственно соединены с каждым отдельным цилиндром. Контроллер двигателя 25 может быть выполнен с возможностью выполнения алгоритма управления, например алгоритмов на ФИГ. 2-3, для выбора одного или нескольких мест впрыска воды в зависимости от параметров работы двигателя для создания преимуществ охлаждения заряда воздуха, охлаждения компонентов двигателя и/или разбавления в двигателе. Контроллер может обращаться к диаграмме, например к диаграмме на ФИГ. 5, для 30 определения областей работы двигателя, в которых можно воспользоваться преимуществами от впрыска воды для повышения эффективности двигателя. Контроллер также может обращаться к примеру диаграммы на ФИГ. 6 для определения момента впрыска воды, обеспечивающего регулирование разбавления или борьбу с детонацией. Контроллер также может выбрать режим измерения впрыска воды в зависимости от 35 выбора водяной форсунки. На ФИГ. 4, 7 и 8 графически представлены примеры регулирования количества впрыскиваемой воды и места впрыска воды в зависимости от параметров работы двигателя и оценки погрешности впрыска воды в зависимости от выбора водяной форсунки. Так можно более точно определять погрешности впрыска воды и соответствующим образом компенсировать их.

40 На ФИГ. 1 изображен пример осуществления системы 60 впрыска воды и системы 100 двигателя в моторном транспортном средстве 102, показанном схематически. В изображенном варианте осуществления двигатель 10 представляет собой двигатель с наддувом, соединенный с турбонагнетателем 13, содержащим компрессор 14, приводимый от турбины 16. А именно, свежий воздух поступает по впускному каналу 45 142 в двигатель 10 через воздухоочиститель 11 и течет в компрессор 14. Компрессор может представлять собой подходящий компрессор впускного воздуха, например приводимый от мотора или приводного вала компрессор механического нагнетателя. В системе 100 двигателя компрессор показан в виде компрессора турбонагнетателя,

механически соединенного с турбиной 16 посредством вала 19, при этом турбину 16 приводят в действие расширяющиеся отработавшие газы двигателя. В одном варианте осуществления компрессор и турбина могут входить в состав турбоагнетателя с двойной улиткой. В другом варианте осуществления турбоагнетатель может представлять собой турбоагнетатель с изменяемой геометрией (ТИГ), в котором геометрию турбины активно изменяют в зависимости от частоты вращения двигателя и прочих параметров работы.

Компрессор 14 на ФИГ. 1 соединен через охладитель 18 заряда воздуха (ОЗВ) с дроссельной заслонкой 20 (например, впускным дросселем). Например, ОЗВ может представлять собой воздухо-воздушный или воздухо-жидкостный теплообменник. Дроссельная заслонка 20 соединена с впускным коллектором 22 двигателя. Заряд горячего сжатого воздуха из компрессора 14 поступает во вход ОЗВ 18, где происходит его охлаждение при прохождении через ОЗВ, и покидает последний для прохождения через дроссельную заслонку 20 во впускной коллектор 22. В варианте осуществления на ФИГ. 1 давление заряда воздуха во впускном коллекторе определяет датчик 24 давления воздуха в коллекторе (ДВК), а давление наддува - датчик 124 давления наддува. Перепускной клапан компрессора (не показан) может быть установлен последовательно между входом и выходом компрессора 14. Перепускной клапан компрессора может представлять собой нормально закрытый клапан, выполненный с возможностью открытия при определенных рабочих состояниях для сброса чрезмерного давления наддува. Например, открытие перепускного клапана компрессора может происходить в состояниях с падающей частотой вращения двигателя во избежание помпажа в компрессоре.

Впускной коллектор 22 соединен с рядом камер сгорания или цилиндров 180 через ряд впускных клапанов (не показаны) и впускных трактов 185 (например, впускных проходов). На ФИГ. 1 впускной коллектор 22 показан установленным выше по потоку от всех камер 180 сгорания двигателя 10. Датчики, например, датчик 23 температуры заряда в коллекторе (ТЗК) и датчик 125 температуры заряда воздуха (ТЗВ) могут быть установлены для определения температуры впускного воздуха в соответствующих местах во впускном канале. В некоторых примерах датчики ТЗК и ТЗВ могут представлять собой терморезисторы с возможностью определения, по их выходному сигналу, температуры впускного воздуха в канале 142. Датчик 23 ТЗК может быть расположен между дросселем 20 и впускными клапанами камер 180 сгорания. Как подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 3, выходной сигнал датчика 33 ТЗК можно контролировать до и после впрыска воды во впускной коллектор по запросу охлаждения заряда. Поскольку выдача воды во впускной коллектор приводит к охлаждению заряда, количество фактически выданной или поданной воды во впускной коллектор двигателя можно определять в зависимости от изменения ТЗК после команды осуществления впрыска воды. Количество воды, которое должно быть выдано согласно команде, может отличаться от фактически выданного количества воды из-за таких недостатков, как погрешности водяных форсунок, закупорка или загрязнение сопла водяной форсунки, неисправность соленоида водяной форсунки, неисправность клапана водяной форсунки, влияния температуры и/или давления на впрыск воды и т.п. Кроме того, количество выданной воды может быть отлично от количества воды, распыленной или перешедшей в пар в двигателе. Как раскрыто в настоящем описании, количество воды, перешедшей в пар и способствующей разбавлению заряда, можно определять по выходному сигналу датчика 34 кислорода во впускном воздухе, соединенного с впускным коллектором двигателя ниже по потоку от впускного дросселя. Датчик 125

ТЗВ может быть расположен выше по потоку от ОЗВ 18, как показано, при этом в других вариантах датчик 125 ТЗВ может быть расположен выше по потоку от компрессора 14. Затем по температуре воздуха, вместе с температурой охлаждающей жидкости двигателя (ТОЖД), можно вычислить, например, количество топлива, которое должно быть подано в двигатель. Кроме того, могут быть введены дополнительные датчики температуры, например, датчик 25 температуры охлаждающей жидкости двигателя (ТОЖД), для определения того, достаточно ли высока температура поверхности впускного коллектора и/или температура поверхности впускного клапана для впрыска воды во впускной тракт на поверхность коллектора/клапана, как подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 3. Каждая камера сгорания может дополнительно содержать датчик 183 детонации для выявления событий аномального сгорания. По выходным сигналам датчиков детонации каждой камеры 180 сгорания можно выявлять неправильное распределение воды по камерам 180 сгорания, когда воду впрыскивают выше по потоку от всех камер 180 сгорания. В других вариантах осуществления один или несколько датчиков 183 детонации могут быть соединены с выбранными местами блока цилиндров двигателя.

Камеры сгорания также соединены с выпускным коллектором 136 через ряд выпускных клапанов (не показаны). Камеры 180 сгорания покрыты головкой 182 блока цилиндров и соединены с топливными форсунками 179 (несмотря на то, что на ФИГ. 1 показана только одна топливная форсунка, каждая камера сгорания содержит соединенную с ней топливную форсунку). Топливо может поступать в топливную форсунку 179 по топливной системе (не показана), содержащей топливный бак, топливный насос и топливную рампу. Кроме того, камера 180 сгорания втягивает воду и/или водяной пар, которые могут быть впрыснуты во впускной коллектор двигателя или в сами камеры 180 сгорания множеством водяных форсунок 45-48. В изображенном варианте осуществления система впрыска воды выполнена с возможностью впрыска воды ниже по потоку от дросселя и во впускной коллектор 22 посредством форсунки 45, в один или несколько впускных трактов 185 (например, проходов) посредством форсунки 48, в сторону от одного или нескольких впускных трактов 185 (например, проходов) посредством форсунки 46 и непосредственно в одну или несколько камер 180 сгорания посредством форсунки 47. В другом варианте система впрыска воды может быть выполнена с возможностью впрыска воды в дополнительные места. Например, система впрыска воды может быть выполнена с возможностью впрыска воды выше по потоку от дросселя 20. В изображенном варианте осуществления форсунка 48 расположена во впускных трактах так, чтобы форсунка могла быть направлена под углом в сторону впускного клапана цилиндра, с которым соединен впускной тракт, и обращена к этому впускному клапану. Это обеспечивает возможность впрыска форсункой 48 воды непосредственно на впускной клапан (например, когда впускной клапан закрыт). Как подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 3, данное расположение форсунки может обеспечить возможность быстрого перехода в пар впрыснутой воды и увеличения преимущества разбавления от использования водяного пара в качестве РОГ для уменьшения насосных потерь. В отличие от нее, форсунка 46 может быть расположена под углом в сторону от впускного клапана и с возможностью впрыска воды в направлении, противоположном направлению потока впускного воздуха через впускной тракт, с возможностью направления смеси распыленной воды и воздуха в сторону открытого впускного клапана. В результате, больше впрыснутой воды может быть вовлечено в поток воздуха, что увеличивает преимущество охлаждения.

Несмотря на то, что на ФИГ. 1 показаны только одна типовая форсунка 46, форсунка 47 и форсунка 48, каждая камера 180 сгорания и впускной тракт 185 могут содержать собственную форсунку. В других вариантах осуществления система впрыска воды может содержать водяные форсунки, расположенные в одном или нескольких из этих положений. Например, двигатель может содержать только водяную форсунку 45 в одном варианте осуществления. В другом варианте двигатель может содержать каждую из водяных форсунок 45, 46 и 48 (по одной на каждый впускной тракт) и водяные форсунки 47 (по одной на каждую камеру сгорания). Подачу воды в водяные форсунки 45-48 можно осуществлять посредством системы 60 впрыска воды, подробнее раскрытой ниже.

В изображенном варианте осуществления показан одинарный выпускной коллектор 136. При этом в других вариантах осуществления выпускной коллектор может содержать множество секций выпускного коллектора. Конфигурации с множеством секций выпускного коллектора позволяют направлять отходы из разных камер сгорания в разные места в системе двигателя. Универсальный датчик 126 кислорода в отработавших газах (УДКОГ) показан соединенным с выпускным коллектором 136 выше по потоку от турбины 16. Или же вместо УДКОГ 126 можно использовать двухрежимный датчик кислорода в отработавших газах.

На ФИГ. 1 показано, что отработавшие газы из одной или нескольких секций выпускного коллектора направляют в турбину 16 для приведения ее в действие. Когда нужно снизить крутящий момент турбины, некоторая часть отработавших газов может быть направлена через перепускную заслонку (не показана) в обход турбины. Затем объединенный поток из турбины и перепускной заслонки течет через устройство 70 снижения токсичности выбросов. Как правило, одно или несколько устройств 70 снижения токсичности выбросов могут включать в себя каталитические нейтрализаторы отработавших газов, выполненные с возможностью каталитической очистки потока отработавших газов и, тем самым, уменьшения содержания в нем одного или нескольких веществ.

Все отработавшие газы из устройства 70 снижения токсичности выбросов или их часть могут быть сброшены в атмосферу через выпускной канал 35. В зависимости от параметров работы, некоторая часть отработавших газов может быть перенаправлена в канал 151 рециркуляции отработавших газов (РОГ), через охладитель 50 газов рециркуляции отработавших газов (РОГ) и клапан 152 РОГ во вход компрессора 14. Таким образом, компрессор выполнен с возможностью приема отработавших газов, отобранных из области ниже по потоку от турбины 16. Клапан 152 РОГ выполнен с возможностью открытия для пропуска регулируемого количества охлажденных отработавших газов во вход компрессора для достижения необходимых показателей в части сгорания и снижения токсичности выбросов. Таким образом, система 100 двигателя выполнена с возможностью обеспечения внешней РОГ низкого давления (НД). Вращение компрессора, наряду с относительно длинным путем потока РОГ НД в системе 100 двигателя, обеспечивают отличную гомогенизацию отработавших газов в заряде впускного воздуха. Кроме того, расположение точек отбора и смешивания газов РОГ обеспечивает эффективное охлаждение отработавших газов для увеличения массы газов РОГ, которые могут быть использованы, и улучшения показателей. В других вариантах осуществления система РОГ может представлять собой систему РОГ высокого давления, при этом канал 151 РОГ соединяет область выше по потоку от турбины 16 с областью ниже по потоку от компрессора 14. В некоторых вариантах осуществления датчик 23 ТЗК может быть расположен с возможностью определения

температуры заряда в коллекторе, в том числе воздуха и отработавших газов, рециркулирующих через канал 151 РОГ.

Датчик 34 кислорода во впускных газах выполнен с возможностью оценки содержания кислорода в свежем воздухе, поступающем во впускной коллектор. Кроме того, когда происходит течение РОГ, по изменению концентрации кислорода на датчике можно опосредованно определять количество газов РОГ и использовать его для точного регулирования потока РОГ. В изображенном примере датчик 34 кислорода расположен ниже по потоку от дросселя 20 и ниже по потоку от охладителя 118 заряда воздуха. При этом в других вариантах датчик кислорода может быть расположен выше по потоку от дросселя. Датчик 34 кислорода во впускном воздухе выполнен с возможностью оценки концентрации кислорода во впускном воздухе и опосредованного определения величины потока РОГ через двигатель по изменению концентрации кислорода во впускном воздухе после открытия клапана 152 РОГ. Датчик 34 кислорода во впускном воздухе также может служить для оценки концентрации кислорода во впускном воздухе и опосредованного определения разбавления в двигателе или изменения влажности впускного воздуха по изменению концентрации кислорода во впускном воздухе после впрыска воды во впускной коллектор.

А именно, изменение выходного сигнала датчика после открытия клапана РОГ или после впрыска воды во впускной коллектор сравнивают с опорным значением, при котором датчик работает в отсутствии РОГ или впрыска воды (нулевой точкой). По изменению (например, уменьшению) количества кислорода со времени работы без РОГ или впрыска воды можно вычислить поток РОГ или воды, подаваемый в текущий момент в двигатель. Например, после подачи опорного напряжения (V_{op}) датчику, датчик выдает ток накачки ($I_{нак}$). Изменение концентрации кислорода может быть пропорционально изменению тока накачки ($\Delta I_{нак}$), выдаваемого датчиком в присутствии РОГ или воды, относительно выходного сигнала датчика в отсутствии РОГ или воды (нулевая точка). В зависимости от отклонения оценочного потока РОГ от ожидаемого (или целевого) потока РОГ, могут быть предприняты дополнительные действия по регулированию РОГ. Аналогичным образом, как раскрыто на примере ФИГ. 3, в зависимости от отклонения оценочных разбавления в двигателе или влажности от ожидаемых разбавления в двигателе или влажности после впрыска воды, могут быть предприняты дополнительные действия по регулированию впрыска воды.

Датчик 126 кислорода в отработавших газах также выполнен с возможностью оценки содержания кислорода в отработавших газах, поступающих во впускной коллектор, которое может зависеть от воздушно-топливного отношения сжигаемой смеси, содержания спирта в топливе, а также от влажности окружающей среды. Как раскрыто на примере ФИГ. 3, в зависимости от отклонения оценочного содержания кислорода в отработавших газах от ожидаемого содержания кислорода в отработавших газах при изменении опорного напряжения датчика после впрыска воды, могут быть выполнены дополнительные действия по регулированию впрыска воды.

Следует понимать, что и датчик 34 кислорода во впускном воздухе, и УДКОГ 126 можно эксплуатировать в различных режимах в зависимости от параметров работы двигателя, а также в зависимости от физической природы оценки, выполняемой датчиком. Например, в состояниях с подачей топлива в двигатель, когда нужна оценка разбавления/РОГ, датчик кислорода во впускном воздухе можно эксплуатировать в номинальном режиме с подачей датчику (фиксированного) опорного напряжения, при этом опорное напряжение поддерживают во время измерения. В состояниях с подачей топлива в двигатель, когда нужна оценка воздушно-топливного отношения

отработавших газов, датчик кислорода в отработавших газах можно эксплуатировать в номинальном режиме с подачей датчику (фиксированного) опорного напряжения, при этом опорное напряжение поддерживают во время измерения. В одном примере опорное напряжение может составлять 450 мВ. В других состояниях, например, в состояниях без подачи топлива в двигатель (например, во время ОТЗ), когда нужна оценка влажности окружающей среды (в заряде впускного воздуха), датчик кислорода во впускном воздухе можно эксплуатировать в режиме регулируемого напряжения с изменением опорного напряжения, подаваемого датчику. В еще одном примере датчик можно эксплуатировать в режиме регулируемого напряжения, когда оценку РОГ или разбавления выполняют при включенной продувке топливных паров (из адсорбера топливной системы) или принудительной вентиляции картера (двигателя). Аналогичным образом, когда нужна оценка разбавления отработавших газов после впрыска воды, УДКОГ можно эксплуатировать в режиме регулируемого напряжения. В этом случае опорное напряжение датчика кислорода изменяют от номинального опорного напряжения 450 мВ до более высокого опорного напряжения 800 мВ (или 950 мВ) и обратно. Изменяя опорное напряжение датчика кислорода во впускном воздухе, или напряжение Нернста, датчик переводят из состояния, при котором происходит реакция углеводородов с кислородом окружающей среды на датчике, в состояние, при котором происходит диссоциация продуктов данной реакции (воды и углекислого газа).

Система 60 впрыска воды содержит водяной накопительный бак 63, водяной насос 62, систему 72 сбора и водоналивной канал 69. В вариантах осуществления, содержащих несколько форсунок, водяной канал 61 может содержать один или несколько клапанов для направления воды в разные водяные форсунки. Например, как показано на ФИГ. 1, воду, хранящуюся в водяном баке 63, подают в водяные форсунки 45-48 по общему водяному каналу 61, разветвляющейся на водяные каналы 90, 92, 94 и 96. В изображенном варианте осуществления воду из водяного канала 61 можно отводить через клапан 91 и канал 90 для подачи воды в форсунку 45, и/или через клапан 93 и канал 92 для подачи воды в форсунку 46, и/или через клапан 95 и канал 94 для подачи воды в форсунку 48, и/или через клапан 97 и канал 96 для подачи воды в форсунку 47. Кроме того, варианты осуществления с несколькими форсунками могут содержать множество датчиков 25 температуры вблизи каждой форсунки для определения температуры двигателя у одной или нескольких водяных форсунок. Водяным насосом 62 может управлять контроллер 12 для подачи воды в водяные форсунки 45-48 по каналу 61. В другом варианте система 60 впрыска воды может содержать несколько водяных насосов. Например, система 60 впрыска воды может содержать первый водяной насос 62 для перекачки воды в подгруппу форсунок (например, форсунки 45) и второй водяной насос (не показан) для перекачки воды в другую подгруппу форсунок (например, форсунки 46, 47 и/или 48). В данном примере второй водяной насос может представлять собой водяной насос более высокого давления, а первый водяной насос - водяной насос относительно низкого давления. Кроме того, система впрыска может содержать самовытеснительный поршневой насос с возможностью выполнения и перекачки под высоким давлением, и впрыска. Например, одна или несколько форсунок могут содержать самовытеснительный поршневой насос или быть соединены с ним.

Водяной накопительный бак 63 может содержать датчик 65 уровня воды, датчик 66 качества воды и датчик 67 температуры воды с возможностью передачи информации в контроллер 12. Например, в условиях низкой температуры датчик 67 температуры воды определяет, замерзла ли вода в баке 63 или пригодна ли она для впрыска. В некоторых вариантах канал охлаждающей жидкости двигателя (не показан) может

быть термически соединен с резервуаром 63 для размораживания замерзшей воды. Датчик 66 качества воды выполнен с возможностью определения того, пригодна ли вода в водяном накопительном баке 63 для впрыска. Например, датчик 66 качества воды может представлять собой датчик проводимости. Водитель транспортного средства может получать данные об уровне воды в водяном баке 63, определяемом датчиком 65 уровня воды, с возможностью их использования для регулирования работы двигателя. Например, для сообщения об уровне воды можно использовать водоуказатель или индикатор на приборной панели (не показаны) транспортного средства. В другом примере по уровню воды в водяном баке 63 можно определять, имеется ли достаточный запас воды для впрыска, как раскрыто ниже на примере ФИГ. 2. В изображенном варианте осуществления водяной накопительный бак 63 выполнен с возможностью дозаправки вручную через водоналивной канал 69 и/или автоматически посредством системы 72 сбора по каналу 76 заправки водяного бака. Система 72 сбора может быть соединена с одним или несколькими компонентами 74 для дозаправки водяного накопительного бака за счет конденсата, собранного из различных систем двигателя или транспортного средства. В одном примере система 72 сбора может быть соединена с системой РОГ для сбора водяного конденсата из отработавших газов, проходящих по системе РОГ. В другом примере система 72 сбора может быть соединена с системой кондиционирования воздуха. Канал 69 для заправки вручную может быть соединен по текучей среде с фильтром 68, выполненным с возможностью удаления мелких примесей, содержащихся в воде и могущих повредить компоненты двигателя.

На ФИГ. 1 также раскрыта система 28 управления. Система 28 управления может быть соединена с возможностью связи с различными компонентами системы 100 двигателя для выполнения раскрытых в настоящем описании алгоритмов управления и управляющих действий. Например, как показано на ФИГ. 1, система 28 управления может содержать электронный цифровой контроллер 12. Контроллер 12 может представлять собой микрокомпьютер, содержащий микропроцессорное устройство, порты ввода/вывода, электронный носитель информации для хранения исполняемых программ и калибровочных значений, оперативное запоминающее устройство, энергонезависимое запоминающее устройство и шину данных. Как показано на фигуре, контроллер 12 может принимать входные сигналы от множества датчиков 30, в число которых могут входить входные сигналы от пользователя и/или датчиков (например, для определения положения передачи в трансмиссии, входной сигнал педали газа (например, положения педали), входной сигнал тормозной педали, положения избирателя передач в трансмиссии, скорости транспортного средства, частоты вращения двигателя, массового расхода воздуха через двигатель, давления наддува, температуры окружающей среды, влажности окружающей среды, температуры впускного воздуха, частоты вращения вентилятора и т.п.), датчиков системы охлаждения (например, датчика ТОЖД и датчиков для измерения частоты вращения вентилятора, температуры пассажирского отделения, влажности окружающей среды и т.п.), датчиков ОЗВ 18 (например, датчика температуры воздуха на входе ОЗВ, датчика 125 ТЗВ, датчика температуры воздуха на выходе ОЗВ, датчика 23 ТЗК и т.п.), датчиков 183 детонации для определения возгорания остаточных газов и/или распределения воды по цилиндрам, датчиков системы впрыска воды (например, датчика 65 уровня воды, датчика 66 качества воды и датчика 67 температуры воды), датчика давления отработавших газов и датчиков 80, 82 температуры и т.п. Кроме того, контроллер 12 выполнен с возможностью сообщения с различными исполнительными устройствами 32, в число которых могут входить исполнительные устройства двигателя (например, топливные

форсунки, электронно-управляемая заслонка дросселя впускного воздуха, свечи зажигания, различные водяные форсунки, перепускная заслонка, клапан РОГ и т.п.). В некоторых примерах в носитель информации могут быть введены машиночитаемые данные, представляющие собой инструкции, осуществляемые процессорным устройством для выполнения способов, раскрытых ниже, а также иных предполагаемых, но конкретно не перечисленных вариантов.

Контроллер 12 принимает сигналы от различных датчиков на ФИГ. 1 и задействует различные исполнительные устройства на ФИГ. 1 для регулирования работы двигателя в зависимости от принятых сигналов и инструкций в памяти контроллера. Например, впрыск воды в двигатель может включать в себя регулирование исполнительного устройства форсунки 45, форсунки 46, форсунки 47 и/или форсунки 48 для впрыска воды, а регулирование впрыска может включать в себя регулирование количества впрыскиваемой воды или момента впрыска путем корректировок коэффициента заполнения импульсов форсунки. В другом примере регулирование момента зажигания в зависимости от оценок впрыска воды (как подробнее раскрыто ниже) может включать в себя регулирование ионизационного тока и момента разряда свечи 184 зажигания.

Таким образом, система на ФИГ. 1 представляет собой пример системы с возможностью применения для впрыска воды в одном или нескольких местах во впускной системе двигателя или цилиндрах двигателя. Как раскрыто выше, за счет впрыска воды можно понижать температуру впускного воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, и, тем самым, подавлять детонацию и повышать объемную эффективность двигателя. Кроме того, за счет впрыска воды можно увеличивать разбавление в двигателе и, тем самым, снижать насосные потери двигателя. Как разъяснялось выше, воду можно впрыскивать в двигатель в разных местах, в том числе - во впускной коллектор (выше по потоку от всех цилиндров двигателя), коллекторы групп цилиндров (выше по потоку от группы цилиндров, например, в V-образном двигателе), впускные проходы или тракты цилиндров двигателя (во впускной клапан и в сторону от него) или непосредственно в цилиндры двигателя. В разных рабочих состояниях двигателя, например, в состояниях с разными нагрузками и/или частотами вращения двигателя, одно место может быть предпочтительнее для впрыска воды, чем другое, для обеспечения большего охлаждения заряда воздуха или разбавления. Например, впрыск в коллектор или впускные тракты (из форсунок, расположенных под углом в сторону от впускных клапанов) может обеспечить большее охлаждение цилиндров двигателя и впускных трактов, а впрыск во впускные тракты (из форсунок, осуществляющих впрыск на впускные клапаны) может обеспечить большее разбавление.

ФИГ. 5 изображает пример диаграммы 500 разных преимущества от впрыска воды в разных областях работы двигателя. В областях работы двигателя с высокой нагрузкой и низкой частотой вращения, обозначенных областью 502, впрыск воды обеспечивает преимущество в части отдачи по крутящему моменту за счет повышения объемной эффективности. Кроме того, возрастает стойкость к детонации за счет изменения в сторону опережения фаз сгорания (то есть изменения в сторону опережения угла поворота CA50, при котором сгорает 50% топлива). В области работы двигателя с высокой нагрузкой и высокой частотой вращения, обозначенных областью 504, впрыск воды обеспечивает и преимущество в части топливной экономичности, и преимущество в части отдачи по крутящему моменту за счет изменения в сторону опережения граничного предельного момента зажигания (ГПЗ), а также изменения в сторону опережения фаз сгорания (то есть изменения в сторону опережения угла поворота CA50). Результатом этого является улучшение отношения крутящих моментов. Кроме

того, впрыск воды снижает температуру на входе турбины и, тем самым, необходимость обогащения топливной смеси (для борьбы с детонацией).

В областях работы двигателя с низкой нагрузкой, обозначенных областью 506, впрыск воды улучшает термическую эффективность за счет обеспечения возможности

5 выдерживания конструкцией двигателя более высокой степени сжатия. Кроме того, впрыск воды в виде пара позволяет уменьшить насосные потери (и повысить ДВК), тем самым создав эффект разбавления, схожий с РОГ. Это обеспечивает возможность непосредственного повышения топливной экономичности.

Помимо указанных выше преимуществ, характерных для отдельных областей, при

10 любом крутящем моменте на выходном валу впрыск воды позволяет понизить температуру впускного заряда и, как следствие, понизить ДВК и улучшить термическую эффективность за счет улучшения фаз сгорания (более раннего граничного момента зажигания). Улучшение термической эффективности позволяет уменьшить требуемый поток воздуха. Поскольку число оборотов турбонагнетателя зависит и от отношения

15 давлений, и от массового расхода, снижение ДВК позволяет уменьшить массовый расход и, тем самым, число оборотов турбонагнетателя, снижая отношение давлений на компрессоре. Более низкое отношение давлений позволяет понизить температуру на выходе компрессора, что увеличивает срок службы компрессора. Кроме того, чем ниже температура на выходе компрессора, тем меньше работа двигателя на совершение

20 насосных ходов (в связи с тем, что двигатель работает с более открытой перепускной заслонкой и требует меньшей мощности турбины). Помимо детонации, каждый из таких параметров, как число оборотов турбонагнетателя, температура на выходе компрессора, пиковое давление в цилиндре и температура на входе турбины, может ограничивать максимальную мощность двигателя с турбонаддувом. Следовательно, использование

25 преимуществ от впрыска воды позволяет повысить крутящий момент на выходном валу для того или иного отношения давлений.

Диаграмма на ФИГ. 5 иллюстрирует преимущества от впрыска воды в общем. При этом следует понимать, что преимущества от впрыска воды также могут зависеть от места впрыска воды. Например, впрыск воды в коллектор может обеспечить

30 преимущества разбавления при низкой нагрузке и преимущества охлаждения заряда при высокой нагрузке. В качестве другого примера, непосредственный впрыск воды может обеспечить преимущества охлаждения заряда. В качестве еще одного примера, впрыск воды во впускной тракт может обеспечивать преимущества разбавления или преимущества охлаждения заряда в зависимости от направления впрыска воды

35 (например, в сторону впускного клапана или в сторону от него), а также момента впрыска относительно фаз газораспределения впускного клапана (например, когда впускной клапан открыт или закрыт). Как раскрыто в настоящем описании, в зависимости от параметров работы двигателя, контроллер может выбирать место для впрыска воды (как раскрыто в способе, представленном ФИГ. 2-3 и подробнее

40 описанном ниже), позволяющее увеличить преимущества от впрыска воды, речь о которых шла выше, и, тем самым, увеличить топливную экономичность и уменьшить выбросы. Кроме того, в зависимости от места для впрыска воды можно использовать разные наборы датчиков для более точной оценки количества впрыснутой воды. То есть, как разъясняется ниже на примере ФИГ. 3, можно выбирать режим измерения в

45 зависимости от места впрыска воды, а затем - регулировать параметры впрыска воды и параметры работы двигателя в зависимости от оценочного количества впрыснутой воды. Например, за счет регулировок рабочих параметров впрыска воды можно осуществить компенсацию, если оценочное количество впрыснутой воды меньше

заданного командой количества.

На ФИГ. 2 раскрыт пример способа 200 для впрыска воды в двигатель. Инструкции для реализации способа 200 и остальных раскрытых в настоящем описании способов может осуществлять контроллер (например, контроллер 12 на ФИГ. 1) в соответствии с инструкциями в памяти контроллера и во взаимосвязи с сигналами, полученными от датчиков системы двигателя, например, датчиков, раскрытых выше на примере ФИГ. 1. Контроллер может задействовать исполнительные устройства системы двигателя для регулирования работы двигателя согласно раскрытым ниже способам. В одном примере воду можно впрыскивать посредством одной или нескольких водяных форсунок из водяного накопительного бака системы впрыска воды (например, водяного накопительного бака 63 системы 60 впрыска воды на ФИГ. 1).

Выполнение способа 200 начинают на шаге 202 с оценки и/или измерения параметров работы двигателя. В число параметров работы двигателя могут входить требуемый водителем крутящий момент, давление в коллекторе (ДВК), воздушно-топливное отношение (ВТО), момент зажигания, параметры окружающей среды, в том числе - температура, давление и влажность окружающей среды, давление наддува, расход рециркуляции отработавших газов (РОГ), массовый расход воздуха (МРВ), температура заряда в коллекторе (ТЗК), частота вращения и/или нагрузка двигателя, уровень детонации в двигателе и т.п.

Далее, на шаге 204, способ предусматривает определение того, в наличии ли условия для впрыска воды. Впрыск воды может быть запрошен для использования одного или нескольких преимуществ, связанных с впрыском воды. Например, впрыск воды может быть запрошен при нагрузках двигателя от низких до средних для увеличения разбавления заряда и, тем самым, улучшения устойчивости горения в области работы двигателя с нагрузками от низких до средних. В качестве другого примера, впрыск воды может быть запрошен при нагрузках двигателя от средних до высоких для увеличения охлаждения заряда и, тем самым, улучшения подавления детонации в области работы двигателя с нагрузками от средних до высоких. Кроме того, впрыск воды может быть запрошен при высоких нагрузках для охлаждения компонентов, например, для охлаждения отработавших газов, охлаждения каталитического нейтрализатора отработавших газов и т.п. Можно считать, что условия для впрыска воды в наличии, если нагрузка двигателя выше пороговой нагрузки (ниже которой возможны отрицательные последствия для устойчивости горения в двигателе), а момент зажигания установлен с запаздыванием (например, относительно ОМЗ) на величину больше пороговой.

В одном примере впрыск воды может быть запрошен, если температура в коллекторе выше порогового уровня. Кроме того, впрыск воды может быть запрошен, если достигнута пороговая частота вращения или нагрузка двигателя. В другом примере впрыск воды может быть запрошен, если уровень детонации в двигателе выше порога. Впрыск воды также может быть запрошен, если температура отработавших газов выше пороговой, причем пороговая температура представляет собой температуру, при превышении которой возможно ухудшение характеристик компонентов двигателя ниже по потоку от цилиндров. Кроме того, воду можно впрыскивать, если опосредованно определенное октановое число используемого топлива ниже порога.

Подтверждение наличия условий для впрыска воды может также включать в себя подтверждение наличия запаса воды для впрыска путем оценки и/или измерения запаса воды. Запас воды для впрыска можно определять по выходным сигналам множества датчиков, например, датчика уровня воды, датчика качества воды и/или датчика

температуры воды, расположенных в водяном накопительном баке системы впрыска воды двигателя (например, датчика 65 уровня воды и датчика 67 температуры воды на ФИГ. 1). Например, запас воды в водяном накопительном баке может отсутствовать в условиях низкой температуры (например, когда температура воды в баке ниже

5 порогового уровня, причем пороговый уровень равен температуре замерзания или близок к ней). В другом примере уровень воды в водяном накопительном баке может быть ниже порогового, причем в основе порогового уровня лежит количество воды, требуемое для события впрыска или периода циклов впрыска. Если условия для впрыска воды отсутствуют, на шаге 206 способ предусматривает блокирование впрыска воды.

10 В одном примере, где условия для впрыска воды отсутствуют из-за того, что впрыск воды не запрошен, способ предусматривает продолжение работы двигателя без впрыска воды. В другом примере, где условия для впрыска воды отсутствуют из-за отсутствия запаса воды для впрыска, например, когда уровень воды в водяном накопительном баке ниже порогового, контроллер может указать, что нужна дозаправка бака. Кроме

15 того, контроллер может осуществить дозаправку водяного бака путем увеличения сбора воды в пределах транспортного средства из одной или нескольких систем транспортного средства, например, путем сбора воды из системы сбора воды, соединенной с водяным накопительным баком системы впрыска воды двигателя (например, системы 72 сбора воды на ФИГ. 1). Это включает в себя увеличение

20 эксплуатации конденсатора кондиционирования воздуха (КВ) для увеличения сбора конденсата КВ, увеличение сбора конденсата РОГ, увеличение сбора конденсата ОЗВ и т.п.

На шаге 207 способ также предусматривает регулирование параметров работы двигателя для компенсации отсутствия впрыска воды. Например, если впрыск воды

25 был запрошен для подавления детонации, в число регулировок работы двигателя могут входить: обогащение воздушно-топливного отношения, уменьшение величины прохода дросселя для понижения давления в коллекторе или изменение в сторону запаздывания момента зажигания для подавления детонации. В качестве другого примера, если впрыск воды был запрошен для увеличения разбавления заряда, в число регулировок работы

30 двигателя может входить увеличение потока РОГ.

Если условия для впрыска воды в наличии, способ следует на шаг 208 для определения количества и места впрыска воды, как раскрыто ниже на примере ФИГ. 3. Контроллер может определять количество воды для впрыска в зависимости от частоты вращения/нагрузки, и/или температуры, и/или детонации двигателя. Контроллер может обратиться

35 к справочной таблице, входными параметрами которой служат частота вращения и нагрузка двигателя, а результатом - чистое (общее) количество воды, которое должно быть задано командой для впрыска воды в двигатель. Определение параметров впрыска воды, например, количества и места впрыска воды, на шаге 208 может также включать в себя выбор режима для впрыска воды. В одном примере определение места для

40 впрыска воды может включать в себя выбор режима для впрыска воды при выявлении (или прогнозировании) детонации в двигателе. В другом примере выбор места для впрыска воды может включать в себя выбор режима для впрыска воды в связи с потребностью в разбавлении в двигателе. Выбор режима впрыска воды может включать в себя выбор водяной форсунки коллектора, и/или водяной форсунки непосредственного

45 впрыска, и/или водяной форсунки впускного тракта в зависимости от нужного преимущества от впрыска воды. Кроме того, в зависимости от того, нужно ли охлаждение заряда или разбавление, контроллер может определить соотношение долей общего заданного командой количества впрыскиваемой воды, которые должны быть

поданы разными водяными форсунками (в настоящем описании также именуемое «соотношение долей впрыска воды»). Соотношение долей может зависеть от местоположения форсунок, соотношения общего заданного командой количества и коэффициента заполнения импульсов отдельных форсунок, ограничений форсунки, а также пределов влажности в коллекторе. Например, при низких нагрузках двигателя может быть нужно разбавление заряда. В зависимости от частоты вращения и нагрузки двигателя, контроллер может определить общее количество воды, которое должно быть задано командой для впрыска. Контроллер также может выбрать форсунку коллектора для данного впрыска воды. Если заданное командой количество превышает пределы впрыска форсунки коллектора, по меньшей мере часть впрыска можно обеспечить посредством водяной форсунки впускного тракта. В другом примере, в случае повышенной влажности впускного воздуха во время впрыска, по меньшей мере часть данного впрыска можно обеспечить посредством водяной форсунки непосредственного впрыска.

Затем, на шаге 210, способ предусматривает выбор датчика для измерения впрыска воды в зависимости от режима впрыска воды. В зависимости от места впрыска воды, а также комбинации частоты вращения и нагрузки двигателя, при которой выполняют впрыск, могут быть обеспечены разные преимущества от впрыска воды. Соответственно, могут быть использованы разные наборы датчиков для оценки фактического количества впрыснутой воды. Как подробно раскрыто на ФИГ. 3, когда впрыск воды осуществляют в коллектор для обеспечения преимущества разбавления заряда, впрыск воды можно измерять посредством датчиков, выявляющих изменение разбавления впускных (или отработавших) газов. Например, может быть выбран датчик кислорода во впускном воздухе для оценки изменения разбавления (из-за наличия дополнительного кислорода из добавленной воды). В качестве другого примера, может быть выбран датчик влажности впускного воздуха для оценки изменения влажности впускного воздуха (из-за наличия добавленной воды). В другом примере, когда впрыск воды осуществляют в коллектор для обеспечения преимущества охлаждения заряда, впрыск воды можно измерять посредством датчиков, выявляющих изменение температуры в коллекторе (например, датчика ТЗК).

На шаге 212 способа впрыскивают воду в двигатель в зависимости от выбранного режима впрыска воды. Например, контроллер может направить сигнал исполнительному устройству выбранной водяной форсунки для изменения длительности импульса форсунки, тем самым задав командой количество воды, которое было определено.

Следует понимать, что можно отрегулировать один или несколько параметров работы двигателя в зависимости от заданного командой впрыска воды. Например, момент зажигания можно изменить в сторону опережения (например, в сторону ОМЗ от текущего момента, установленного с запаздыванием от ОМЗ) в связи с впрыском воды. В одном примере степень опережения зажигания может быть тем больше, чем больше количество впрыскиваемой воды.

Способ следует на шаге 214 для оценки погрешности впрыска воды по соотношению заданного командой количества впрыскиваемой воды и измеренного количества впрыскиваемой воды. На шаге 213 способ предусматривает получение выходных сигналов от выбранных одного или нескольких датчиков после впрыска воды и определение фактического количества впрыснутой воды (или измеренного количества впрыснутой воды) по выходным сигналам датчика. Контроллер может сравнить выходной сигнал выбранного датчика (датчиков) до впрыска воды с выходным сигналом датчика после впрыска воды для определения фактического количества воды,

поступившей в двигатель (то есть фактического количества, способствовавшего охлаждению заряда и/или разбавлению). Как сказано выше, возможно отклонение фактического количества впрыснутой воды от заданного командой количества впрыскиваемой воды из-за погрешностей форсунок, ошибок попадания распыленной струи воды, проблемы с парообразованием из-за условий вблизи форсунки и т.п. Это может привести к погрешности впрыска воды, которая, не будучи учтена, может уменьшить необходимые преимущества от впрыска воды и даже ухудшить эксплуатационные показатели двигателя. На шаге 214 способ предусматривает оценку погрешности впрыска воды по соотношению заданного командой количества впрыскиваемой воды и измеренного количества впрыснутой воды.

Далее, на шаге 216, способ предусматривает регулирование параметров впрыска воды и параметров работы двигателя в зависимости от определенной погрешности. В данном случае один или несколько параметров двигателя регулируют для компенсации погрешности впрыска воды. В одном примере способ на шаге 216 предусматривает регулирование количества воды и/или момента подачи воды выбранной водяной форсункой (форсунками) для последующего впрыска воды (например, непосредственно последующего впрыска воды без впрыска воды в промежутке или нескольких следующих один за другим впрысков воды после впрыска воды с погрешностью) в зависимости от определенной погрешности. Например, на шаге 216 способ может предусматривать увеличение количества воды для следующего впрыска воды той же водяной форсункой (например, путем задания командой большей длительности импульса), если измеренное количество впрыснутой воды меньше заданного командой количества впрыскиваемой воды. В качестве другого примера, во время последующего впрыска воды той же водяной форсункой, длительность импульса данной водяной форсунки может быть увеличена на некоторую величину, при этом длительность импульса другой водяной форсунки также может быть увеличена.

Регулирование впрыска воды на шаге 216 может быть разным в зависимости от того, какие форсунки содержит вариант осуществления двигателя, а также того, какие форсунки выбраны для впрыска воды. Например, для систем двигателя, выполненных с форсунками впускного тракта, причем разные водяные форсунки впускного тракта расположены выше по потоку от разных групп цилиндров, контроллер может отрегулировать количество впрыскиваемой воды для каждой водяной форсунки или только для выбранной водяной форсунки впускного тракта. В другом примере, в котором одна или несколько форсунок расположены выше по потоку от нескольких цилиндров или группы цилиндров, например, в случае впрыска в коллектор, контроллер может отрегулировать момент впрыска выбранной водяной форсунки для его синхронизации с моментами открытия впускных клапанов этой группы цилиндров для регулирования впрыска воды в соответствующую группу цилиндров.

В другом примере регулирование одного или нескольких параметров работы двигателя в зависимости от определенной погрешности может включать в себя регулирование момента зажигания, и/или потока РОГ (путем регулировок положения клапана РОГ), и/или подачи топлива в двигатель, и/или положения дросселя, и/или воздушно-топливного отношения сжигаемой смеси и т.п. Например, за счет регулировок момента зажигания можно компенсировать погрешность впрыска воды, определенную, когда впрыск воды применяли для борьбы с детонацией (и охлаждения заряда). В этом случае, если впрыск воды был недостаточным (фактически поступило меньше воды, чем было задано командой), момент зажигания можно изменить в сторону запаздывания (например, относительно ОМЗ или исходного граничного момента зажигания), при

этом величина запаздывания зажигания тем больше, чем больше погрешность впрыска воды. В другом примере за счет регулировок РОГ можно компенсировать погрешность впрыска воды, определенную, когда за счет впрыска воды регулировали разбавление. В этом случае, если впрыск воды был недостаточным (поступило или испарилось

5 меньше воды, чем было задано командой), при этом поток РОГ можно увеличить путем увеличения степени открытия клапана РОГ. Кроме того, в зависимости от определенной погрешности впрыска воды можно отрегулировать величину впрыска топлива.

Таким образом, впрыск воды может быть задан командой таким образом, чтобы использовать преимущества от впрыска воды в разных местах. Кроме того, впрыск

10 воды можно точно измерять в зависимости от выбранного места впрыска воды и соответствующим образом компенсировать.

На ФИГ. 3 раскрыт пример способа 300 для выбора режима впрыска воды в зависимости от параметров работы двигателя. Кроме того, способ выбирает режим измерения впрыска воды в зависимости от выбора водяной форсунки. Способ 300

15 можно выполнять как часть способа на ФИГ. 2, например, на шагах 208 и 214. Как раскрыто выше, за счет впрыска воды можно понижать температуру впускного воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, и, тем самым, подавлять детонацию. Кроме того, за счет впрыска воды можно увеличивать разбавление в двигателе и, тем самым, уменьшать насосные потери двигателя. Воду можно впрыскивать в двигатель в разных

20 местах в зависимости от того, какое преимущество от впрыска воды нужно в зависимости от параметров работы двигателя. Кроме того, можно выбрать один или несколько датчиков для оценки количества впрыснутой воды в зависимости от места впрыска воды.

Выполнение способа 300 начинают на шаге 302 с оценки и/или измерения параметров работы двигателя. В число параметров работы двигателя могут входить: требуемый водителем крутящий момент, давление в коллекторе (ДВК), воздушно-топливное

25 отношение (ВТО), момент зажигания, расход рециркуляции отработавших газов (РОГ), массовый расход воздуха (МРВ), температура заряда в коллекторе (ТЗК), частота вращения и нагрузка двигателя и т.п. Далее, на шаге 304 способ предусматривает определение того, имеется ли какое-либо указание на наличие детонации. Указание на наличие детонации может включать в себя выявление или прогнозирование детонации. Контроллер может определить, происходит ли детонация, на основании того, что выходной сигнал одного или нескольких датчиков детонации в двигателе (например,

30 датчиков 183 детонации на ФИГ. 1) превышает порог детонации. В другом примере, детонацию можно прогнозировать на основании того, что частота вращения и нагрузка двигателя превышают порог. Кроме того, вероятность детонации в одном или нескольких цилиндрах можно определять по статистике детонации (например, числу случаев детонации) в двигателе. Если двигатель работает на пределе детонации, впрыск воды может быть запрошен для охлаждения заряда.

Если на шаге 304 будет указано наличие детонации, способ следует на шаг 307, на котором определяют количество воды для впрыска в связи с указанием наличия детонации. В данном случае, это количество воды должно быть подано для обеспечения

35 преимущества охлаждения заряда в двигателе. В одном примере, чем больше выходной сигнал датчика детонации превышает порог детонации (то есть чем больше интенсивность детонации), тем больше может быть количество воды для впрыска. В качестве другого примера, количество воды для впрыска в двигатель можно увеличивать по мере роста частоты вращения и нагрузки двигателя и, соответственно, вероятности детонации. В данном случае количество воды означает общее количество воды, которое

40

может быть подано в двигатель посредством одной или нескольких водяных форсунок.

На шаге 308 способ предусматривает включение первого режима впрыска воды для подачи определенного количества впрыскиваемой воды. В первом режиме впрыска воды для подачи воды могут быть выбраны водяные форсунки впускного тракта, расположенные под углом в сторону от впускных клапанов. Контроллер может направить сигнал выбранным форсункам впускного тракта для их включения. Выбранные водяные форсунки впускного тракта могут быть расположены под углом в сторону от впускного клапана и быть обращены к впускному тракту, и могут быть расположены с возможностью впрыска воды в направлении, противоположном направлению потока впускного воздуха через впускной тракт (например, водяные форсунки 46 на ФИГ. 1). Как подробно раскрыто ниже, момент впрыска воды во впускной тракт в сторону от клапана может быть задан так, чтобы впрыск происходил, когда впускной клапан открыт. Подача воды впрыском при открытом клапане в направлении, противоположном направлению потока воздуха, обеспечивает возможность впрыска большего количества воды в поток воздуха и, тем самым, увеличения преимущества охлаждения от впрыска воды при высоких нагрузках. Кроме того, впрыск воды в сторону коллектора и в сторону от (закрытого) впускного клапана обеспечивает лучшее распределение воды в каждом из расположенных ниже по потоку цилиндров. Кроме того, высокая скорость потока воздуха в трактах создает завихрение, обеспечивающее лучшее распыление и смешивание воды с воздухом, дополнительно увеличивая преимущество охлаждения заряда от впрыска воды.

Дополнительно или альтернативно, включение первого режима впрыска воды на шаге 309 может включать в себя включение водяных форсунок коллектора и выборочное включение водяных форсунок непосредственного впрыска. Водяные форсунки коллектора могут быть расположены в месте перед дросселем (как показано на примере форсунки 45 коллектора на ФИГ. 1) или месте за дросселем. В вариантах, содержащих и форсунки впускного тракта, и форсунки коллектора (например, в системе 60 впрыска воды на ФИГ. 1), контроллер может присваивать более высокий приоритет водяным форсункам впускного тракта, если для группы цилиндров выявлен температурный дисбаланс. Например, неправильное распределение температуры в группе цилиндров может быть обусловлено тем, что ранее в некоторые цилиндры впрыскивали воду, а в другие цилиндры - нет, вследствие чего температура первых цилиндров ниже, чем последних. В качестве другого примера, причины неправильного распределения температуры между цилиндрами могут заключаться в конструкции двигателя, например, температура некоторых цилиндров может быть выше из-за близости к водяному насосу, а температура других цилиндров может быть ниже. Кроме того, неправильное распределение температуры может быть следствием дисбаланса распределения воды по цилиндрам после впрыска воды из общей водяной форсунки. Неправильное распределение температуры можно выявить, сравнив измеренные или опосредованно определенные (смоделированные) температуры в цилиндрах. Например, можно определить стандартное отклонение температур, соответствующих разным цилиндрам, и, если стандартное отклонение выше порогового значения стандартного отклонения, может быть указано наличие температурного дисбаланса. В дополнительных примерах неправильное распределение температуры в группе цилиндров может быть обусловлено неравномерным потоком воздуха в цилиндры двигателя, различиями клапанов и цилиндров из-за нарастания нагара, различиями между топливными форсунками и т.п.

Неправильное распределение воды можно определить, сравнив выходные сигналы детонации датчиков детонации, соединенных с каждым цилиндром в группе (например,

датчиков 183 детонации на ФИГ. 1). Например, по выходным сигналам детонации можно определять различия интенсивности детонации в отдельных цилиндрах относительно других цилиндров в группе. Если изменение интенсивности детонации после впрыска воды для одного или нескольких цилиндров в группе отлично от изменения для других цилиндров, это может указывать на различия в распределении воды. Например, можно определить стандартное отклонение выходных сигналов детонации, соответствующих разным цилиндрам, и, если стандартное отклонение выше порогового значения стандартного отклонения, может быть указано наличие дисбаланса распределения воды. В другом примере, если выходной сигнал детонации, соответствующий отдельному цилиндру, отличается от среднего значения всех выходных сигналов детонации, соответствующих всем цилиндрам группы, на пороговую величину, может быть указано, что в этот отдельный цилиндр поступает больше или меньше воды, чем в другие цилиндры в группе. В другом примере неправильное распределение воды в группе цилиндров, соединенной с водяной форсункой, можно определять по отличиям запаздывания зажигания в отдельных цилиндрах от ожидаемой величины, при этом ожидаемая величина зависит от многомерной характеристики двигателя. Если неправильное распределение температуры отсутствует, контроллер может осуществить впрыск воды посредством водяных форсунок коллектора (например, форсунок 45 коллектора на ФИГ. 1).

В другом примере выбор между форсунками впускного тракта и форсунками коллектора (или определение соотношения долей воды, которая должна быть подана впрыском во впускные тракты и впрыском в коллектор) может зависеть от количества воды для впрыска, ограничений форсунки и влажности впускного воздуха. Например, чем выше влажность впускного воздуха, тем меньше может быть количество воды, подаваемое посредством форсунки коллектора (и, соответственно, больше количество воды, подаваемое посредством форсунки впускного тракта). В другом примере, если впрыск воды в коллектор происходит с максимальным расходом (или на пределе насыщения), может быть осуществлен непосредственный впрыск воды в цилиндр, где происходит детонация. В качестве другого примера, если общее количество воды, подлежащее впрыску, превышает верхний предел форсунки коллектора, избыток может быть подан посредством форсунки впускного тракта. В качестве другого примера, если общее количество воды, подлежащее впрыску, превышает верхний предел форсунки впускного тракта избыток может быть подан посредством форсунки коллектора. В другом примере выбор между форсунками впускного тракта и коллектора может зависеть от массового расхода воздуха, поступающего в двигатель. При большем количестве воздуха, поступающем в двигатель при более высокой частоте вращения, впрыск в коллектор может быть предпочтительнее впрыска во впускные тракты. Это обусловлено тем, что впрыск в коллектор (особенно в случае впрыска в коллектор с распылением воды противоположно направлению потока воздуха) обеспечит больше времени для смешивания и испарения впрыснутой воды и охлаждения ею поступающего заряда воздуха, чем при впрыске во впускные тракты, который был бы предпочтительнее для охлаждения головки клапана и оставил бы гораздо меньше времени и возможности для смешивания с поступающим зарядом воздуха.

Если впрыск воды применяют для охлаждения заряда, впрыск воды измеряют и регулируют, используя контур регулирования по температуре. А именно на шаге 310 способ предусматривает измерение температуры заряда воздуха до запуска впрыска воды. В одном примере контроллер может получать выходной сигнал от датчика температуры заряда в коллекторе (например, датчика 23 ТЗК на ФИГ. 1) для

определения температуры в коллекторе до впрыска воды. В другом примере контроллер может контролировать выходной сигнал нагревателя датчика кислорода во впускном воздухе (работающего в режиме мощности нагревателя, например, датчика 34 O2BV на ФИГ. 1). В другом примере способ на шаге 310 может предусматривать

5 опосредованное определение температуры заряда воздуха вблизи водяных форсунок по одному или нескольким параметрам работы двигателя (например, измеренным температурам впускного воздуха и отработавших газов, нагрузке двигателя, сигналу интенсивности детонации и т.п.).

Затем, на шаге 312, способ предусматривают выдачу команды впрыска воды во

10 впускные тракты в сторону от открытых впускных клапанов. Контроллер может направить сигнал длительности импульса исполнительным устройствам водяных форсунок впускного тракта, расположенных под углом в сторону от впускных клапанов и в сторону впускного коллектора, для впрыска определенного количества воды в связи с указанием наличия детонации в двигателе. Впрыск воды на шаге 312 может

15 включать в себя впрыск определенного (например, заданного командой) количества воды в виде одной порции за рабочий цикл двигателя или серии порций, приуроченных к открытию впускного клапана каждого цилиндра в группе цилиндров ниже по потоку от форсунки впускного тракта. Если дополнительно или альтернативно будет выбран впрыск воды в коллектор, контроллер может задать командой соответствующую

20 длительность импульса форсунке коллектора.

На ФИГ. 6 раскрыт пример моментов впрыска во впускной тракт для подавления детонации. На диаграмме 600 представлены высота подъема впускного клапана на кривой 602 (сплошная линия) и соответствующий массовый расход воздуха через впускной клапан на кривой 604 (штриховая линия). Все кривые построены относительно

25 положения двигателя (в градусах по углу поворота коленчатого вала (ГУПКВ)) по оси х. Подъем впускных клапанов происходит в начале такта впуска (приблизительно при 300 ГУПКВ, когда поршень цилиндра находится в ВМТ), достигает максимальной высоты подъема (приблизительно на полпути между ВМТ и НМТ), а затем начинается их закрытие с полным закрытием к концу такта впуска (приблизительно при 600 ГУПКВ,

30 когда поршень цилиндра находится в НМТ). Изменение массового расхода через впускной клапан происходит по схожему профилю с возрастанием при возрастании высоты подъема впускного клапана и последующим падением при уменьшении высоты подъема впускного клапана.

Впрыск во впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана можно

35 осуществлять в опорной точке 606, где впускной клапан почти полностью открыт, а массовый расход во впускной клапан или в его сторону находится почти в наивысшей точке. Впрыск воды во впускной тракт в сторону от поверхности клапана и в сторону впускного тракта или коллектора в это время обеспечивает возможность вовлечения большего количества воды в поток впускного воздуха и, тем самым, увеличения

40 преимущества охлаждения, обеспечиваемого впрыском воды. В частности, относительно большая часть воды поступает в жидкой форме, что увеличивает возможность отбора тепла и охлаждения заряда за счет впрыска воды.

Вернемся к ФИГ. 3: на шаге 314 способ предусматривает оценку или определение количества воды, поступившей в двигатель, по изменению температуры заряда в

45 коллекторе и/или изменению мощности нагревателя датчика кислорода во впускном воздухе после впрыска воды. В одном примере контроллер получает первый выходной сигнал от датчика температуры заряда в коллекторе перед впрыском воды (на шаге 310). Впрыск воды может стать причиной эффекта охлаждения заряда в коллекторе,

так как переход в пар впрыснутой воды происходит за счет тепла окружающей среды. Данный эффект можно наблюдать в виде падения температуры заряда в коллекторе. Контроллер может получить второй выходной сигнал от датчика температуры заряда в коллекторе (ТЗК) после впрыска воды (например, непосредственно после впрыска
 5 воды или через некоторый период после впрыска воды) и определить количество впрыснутой воды по изменению температуры в коллекторе, на которое указывает разность первого и второго выходных сигналов датчика ТЗК. Чем больше данная разность, тем больше может быть количество воды, измеренное или выявленное в двигателе. В основе периода между событием впрыска воды и измерением температуры
 10 заряда в коллекторе может лежать ожидаемое количество времени, необходимое для перехода в пар впрыснутого количества воды. Данный период можно регулировать в зависимости от количества впрыснутой воды, при этом данный период тем больше, чем больше количество воды, впрыснутой посредством форсунки.

В другом примере на шаге 310 контроллер может получить первый сигнал выходной
 15 мощности нагревателя датчика кислорода во впускном воздухе перед впрыском воды. Нагреватель выполнен с возможностью поддержания по существу постоянной температуры датчика кислорода во впускном воздухе для обеспечения надлежащего функционирования датчика. При охлаждении заряда температура среды, окружающей датчик, может упасть, вызвав соответствующее падение температуры датчика.
 20 Мощность нагревателя датчика может автоматически возрасти для поддержания температуры датчика. Таким образом, эффект охлаждения заряда от впрыска воды можно наблюдать в виде роста выходной мощности нагревателя датчика кислорода во впускном воздухе (O2BV). Контроллер может получить второй сигнал выходной мощности от нагревателя датчика после впрыска воды (например, непосредственно
 25 после впрыска воды или через некоторый период после впрыска воды) и определить количество впрыснутой воды по изменению выходной мощности нагревателя, на которое указывает разность первого и второго сигналов выходной мощности нагревателя датчика O2BV. Чем больше данная разность, тем больше может быть количество воды, измеренное или выявленное в двигателе. Таким образом, на шаге 314
 30 можно определить перешедшую в пар часть впрыснутой воды (то есть часть, обеспечивающую преимущество охлаждения заряда) по изменению температуры заряда воздуха в коллекторе с момента до события впрыска воды до момента после события впрыска воды.

На шаге 330 определяют погрешность впрыска воды по разности заданного командой
 35 (на шаге 312) количества впрыскиваемой воды и выявленного (на шаге 314) количества впрыснутой воды. Она отражает несоответствие между количеством воды, которое намеревались подать для подавления детонации, и количеством воды, фактически поступившим в двигатель для подавления детонации. В одном примере фактически поступившее количество может быть меньше заданного командой, результатом чего
 40 является недостаток воды и, соответственно, недостаточное охлаждение заряда. Затем контроллер может отрегулировать последующие события впрыска воды для компенсации найденной погрешности впрыска воды. Кроме того, можно отрегулировать один или несколько параметров работы двигателя для компенсации найденной погрешности впрыска воды. Например, можно изменить в сторону запаздывания
 45 момент зажигания и/или обогатить воздушно-топливное отношение сжигаемой смеси. При этом если впрыск воды применяют для охлаждения большей части заряда, величина необходимого запаздывания зажигания или обогащения топливной смеси может быть меньше, что улучшает топливную экономичность.

Если на шаге 304 детонация в двигателе не выявлена, способ следует на шаге 305, на котором способ предусматривает определение того, в наличии ли потребность в разбавлении. Как раскрыто на примере ФИГ. 5, воду можно впрыскивать для увеличения разбавления впускного заряда и уменьшения насосных потерь. В одном примере
5 увеличение разбавления может быть запрошено в связи с тем, что частота вращения/нагрузка двигателя ниже порога, причем пороговая частота вращения/нагрузка двигателя может быть признаком области частоты вращения и нагрузки двигателя, в которой более вероятны насосные потери. В другом примере разбавление заряда может быть затребовано, когда двигатель работает на пределе устойчивости горения или
10 вблизи него. Если потребность в разбавлении не будет подтверждена, способ следует на шаг 303, на котором все водяные форсунки системы двигателя оставляют выключенными. Затем выполнение алгоритма завершают и эксплуатируют двигатель без впрыска воды.

Если на шаге 305 запрошен впрыск воды для разбавления, способ следует на шаг
15 306, на котором определяют количество воды для впрыска в зависимости от потребности в разбавлении. В данном случае это количество воды должно быть подано для обеспечения преимущества разбавления заряда в двигателе. В одном примере количество воды, подлежащее впрыску в двигатель для удовлетворения потребности в разбавлении, может быть тем больше, чем ниже частота вращения/нагрузка двигателя и чем ближе
20 устойчивость горения в двигателе приближается к пределу. В данном случае под «количеством воды» понимают общее количество воды, поступающей в двигатель, которое может быть подано посредством одной или нескольких водяных форсунок.

Если впрыск воды применяют для разбавления заряда, впрыск воды измеряют и регулируют с помощью контура регулирования по разбавлению. А именно, на шаге
25 315 способ предусматривает оценку уровня кислорода в отработавших газах (или влажности отработавших газов) по показанию датчика кислорода в отработавших газах (или УДКОГ, например, УДКОГ 126 на ФИГ. 1), работающего в режиме регулируемого напряжения. В режиме регулируемого напряжения на датчик попеременно подают более низкое опорное напряжение (например, 450 мВ) и более
30 высокое опорное напряжение (например, 950 мВ). Более высокое напряжение приводит к диссоциации всей воды в отработавших газах с образованием кислорода, и датчик определяет избыток кислорода. Контроллер может сравнить выходной ток накачки датчика при более низком напряжении с выходным током накачки датчика при более
35 высоком напряжении, и определить первый выходной сигнал датчика как разность токов накачки при опорных напряжениях. Сравнив первый выходной сигнал датчика, измеренный до выдачи команды впрыска воды, со вторым выходным сигналом датчика, измеренным после впрыска воды, контроллер может определить количество впрыснутой воды, испаренной в двигателе и способствовавшей разбавлению заряда. Дополнительно
40 или альтернативно, контроллер может получать выходные сигналы от одного или нескольких датчиков разбавления, например, датчика кислорода во впускном воздухе (например, датчика 34 O2BV на ФИГ. 1), работающего в режиме регулируемого напряжения, и датчика влажности впускного воздуха.

На шаге 316 способ предусматривает оценку и/или измерение температуры поверхности впускного клапана для определения того, превышает ли она порог. Данный
45 порог может соответствовать температуре, выше которой может происходить испарение воды при ее соприкосновении с поверхностью без создания какого-либо эффекта охлаждения. В одном примере температуру поверхности клапана можно оценивать или опосредованно определять по измеренной температуре двигателя, например,

определенной по выходному сигналу датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя (например, датчика 25 температуры охлаждающей жидкости двигателя на ФИГ. 1). В другом примере температуру поверхности клапана можно опосредованно определять по частоте вращения и нагрузке двигателя, при этом температура тем выше,
5 чем выше нагрузка двигателя.

Авторы настоящего изобретения выявили, что, когда эффект разбавления нужен при низких нагрузках двигателя, впрыск воды можно осуществлять в сторону горячей поверхности, при этом может происходить немедленное испарение воды. Например, воду можно впрыскивать во впускной тракт в сторону горячей поверхности впускного
10 клапана, при этом может происходить немедленное испарение воды, причем момент впрыска во впускной тракт регулируют так, чтобы он совпадал с закрытием впускного клапана. Впрыск воды во впускной тракт на поверхность закрытого или почти закрытого впускного клапана обеспечивает возможность немедленного испарения большего количества впрыснутой воды и, тем самым, увеличения преимущества
15 разбавления от применения водяного пара в качестве газов РОГ за счет уменьшения насосных потерь, при этом сводя к минимуму эффект охлаждения от впрыска воды. Если поверхность клапана недостаточно горяча, впрыснутая вода может образовать лужу на поверхности клапана.

Таким образом, при наличии потребности в разбавлении, после подтверждения того,
20 что поверхность клапана достаточно горяча, на шаге 318 способ предусматривает включение второго режима впрыска воды, в котором выбирают водяные форсунки впускного тракта, расположенные под углом в сторону впускных клапанов, для впрыска воды на закрытый впускной клапан. Или же водяные форсунки впускного тракта могут быть расположены под углом в сторону впускного клапана и выполнены с
25 возможностью впрыска на поверхность клапана и/или окружающую поверхность коллектора. В этом случае впрыск воды происходит в том же направлении, в котором течет поток впускного воздуха через впускной тракт/проход, и противоположно направлению впрыска воды во впускной тракт для подавления детонации (на шаге 312).

На шаге 322 способ предусматривают выдачу команды впрыска определенного количества впрыскиваемой воды во впускной тракт на поверхность закрытого впускного клапана. Например, контроллер может направить сигнал длительности импульса, соответствующий определенному количеству впрыскиваемой воды, исполнительному устройству водяной форсунки впускного тракта для впрыска воды во время закрытия
35 впускного клапана, например, в НМТ такта впуска. В одном примере форсунка может подать заданное командой количество воды в виде единственной порции за рабочий цикл двигателя (для всех событий закрытия впускного клапана для всех цилиндров группы). В другом примере форсунка может подать это количество воды в виде серии порций, приуроченных к закрытию впускного клапана каждого цилиндра в группе
40 цилиндров. Впрыск воды на закрытый впускной клапан и/или на поверхность коллектора обеспечивает возможность соприкосновения большего количества впрыснутой воды с горячими поверхностями коллектора и, тем самым, увеличения количества испаряющейся впрыснутой воды.

В примере на ФИГ. 6 впрыск во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана может быть осуществлен в опорной точке 608, непосредственно перед тем, как должно произойти закрытие впускного клапана, и когда массовый расход во впускной клапан или в его сторону находится почти в самой нижней точке. Впрыск воды во впускной тракт на горячую поверхность закрытого впускного клапана

обеспечивает возможность быстрого испарения воды, что увеличивает преимущество разбавления заряда от впрыска воды, при этом уменьшая преимущество охлаждения заряда. В частности, относительно большая часть впрыснутой воды поступает в форме пара (мгновенно переходит в пар), что увеличивает возможность разбавления заряда за счет впрыска.

Вернемся к ФИГ. 3: если поверхность клапана недостаточно горячая, на шаге 320 способ предусматривает включение третьего режима впрыска воды, в котором выбирают водяные форсунки коллектора для впрыска воды во впускной коллектор. На шаге 324 способ предусматривают выдачу команды осуществить впрыск определенного количества впрыскиваемой воды впрыском в коллектор. Например, контроллер может направить сигнал длительности импульса, соответствующий определенному количеству впрыскиваемой воды, исполнительному устройству водяной форсунки коллектора.

В дополнительных примерах выбор между форсунками впускного тракта и форсунками коллектора (или определение соотношения долей воды для подачи впрыском во впускной тракт и впрыском в коллектор) может зависеть от количества воды, подлежащего впрыску, ограничений форсунки и влажности впускного воздуха. Например, чем выше влажность впускного воздуха, тем меньше может быть количество воды, подаваемой посредством форсунки коллектора (и, соответственно, больше количество воды, подаваемой посредством форсунки впускного тракта). В другом примере, если впрыск воды в коллектор происходит с максимальным расходом (или на пределе насыщения), впрыск воды можно осуществить впрыском во впускной тракт. В качестве другого примера, если общее количество воды, подлежащее впрыску, превышает верхний предел форсунки коллектора, избыток может быть подан посредством форсунки впускного тракта. В качестве другого примера, если общее количество воды, подлежащее впрыску, превышает верхний предел форсунки впускного тракта, избыток может быть подан посредством форсунки коллектора. В другом примере выбор между форсунками впускного тракта и коллектора может зависеть от массового расхода воздуха, поступающего в двигатель, как раскрыто выше.

После выдачи команды впрыска воды, способ предусматривает оценку или измерение количества воды, поступившей в двигатель. Так как воду впрыскивают для регулирования разбавления, измерение осуществляют по измеренному изменению разбавления или влажности в двигателе. Поэтому с каждого из шагов 322 и 324 способ следует на шаг 326, на котором алгоритм предусматривает оценку количества впрыснутой воды по изменению уровня кислорода в отработавших газах. Например, контроллер может получить первый выходной сигнал от УДКОГ, работающего в режиме регулируемого напряжения, перед впрыском воды и второй выходной сигнал от УДКОГ, работающего в режиме регулируемого напряжения. Как было подробно раскрыто выше, датчику попеременно подают более низкое опорное напряжение (например, 450 мВ) и более высокое опорное напряжение (например, 950 мВ), при этом более высокое напряжение вызывает диссоциацию добавленной воды в отработавших газах с образованием кислорода, и датчик измеряет избыток кислорода. Контроллер может сравнить выходной ток накачки датчика при более низком напряжении с выходным током накачки датчика при более высоком напряжении после впрыска воды и определить второй выходной сигнал датчика как разность токов накачки при опорных напряжениях после впрыска воды. Затем контроллер может определить измеренное или фактическое количество воды, испаренной в двигателе, по разности первого и второго выходных сигналов, при этом измеренное количество тем больше, чем больше

эта разность.

В другом примере контроллер может сравнить выходные сигналы от датчика кислорода во впускном воздухе (например, датчика 34 O2BV на ФИГ. 1) и датчика влажности впускного воздуха, относящиеся ко времени до и после впрыска воды, для определения количества впрыснутой воды, фактически поступившей в двигатель и испаренной в нем.

Выбор датчика также может зависеть от характера впрыска. Например, если воду впрыскивают во впускной тракт непосредственно на поверхность клапана, датчик O2BV и датчик влажности могут не быть способны дать точное показание количества впрыснутой воды. В этих условиях может быть выбран УДКОГ. Для сравнения, если воду впрыскивают в коллектор, могут быть выбраны датчик O2BV и/или датчик влажности для измерения погрешности впрыска воды.

Также следует понимать, что в состояниях, когда водяную форсунку коллектора используют для регулирования разбавления или борьбы с детонацией, а впрыск воды в коллектор происходит с максимальным расходом или на пределе насыщения (например, при пороговой влажности впускного воздуха), контроллер может измерять впрыск воды посредством датчика кислорода в отработавших газах, работающего в режиме регулируемого напряжения. В состояниях, когда коллектор насыщен влагой, также происходит насыщение влагой датчика влажности впускного воздуха, который теряет способность измерять количество впрыснутой воды во впускной коллектор. Кроме того, возможно искажение при измерении температуры заряда датчиком ТЗК из-за присутствия жидкой воды на датчике. Поэтому оба датчика могут быть неточны, а их выходные сигналы - недостоверны.

Если впускной воздух полностью насыщен влагой, вода также может проникнуть в защитную трубку датчика O2BV, в результате чего датчик будет всегда показывать полное разбавление (даже при отсутствии состояний полного разбавления). Поэтому датчик O2BV также может быть неточен, а его выходной сигнал - недостоверен. В состояниях, когда выходной сигнал датчика O2BV указывает на насыщение (что имеет место, когда ток накачки датчика становится равен 0), контроллер может эксплуатировать датчик O2BV в режиме регулируемого напряжения для диссоциации воды в защитной трубке, окружающей чувствительный элемент датчика, и таким образом получать более точное и достоверное показание количества воды.

В таких состояниях УДКОГ, работающий в режиме регулируемого напряжения, может обеспечить достоверный выходной сигнал. По разбавлению, измеренному с помощью УДКОГ, то есть измеренному датчиком, работающим в номинальном режиме (в котором датчик эксплуатируют только при более низком опорном напряжении), может не быть возможно определить количество впрыснутой воды в двигатель, так как двигатель продолжает работать в условиях стехиометрии (например, с коэффициентом избытка воздуха 1.0), поэтому ток накачки (Inак) не изменяется (например, остается равен 0). УДКОГ, работающий в режиме регулируемого напряжения, в таких состояниях обеспечивает более точный способ контроля общего количества впрыснутой воды (то есть суммы воды, впрыснутой в коллектор, в поток воздуха, в цилиндр и т.п.), так как датчик расположен в самом низком по потоку месте, а регулируемая подача напряжения обеспечивает диссоциацию всей воды на водород и кислород, благодаря чему датчик может измерять избыток кислорода из всей добавленной воды.

С шага 326 способ следует на шаг 330, на котором контроллер регулирует впрыск воды и/или параметры работы двигателя в зависимости от разности заданного командой

и измеренного количества впрыскиваемой воды (то есть в зависимости от найденной погрешности впрыска воды). Регулирование впрыска воды может включать в себя регулирование количества впрыскиваемой воды и/или момента впрыска воды во время последующего события впрыска воды (из той же водяной форсунки или одной или нескольких других водяных форсунок) в зависимости от выходных сигналов множества датчиков. Например, контроллер может увеличить количество впрыскиваемой воды для последующего впрыска воды, если измеренное количество впрыскиваемой воды меньше заданного командой количества впрыскиваемой воды. Кроме того, можно отрегулировать момент впрыска выбранной водяной форсунки. В одном примере момент впрыска выбранной водяной форсунки можно синхронизировать с моментом открытия впускного клапана соответствующего цилиндра для регулирования впрыска воды в него. Также можно отрегулировать один или несколько параметров работы двигателя для компенсации погрешности впрыска воды. В одном примере можно увеличить поток РОГ в зависимости от погрешности впрыска воды, если погрешность приводит к недостаточному разбавлению. Например, контроллер может увеличить поток РОГ в зависимости от погрешности впрыска воды путем увеличения степени открытия клапана РОГ. В качестве другого примера, недостаточное разбавление можно компенсировать за счет регулировок фаз кулачкового распределения (например, регулировок ИФКР).

Таким образом, контроллер может выбрать одну из следующих водяных форсунок: форсунку впускного тракта, форсунку коллектора или форсунку непосредственного впрыска, для впрыска заданного командой количества воды во впускной коллектор; затем выбрать один из множества датчиков двигателя в зависимости от выбора водяной форсунки; и отрегулировать параметры работы двигателя после впрыска в зависимости от выходного сигнала выбранного датчика. Множество датчиков может включать в себя датчик кислорода во впускном воздухе, датчик кислорода в отработавших газах, датчик влажности, датчик температуры в коллекторе, датчик влажности впускного воздуха и датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя. Регулирование может включать в себя оценку фактического количества воды, поступившей в двигатель, по выходному сигналу от выбранного датчика и регулирование параметров работы двигателя в зависимости от соотношения заданного командой количества и фактического количества. Например, выбор водяной форсунки может включать в себя, в состояниях с нагрузкой двигателя ниже пороговой и частотой вращения двигателя ниже пороговой, выбор форсунки впускного тракта; и, в состояниях с нагрузкой двигателя выше пороговой и частотой вращения двигателя ниже пороговой, выбор форсунки коллектора. Выбор водяной форсунки может также включать в себя впрыск части заданного командой количества посредством форсунки коллектора до тех пор, пока не будет достигнут предел форсунки коллектора (например, предел насыщения или максимальный расход через форсунку), а затем впрыск остальной части заданного командой количества посредством форсунки непосредственного впрыска. Выбор форсунки впускного тракта может также включать в себя впрыск заданного командой количества посредством форсунки впускного тракта в сторону впускного клапана цилиндра двигателя до открытия впускного клапана, когда двигатель не работает на пределе детонации; и впрыск заданного командой количества посредством форсунки впускного тракта в сторону от впускного клапана цилиндра двигателя после открытия впускного клапана, когда двигатель работает на пределе детонации. Выбор датчика может включать в себя, после впрыска посредством первой форсунки впускного тракта в сторону впускного клапана, оценку фактического количества воды посредством

датчика температуры в коллекторе или датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя; после впрыска посредством второй форсунки впускного тракта в сторону от впускного клапана, оценку фактического количества воды посредством датчика кислорода в отработавших газах; после впрыска посредством форсунки коллектора, 5 оценку фактического количества воды посредством датчика температуры в коллекторе, или датчика влажности впускного воздуха, или датчика кислорода во впускном воздухе; и после впрыска посредством форсунки непосредственного впрыска, оценку фактического количества воды посредством датчика кислорода во впускном воздухе или датчика кислорода в отработавших газах. Кроме того, оценка посредством датчика 10 кислорода во впускном воздухе после впрыска посредством форсунки коллектора может включать в себя эксплуатацию датчика кислорода во впускном воздухе в номинальном режиме при первом опорном напряжении, при этом оценка посредством датчика кислорода во впускном воздухе после впрыска посредством форсунки непосредственного впрыска включает в себя эксплуатацию датчика кислорода во 15 впускном воздухе в регулируемом режиме при первом опорном напряжении и при втором опорном напряжении выше первого опорного напряжения, при этом оценка посредством датчика кислорода в отработавших газах включает в себя эксплуатацию датчика кислорода в отработавших газах в регулируемом режиме при первом опорном напряжении и при втором опорном напряжении. Регулирование работы двигателя 20 может включать в себя, когда заданное командой количество превышает фактическое количество, увеличение потока РОГ, изменение момента зажигания в сторону запаздывания относительно номинального момента, и изменение изменяемых фаз кулачкового распределения в сторону опережения или запаздывания относительно номинальных фаз кулачкового распределения.

Таким образом, впрыск воды и/или параметры работы двигателя можно регулировать для удовлетворения потребности в разбавлении или обеспечения преимущества 25 охлаждения.

График 400 на ФИГ. 4 иллюстрирует пример регулировок впрыска воды в зависимости от параметров работы двигателя. График 400 иллюстрирует выбор водяной 30 форсунки системы впрыска воды (например, системы 60 впрыска воды на ФИГ. 1) для подачи количества воды, обеспечивающего преимущества охлаждения заряда или разбавления заряда. Кроме того, график иллюстрирует измерение впрыска воды по выходному сигналу датчика температуры заряда в коллекторе и регулирование параметров работы двигателя, например момента зажигания, после впрыска воды. А 35 именно, на графике 400 представлены: заданное командой количество впрыскиваемой воды посредством выбранной водяной форсунки на кривых 402-404, детонация в двигателе (например, выходной сигнал детонации одного или нескольких датчиков детонации) на кривой 406, потребность в разбавлении в двигателе на кривой 408, изменения выходного сигнала датчика температуры заряда в коллекторе на кривой 40 410, изменения выходного сигнала УДКОГ на кривой 412 и оценочное количество впрыснутой воды на кривой 414 (измеренное по выходному сигналу датчика ТЗК). Впрыск воды посредством водяной форсунки коллектора представлен штриховой линией на кривой 402; пунктирная линия соответствует впрыску воды посредством 45 водяных форсунок впускного тракта, расположенных под углом в сторону впускного коллектора (кривая 404), а сплошная линия соответствует впрыску воды посредством водяных форсунок впускного тракта, расположенных под углом в сторону впускных клапанов (кривая 406). Для каждого рабочего параметра время указано по горизонтальной оси, а значения соответствующего рабочего параметра - по

вертикальной оси. В одном примере датчик температуры заряда в коллекторе может быть расположен вблизи водяной форсунки, например во впускном коллекторе, если водяная форсунка расположена во впускном коллекторе.

До момента t_1 условия для впрыска воды отсутствуют, и впрыск воды не включен. В это время двигатель работает без впрыска воды. В одном примере в момент t_1 может отсутствовать запас воды для впрыска. Поэтому контроллер может направить запрос исполнительным устройствам системы сбора воды увеличить сбор воды в пределах транспортного средства. В другом примере впрыск воды может не быть запрошен в связи с тем, что нагрузка двигателя и запаздывание зажигания меньше пороговых.

Интенсивность сигнала детонации возрастает (кривая 406) сверх порога 405 перед t_1 из-за изменения параметров работы двигателя. В одном примере сигнал детонации может возрастать в связи с ростом частоты вращения и/или нагрузки двигателя, например, в связи с возрастанием нагрузки двигателя до состояний с нагрузками от средних до высоких. В одном примере возрастание нагрузки обусловлено событием нажатия водительской педали. В связи с указанием наличия детонации, в момент t_1 запрашивают впрыск воды. В момент t_1 контроллер может направить сигнал водяной форсунке коллектора (402) для впрыска в коллектор количества воды, необходимого для подавления детонации. Количество воды, задаваемое командой для впрыска посредством водяной форсунки коллектора (кривая 402), зависит от указания наличия детонации.

В связи с запросом впрыска может быть измерена температура заряда в коллекторе (перед впрыском воды), и в момент t_1 контроллер дать команду впрыснуть определенное количество воды, подлежащее впрыску, из форсунки коллектора (кривая 402) системы впрыска воды путем направления форсунке сигнала длительности импульса. В результате впрыска воды в коллектор происходит охлаждение заряда, и температура заряда в коллекторе падает между моментами t_1 и t_2 (кривая 406). Через некоторый период после впрыска, в момент t_2 , температуру заряда в коллекторе вновь измеряют. При этом измеренное изменение ТЗК меньше фактического изменения (заштрихованный сегмент 409), ожидаемого в связи с заданным командой количеством впрыскиваемой воды. В результате находят погрешность впрыска воды (недостаточный впрыск) и учитывают ее при последующем событии впрыска воды. Из-за недостатка воды величина охлаждения заряда, необходимая для подавления детонации, не обеспечена. Поэтому в момент t_2 сигнал детонации (кривая 406) не падает ниже порога 405, причем порог 405 представляет собой интенсивность сигнала детонации, при превышении которой запрашивают впрыск воды. В связи с тем, что интенсивность детонации остается выше порога, впрыск воды в коллектор вновь запускают с увеличенным количеством воды, впрыскиваемой в коллектор, для компенсации погрешности впрыска воды, найденной во время предыдущего впрыска. Из-за недостаточного подавления детонации за счет впрыска дополнительной воды в коллектор, в момент t_3 впрыск в коллектор осуществляют с максимальным расходом, и контроллер обеспечивает дополнительную величину подавления детонации путем выдачи команды впрыска дополнительного количества воды из форсунки впускного тракта, расположенной под углом в сторону от впускных клапанов (кривая 403). В другом примере контроллер может направить сигнал исполнительному устройству водяной форсунки непосредственного впрыска, соединенной с цилиндром (цилиндрами), в котором происходит детонация, осуществить впрыск воды для дополнительного подавления детонации в момент t_3 . Так как впрыск воды применяют для охлаждения заряда, ТЗК продолжает падать, и подавление детонации достигнуто.

Через некоторый период после впрыска в момент t_3 вновь измеряют температуру заряда в коллекторе и оценивают количество впрыснутой воды (кривая 414) в момент t_4 по измеренному изменению температуры заряда в коллекторе. Погрешность впрыска воды не находят, поэтому впрыск воды дополнительно не регулируют. В результате

5 впрыска воды в момент t_3 температура заряда в коллекторе падает в момент t_4 , а сигнал детонации (кривая 406) падает ниже порога. В связи с тем, что интенсивность детонации ниже порога контроллер уменьшает количество впрыскиваемой воды между моментами t_4 и t_5 .

В момент t_5 потребность в разбавлении превышает порог 407 из-за изменения

10 параметров работы двигателя, например падения нагрузки двигателя до состояний с нагрузками от низких до средних. В одном примере падение нагрузки обусловлено событием отпуская водителем педали. Порог 407 представляет собой потребность в разбавлении, при превышении которой запрашивают впрыск воды. В связи с возрастанием потребности в разбавлении сверх порога в момент t_5 и тем, что

15 температуры поверхности клапана достаточно высоки, контроллер дает команду впрыска некоторого количества воды посредством форсунок впускного тракта (кривая 404), расположенных под углом в сторону впускных клапанов. Контроллер может получить выходной сигнал от УДКОГ, работающего в режиме регулируемого напряжения, до того, как выдать команду впрыска воды. Затем контроллер может

20 направить сигнал исполнительным устройствам соответствующих водяных форсунок впускного тракта и осуществить впрыск некоторого количества воды в зависимости от потребности в разбавлении. Контроллер может получить другой выходной сигнал от УДКОГ, работающего в режиме регулируемого напряжения, после впрыска воды в момент t_6 . Измеренное изменение выходного сигнала УДКОГ при этом меньше

25 фактического изменения (заштрихованный сегмент 411), ожидаемого в связи с заданной командой количеством впрыскиваемой воды. В результате, находят погрешность впрыска воды (недостаточный впрыск) и учитывают ее при последующем событии впрыска воды в момент t_6 для лучшего удовлетворения потребности в разбавлении. В частности, впрыск во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана

30 увеличивают во время последующего впрыска воды в момент t_6 . В связи со снижением потребности в разбавлении после впрыска воды, контроллер может отрегулировать количество впрыскиваемой воды в момент t_7 . Например, в момент t_7 контроллер может уменьшить количество впрыскиваемой воды в зависимости от снижения потребности в разбавлении.

Другой пример регулирования впрыска воды и измерения воды раскрыт на ФИГ. 7. В примере на ФИГ. 7 впрыск воды применяют для регулирования разбавления. График 700 иллюстрирует: частоту вращения двигателя на кривой 702, впрыск воды во впускной тракт на кривой 704, впрыск воды в коллектор на кривой 706, выходной сигнал датчика кислорода во впускном воздухе (сигнал O2BV) на кривой 708, выходной

40 сигнал датчика кислорода в отработавших газах (УДКОГ) на кривой 710, режим работы (номинальный или регулируемого напряжения) УДКОГ на кривой 711 (штриховая линия), выходной сигнал датчика влажности впускного воздуха на кривой 712, выходной сигнал датчика температуры заряда в коллекторе (ТЗК) на кривой 714 и температуру впускного клапана, расположенного ниже по потоку от форсунки впускного тракта

45 на кривой 716. Для каждого рабочего параметра, время указано по горизонтальной оси, а значения соответствующего рабочего параметра - по вертикальной оси. В одном примере датчик температуры заряда в коллекторе может быть расположен вблизи водяной форсунки, например во впускном коллекторе, если водяная форсунка

расположена во впускном коллекторе. Кроме того, датчик влажности, датчик O2BV и датчик ТЗК могут быть соединены с впускным коллектором выше по потоку от форсунки впускного тракта. В данном примере форсунка впускного тракта может быть выполнена с возможностью впрыска воды в сторону впускного клапана.

5 До t_1 двигатель работает в состояниях холостого хода, и впрыск воды не нужен. Соответственно, и водяную форсунку впускного тракта, и водяную форсунку коллектора оставляют выключенными, и воду не впрыскивают во впускной коллектор. Температурный режим во впускном коллекторе в это время отражает выходной сигнал датчика ТЗК, а режим влажности во впускном коллекторе в это время отражает
10 выходной сигнал датчика влажности. И O2BV, и УДКОГ в это время эксплуатируют в номинальном режиме. Выходной сигнал датчика O2BV в номинальном режиме в это время обеспечивает оценку содержания кислорода во впускном заряде. Выходной сигнал УДКОГ в номинальном режиме в это время обеспечивает оценку содержания кислорода в отработавших газах, из которой рассчитывают воздушно-топливное
15 отношение отработавших газов. В данном примере выходной сигнал УДКОГ указывает, что двигатель работает с воздушно-топливным отношением, равным или приблизительно равным стехиометрическому. Кроме того, в это время температура впускного клапана может медленно расти.

В момент t_1 , из-за изменения параметров работы двигателя, например, роста
20 требуемого крутящего момента, двигатель переходит в область низких частот вращения и нагрузок. В данной области двигатель может работать на пределе устойчивости горения, и может быть нужно большее разбавление в двигателе. Впрыск воды в это время может быть включен для обеспечения нужного разбавления в двигателе. В частности, в это время впрыску воды во впускной тракт отдан более высокий приоритет
25 (по сравнению с впрыском воды в коллектор) в связи с тем, что впускной клапан достаточно горяч, а также в связи с особенностями конструкции двигателя (например, из-за близости форсунки впускного тракта к водяному насосу).

Между t_1 и t_2 воду впрыскивают во впускной тракт из водяной форсунки впускного тракта на горячую поверхность впускного клапана. В частности, момент впрыска воды
30 во впускной тракт регулируют так, чтобы он совпадал с закрытием впускного клапана (например, вблизи НМТ такта впуска, как раскрыто на примере ФИГ. 6), чтобы могло произойти быстрое испарение впрыснутой воды (например, непосредственно после соприкосновения с горячей поверхностью впускного клапана), что увеличивает эффект разбавления заряда от впрыска воды, при этом сводя к минимуму эффект охлаждения
35 заряда. Количество впрыскиваемой воды регулируют для удовлетворения потребности в разбавлении. Между t_1 и t_2 , в связи с впрыском воды, температура впускного клапана начинает падать. Кроме того, между t_1 и t_2 количество впрыснутой воды измеряют посредством O2BV и/или УДКОГ, работающих в режиме регулируемого напряжения. В режиме регулируемого напряжения, под действием более высокого опорного
40 напряжения происходит распад впрыснутой воды на водород и кислород, в связи с чем возрастает количество кислорода, измеренное датчиком кислорода. Затем дополнительное количество кислорода можно соотнести с количеством воды, поступившей во впускной коллектор в результате впрыска воды во впускной тракт. Следует понимать, что если бы датчик O2BV эксплуатировали в номинальном режиме,
45 выходной сигнал датчика не мог бы указывать достоверную концентрацию воды в коллекторе из-за расположения места впрыска воды во впускной тракт относительно местоположения датчика O2BV. Точно также, если бы УДКОГ эксплуатировали в номинальном режиме, выходной сигнал датчика не мог бы указывать достоверную

концентрацию воды в коллекторе в связи с поддержанием контроллером двигателя стехиометрического или приблизительно стехиометрического воздушно-топливного отношения отработавших газов во время впрыска воды. Выходной сигнал датчика влажности также может быть относительно недостоверным в это время в связи с

5 расположением места впрыска воды во впускной тракт относительно местоположения датчика влажности. Кроме того, так как впрыск воды во впускной тракт осуществляли на горячую поверхность закрытого впускного клапана для уменьшения эффекта охлаждения заряда от впрыска воды, выходной сигнал датчика ТЗК также может быть недостоверным в это время.

10 В момент t_2 , в связи с требуемым водителем крутящим моментом, нагрузка двигателя возрастает далее в область нагрузок от низких до средних. Соответственно возрастает потребность в разбавлении в двигателе. Из-за относительно низкой температуры впускного клапана, в это время нельзя применять впрыск воды во впускной тракт для удовлетворения потребности в разбавлении. Поэтому в это время выключают впрыск

15 воды во впускной тракт и включают впрыск воды в коллектор для создания нужного разбавления в двигателе.

Между t_2 и t_3 воду впрыскивают из водяной форсунки коллектора во впускной коллектор или на поверхность коллектора. Количество впрыснутой воды регулируют для удовлетворения потребности в разбавлении (постепенно возрастающей между t_2

20 и t_3). Между t_2 и t_3 , в связи с возрастанием нагрузки двигателя, температура впускного клапана начинает расти. Между t_2 и t_3 количество впрыснутой воды измеряют посредством O2BV и/или УДКОГ, работающих в режиме регулируемого напряжения (РН, штриховая кривая 711). В режиме регулируемого напряжения, под действием более высокого опорного напряжения происходит распад впрыснутой воды на водород и

25 кислород, в связи с чем возрастает количество кислорода, измеренное датчиком кислорода. Затем дополнительное количество кислорода можно соотнести с количеством воды, поступившей во впускной коллектор в результате впрыска воды в коллектор. Следует понимать, что если бы УДКОГ эксплуатировали в номинальном режиме ("Ном.", штриховая кривая 711), выходной сигнал датчика не мог бы указывать

30 достоверную концентрацию воды в коллекторе в связи с поддержанием контроллером двигателя стехиометрического или приблизительно стехиометрического воздушно-топливного отношения отработавших газов во время впрыска воды. Или же датчик O2BV можно эксплуатировать в номинальном режиме (не показано), и выходной сигнал датчика может достоверно указывать концентрацию воды в коллекторе в связи

35 расположением места впрыска воды в коллектор относительно местоположения датчика O2BV. Точно также, по выходному сигналу датчика влажности можно достоверно оценивать количество впрыскиваемой воды в связи с расположением места впрыска воды в коллектор относительно местоположения датчика влажности. Выходной сигнал датчика ТЗК также может быть достоверным в это время.

40 В момент t_3 частота вращения/нагрузка двигателя возрастают далее в область средних нагрузок, и соответственно возрастает потребность в разбавлении в двигателе. Ее удовлетворяют за счет увеличения впрыска воды в коллектор до максимального расхода с последующим поддержанием максимального расхода впрыска воды в коллектор. Водяная форсунка коллектора находится на своем пределе насыщения между t_3 и t_4 .

45 Оценочная влажность возрастает по мере роста впрыска воды в коллектор. При этом, как только впрыск воды в коллектор достигнет предела насыщения в момент t_3 , датчик влажности также может достигнуть насыщения и может не быть способен достоверно оценивать количество воды, впрыснутой посредством водяной форсунки

коллектора. Как следствие, выходной сигнал датчика влажности может оставаться постоянным, даже если количество воды, впрыснутой форсункой коллектора, возрастает. Показания датчика ТЗК также могут быть искажены из-за присутствия жидкой воды на датчике в состояниях насыщения, и измеренная ТЗК может не быть точной.

- 5 Например, возможны резкие изменения выходного сигнала ТЗК, который может не соответствовать количеству впрыскиваемой воды. Из-за полного насыщения воздуха во впускном коллекторе водой, жидкая вода может проникнуть в защитную трубку датчика кислорода во впускном воздухе. В результате, выходной сигнал датчика O2BV, работающего в номинальном режиме, может оставаться постоянным даже при
- 10 возрастании количества впрыснутой воды (см. сигнал O2BV, изображенный в заштрихованном сегменте 709). Точно также, если бы УДКОГ эксплуатировали в номинальном режиме, выходной сигнал датчика мог бы оставаться постоянным и не мог бы указывать достоверную концентрацию воды в коллекторе в связи с поддержанием контроллером двигателя стехиометрического или приблизительно
- 15 стехиометрического воздушно-топливного отношения отработавших газов во время впрыска воды.

- Таким образом, между t_3 и t_4 , когда впрыск воды в коллектор происходит на пределе насыщения, количество впрыснутой воды достоверно измеряют посредством датчика O2BV, работающего в режиме регулируемого напряжения, и/или УДКОГ, работающего
- 20 в режиме регулируемого напряжения. В момент t_3 , когда датчик O2BV достигает насыщения, что станет известно, когда ток накачки датчика станет равен 0, O2BV можно эксплуатировать в режиме РН для диссоциации воды в защитной трубке, окружающей чувствительный элемент датчика O2BV, и получения точного показания количества воды, впрыснутой во впускной коллектор. Выходной сигнал УДКОГ,
- 25 работающего в режиме РН, может обеспечить наиболее точную оценку количества впрыснутой воды во время впрыска воды в состояниях насыщения. В частности, выходной сигнал УДКОГ может обеспечить оценку общего количества воды, впрыснутой в поток впускного воздуха (например, если воду впрыскивали в какой-либо комбинации впрыска во впускные тракты и впрыска воды в коллектор).

- 30 В момент t_4 возможно падение требуемого водителем крутящего момента, в результате чего соответственно падают частота вращения/нагрузка двигателя и потребность в разбавлении. Поэтому в момент t_4 впрыск воды может быть выключен или уменьшен. Возможно соответствующее снижение выходных сигналов датчиков. После t_4 датчик ТЗК может возобновить выдачу точной оценки температуры в
- 35 коллекторе, датчик влажности может возобновить выдачу точной оценки влажности в коллекторе, датчик O2BV можно вновь эксплуатировать в номинальном режиме для точной оценки содержания кислорода во впускном воздухе, а УДКОГ можно вновь эксплуатировать в номинальном режиме для точной оценки воздушно-топливного отношения отработавших газов. Таким образом, выбор водяных форсунок можно
- 40 регулировать в зависимости от параметров работы двигателя, а методы оценки впрыска воды можно соответствующим образом корректировать для точной оценки количества впрыскиваемой воды.

- Еще один пример регулирования впрыска воды и измерения воды датчиками раскрыт на примере ФИГ. 8. В примере на ФИГ. 8 впрыск воды применяют для борьбы с
- 45 детонацией и/или регулирования температуры компонентов двигателя. График 800 иллюстрирует нагрузку двигателя на кривой 802, впрыск воды во впускной тракт на кривой 804, впрыск воды в коллектор на кривой 806, непосредственный впрыск воды на кривой 808, выходной сигнал датчика кислорода во впускном воздухе (сигнал O2BV)

на кривой 810, режим работы (номинальный или регулируемого напряжения) датчика O2BV на кривой 811 (штриховая линия), выходной сигнал датчика кислорода в отработавших газах (УДКОГ) на кривой 812, режим работы (номинальный или регулируемого напряжения) УДКОГ на кривой 813 (штриховая линия), выходной сигнал датчика влажности впускного воздуха на кривой 814 и выходной сигнал датчика температуры заряда в коллекторе (ТЗК) на кривой 816. Для каждого рабочего параметра время указано по горизонтальной оси, а значения соответствующего рабочего параметра - по вертикальной оси. В одном примере датчик температуры заряда в коллекторе может быть расположен вблизи водяной форсунки, например во впускном коллекторе, если водяная форсунка расположена во впускном коллекторе. Кроме того, датчик влажности, датчик O2BV и датчик ТЗК могут быть соединены с впускным коллектором выше по потоку от форсунки впускного тракта. В данном примере форсунка впускного тракта может быть выполнена с возможностью впрыска воды в сторону от впускного клапана.

До t11 двигатель работает в состояниях с низкой частотой вращения/нагрузкой двигателя, и впрыск воды не нужен. Соответственно, водяную форсунку впускного тракта, водяную форсунку коллектора и водяную форсунку непосредственного впрыска оставляют выключенными, и воду не впрыскивают ни во впускной коллектор, ни непосредственно в цилиндр. Температурный режим во впускном коллекторе в это время отражает выходной сигнал датчика ТЗК, а режим влажности во впускном коллекторе в это время отражает выходной сигнал датчика влажности. И O2BV, и УДКОГ в это время эксплуатируют в номинальном режиме. Выходной сигнал датчика O2BV в номинальном режиме в это время обеспечивает оценку содержания кислорода во впускном заряде. Выходной сигнал УДКОГ в номинальном режиме в это время обеспечивает оценку содержания кислорода в отработавших газах, из которой рассчитывают воздушно-топливное отношение отработавших газов. В данном примере выходной сигнал УДКОГ указывает, что двигатель работает с воздушно-топливным отношением, равным или приблизительно равным стехиометрическому.

Между t11 и t12, из-за изменения параметров работы двигателя, например роста требуемого крутящего момента, двигатель переходит в область частот вращения и нагрузок от средних до высоких. В данной области двигатель может работать на пределе детонации, и может быть нужно охлаждение заряда в нем. В частности, по мере роста нагрузки двигателя, двигатель может приблизиться к пределу детонации или выйти за него, а интенсивность сигнала детонации датчика детонации в двигателе может начать превышать предел детонации. В это время может быть включен впрыск воды для обеспечения нужного охлаждения заряда. В частности, в это время впрыску воды во впускной тракт присваивают более высокий приоритет (по сравнению с впрыском воды в коллектор) из-за особенностей конструкции двигателя (например, из-за близости форсунки впускного тракта к водяному насосу). Между t11 и t12 воду впрыскивают во впускной тракт из водяной форсунки впускного тракта в направлении в сторону от поверхности впускного клапана и противоположном направлению потока воздуха в двигатель (то есть, когда воздух направляют из впускного коллектора во впускной тракт и в сторону впускного клапана, воду можно впрыскивать во впускной тракт в сторону впускного тракта и коллектора и в сторону от впускного клапана). Момент впрыска воды во впускной тракт регулируют так, чтобы он совпадал с моментом, в который клапан почти полностью открыт (например, перед НМТ такта впуска или на полпути между ВМТ и НМТ такта впуска, как раскрыто на примере ФИГ. 6), чтобы впрыснутая вода могла быть быстро вовлечена в поток воздуха в сторону клапана

цилиндра. Кроме того, относительно большая часть жидкой воды может быть вовлечена в воздух (а не перейти в пар во впускном тракте), что усиливает эффекты охлаждения заряда от впрыска воды, при этом сводя к минимуму эффект разбавления заряда. Количество впрыскиваемой воды регулируют для удовлетворения потребности в

5 охлаждении заряда.

Между t_{11} и t_{12} , из-за эффекта охлаждения заряда от впрыска воды во впускной тракт, температура во впускном коллекторе, измеряемая датчиком ТЗК, начинает падать. В связи с расположением места впрыска воды во впускной тракт относительно местоположения датчика влажности, выходной сигнал датчика влажности в это время

10 также может быть достоверным. То есть выходной сигнал датчика влажности может соответствовать количеству воды, впрыснутой во впускной тракт.

Кроме того, между t_{11} и t_{12} количество впрыснутой воды измеряют посредством O2BV и/или УДКОГ, работающего в режиме регулируемого напряжения (РН, штриховая кривая 813). В режиме регулируемого напряжения под действием более высокого

15 опорного напряжения происходит расщепление впрыснутой воды на водород и кислород, в связи с чем возрастает количество кислорода, измеренное датчиком кислорода. Затем дополнительное количество кислорода можно соотнести с количеством воды, поступившей во впускной коллектор в результате впрыска воды во впускной тракт. Следует понимать, что, в качестве альтернативы, датчик O2BV можно

20 эксплуатировать в номинальном режиме, как показано ("Ном.", штриховая кривая 811), и выходной сигнал датчика может достоверно указывать концентрацию воды в коллекторе в связи расположением места впрыска воды во впускной тракт относительно местоположения датчика O2BV. При этом если бы УДКОГ эксплуатировали в номинальном режиме, выходной сигнал датчика не мог бы указывать достоверную

25 концентрацию воды в коллекторе в связи с поддержанием контроллером двигателя стехиометрического или приблизительно стехиометрического воздушно-топливного отношения отработавших газов во время впрыска воды.

В момент t_{12} , в связи с требуемым водителем крутящим моментом, нагрузка двигателя возрастает далее в область более высоких частот вращения и нагрузок. Соответственно,

30 возрастает потребность в охлаждении заряда в двигателе из-за роста интенсивности детонации. В это время впрыск воды во впускной тракт нельзя применять для удовлетворения потребности в охлаждении заряда. Поэтому в это время впрыск воды во впускной тракт выключен, а впрыск воды в коллектор включен, для обеспечения необходимого подавления детонации в двигателе.

Между t_{12} и t_{13} воду впрыскивают из водяной форсунки коллектора во впускной коллектор или на поверхность коллектора. Количество впрыснутой воды регулируют для удовлетворения потребности в охлаждении заряда (постепенно возрастающей

35 между t_{12} и t_{13} по мере роста интенсивности детонации). Между t_{12} и t_{13} количество впрыснутой воды продолжают измерять посредством O2BV (работающего в номинальном режиме или режиме регулируемого напряжения) и/или УДКОГ (работающего в режиме регулируемого напряжения). В режиме регулируемого

40 напряжения под действием более высокого опорного напряжения происходит распад впрыснутой воды на водород и кислород, в связи с чем возрастает количество кислорода, измеренное датчиком кислорода. Затем дополнительное количество кислорода можно соотнести с количеством воды, поступившей во впускной коллектор в результате

45 впрыска воды в коллектор. Точно также, по выходному сигналу датчика влажности можно достоверно оценивать количество впрыскиваемой воды в связи с расположением места впрыска воды в коллектор относительно местоположения датчика влажности.

Выходной сигнал датчика ТЗК в это время также может быть достоверным.

В момент t13 частота вращения/нагрузка двигателя возрастают далее, и соответственно возрастает потребность в охлаждении заряда в двигателе. Ее удовлетворяют за счет увеличения впрыска воды в коллектор до максимального расхода с последующим поддержанием максимального расхода впрыска воды в коллектор. Водяная форсунка впрыска коллектора достигает своего предела насыщения между t13 и t14.

В момент t14 опять возрастает частота вращения/нагрузка двигателя с соответствующим дальнейшим ростом потребности в охлаждении заряда в двигателе для регулирования температуры компонентов и подавления детонации. Ее удовлетворяют за счет поддержания максимального расхода впрыска воды в коллектор и увеличения впрыска воды в цилиндр посредством водяной форсунки непосредственного впрыска. Между t14 и t15 количество воды непосредственного впрыска регулируют в зависимости от изменения частоты вращения/нагрузки двигателя и соответствующих изменений потребности в охлаждении заряда.

Оценочная влажность возрастает по мере роста впрыска воды в коллектор. При этом, как только впрыск воды в коллектор достигнет предела насыщения после t13, датчик влажности также может достигнуть насыщения и может не быть способен достоверно оценивать количество воды, впрыснутой посредством водяной форсунки коллектора. Поэтому выходной сигнал датчика влажности может оставаться постоянным, даже если количество воды, впрыснутой форсункой коллектора, возрастает между t13 и t14, и даже когда происходит непосредственный впрыск воды после t14. Показания датчика ТЗК также могут быть искажены из-за присутствия жидкой воды на датчике в состояниях насыщения (t13-t15), при этом измеренная ТЗК может не быть точной. Например, возможны резкие изменения выходного сигнала ТЗК, который может не соответствовать количеству впрыскиваемой воды. Из-за полного насыщения воздуха во впускном коллекторе водой, жидкая вода может проникнуть в защитную трубку датчика кислорода во впускном воздухе. В результате, выходной сигнал датчика O2BV, работающего в номинальном режиме, может оставаться постоянным даже при возрастании количества впрыснутой воды (см. сигнал O2BV, изображенный в заштрихованном сегменте 809). Точно также, если бы УДКОГ эксплуатировали в номинальном режиме, выходной сигнал датчика мог бы оставаться постоянным и не мог бы указывать достоверную концентрацию воды в коллекторе в связи с поддержанием контроллером двигателя стехиометрического или приблизительно стехиометрического воздушно-топливного отношения отработавших газов во время впрыска воды.

Поэтому между t13 и t15, когда впрыск воды в коллектор происходит на пределе насыщения, и когда непосредственный впрыск воды варьируют, количество впрыснутой воды достоверно измеряют посредством датчика O2BV, работающего в режиме регулируемого напряжения, и/или УДКОГ, работающего в режиме регулируемого напряжения. В момент t13, когда датчик O2BV достигает насыщения, что станет известно, когда ток накачки датчика станет равен 0, O2BV можно эксплуатировать в режиме РН для диссоциации воды в защитной трубке, окружающей чувствительный элемент датчика O2BV, и получения точного показания количества воды, впрыснутой во впускной коллектор. Выходной сигнал УДКОГ, работающего в режиме РН, может обеспечить наиболее точную оценку количества впрыскиваемой воды во время впрыска воды в состояниях насыщения. В частности, выходной сигнал УДКОГ может обеспечить оценку общего количества воды, впрыснутой в поток впускного воздуха (например,

общее количество воды, впрыснутой в коллектор и непосредственным впрыском в какой-либо комбинации).

В момент t15 происходит падение требуемого водителем крутящего момента, в результате чего соответственно падают частота вращения/нагрузка двигателя и потребность в охлаждении заряда. Поэтому в момент t15 впрыск воды может быть выключен или уменьшен. Возможно соответствующее снижение выходных сигналов датчиков. После t15 датчик ТЗК может возобновить выдачу точной оценки температуры в коллекторе, датчик влажности может возобновить выдачу точной оценки влажности в коллекторе, датчик O2BV можно вновь эксплуатировать в номинальном режиме для точной оценки содержания кислорода во впускном воздухе, а УДКОГ можно вновь эксплуатировать в номинальном режиме для точной оценки воздушно-топливного отношения отработавших газов. Таким образом, выбор водяных форсунок можно регулировать в зависимости от параметров работы двигателя, а методы оценки впрыска воды можно соответствующим образом корректировать для точной оценки количества впрыскиваемой воды.

Таким образом, измерение впрыска воды можно регулировать в зависимости от того, какая форсунка выбрана для впрыска воды, а также конкретных преимуществ, обеспечиваемых за счет впрыска воды. Регулирование впрыска воды по температуре (например, с помощью датчика температуры заряда), когда впрыск воды применяют при высоких нагрузках для подавления детонации, позволяет точно измерять и компенсировать эффект охлаждения заряда от впрыска воды. Регулирование впрыска воды по влажности или содержанию кислорода (например, с помощью датчика влажности впускного воздуха или датчика кислорода), когда впрыск воды применяют при низких нагрузках для разбавления заряда, позволяет точно измерять и компенсировать эффект охлаждения заряда от впрыска воды. Регулирование впрыска воды и параметров работы двигателя в зависимости от измеренной погрешности впрыска воды позволяет использовать преимущества от впрыска воды и связанные с ними преимущества топливной экономичности в более широком диапазоне рабочих состояний двигателя. Впрыск воды посредством водяных форсунок впускного тракта на горячую поверхность закрытого впускного клапана при наличии потребности в разбавлении в двигателе обеспечивает преимущество, состоящее в возможности быстрого испарения воды для создания максимального эффекта разбавления заряда от впрыска воды, при этом минимизируя эффекты охлаждения заряда. Впрыск воды посредством водяных форсунок впускного тракта в сторону от открытого впускного клапана при наличии потребности в охлаждении двигателя обеспечивает преимущество, состоящее в возможности улучшения смешивания впрыснутой воды с потоком поступающего воздуха для создания максимального эффекта охлаждения заряда от впрыска воды, при этом минимизируя эффекты разбавления заряда. Измерение чистого впрыска воды с помощью датчика кислорода в отработавших газах, работающего в режиме регулируемого напряжения, при наличии ограничений для других датчиков, позволяет точно и достоверно выполнять оценку впрыска воды. Улучшение использования впрыска воды позволяет улучшить эксплуатационные показатели двигателя.

В одном варианте осуществления способ содержит шаги, на которых: в первом состоянии, в ответ на запрос разбавления в двигателе, впрыскивают воду во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана; и во втором состоянии, в ответ на детонацию в двигателе, впрыскивают воду во впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана. В первом примере способа впрыск воды во впускной тракт в

сторону закрытого впускного клапана включает в себя впрыск воды на поверхность клапана в момент до начала открытия впускного клапана, при этом впрыск воды во впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана включает в себя впрыск в сторону от поверхности клапана в момент после начала открытия впускного клапана.

5 Во втором примере способа, опционально включающем в себя первый пример, первое состояние включает в себя нагрузку двигателя ниже порога, причем второе состояние включает в себя нагрузку двигателя выше порога. В третьем примере способа, опционально включающем в себя первый и/или второй примеры, впрыск воды во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана включает в себя впрыск во впускной тракт в момент, соответствующий нижней мертвой точке (НМТ) такта впуска, 10 причем впрыск воды во впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана включает в себя впрыск во впускной тракт в период между верхней мертвой точкой (ВМТ) и нижней мертвой точкой (НМТ) такта впуска. В четвертом примере способа, опционально включающем в себя один или несколько примеров с первого по третий, температура впускного клапана в первом состоянии выше, чем во втором состоянии. В пятом примере способа, опционально включающем в себя примеры с первого по четвертый, часть впрыснутой воды, остающаяся в жидкой форме после впрыска, во втором состоянии больше, чем в первом состоянии. В шестом примере способа, опционально включающем в себя примеры с первого по пятый, поток воздуха в тракт, 20 подсоединенный выше по потоку от впускного клапана, во втором состоянии больше, чем в первом состоянии. В седьмом примере способа, опционально включающем в себя примеры с первого по шестой, количество воды, заданное командой в первом состоянии, зависит и от нагрузки двигателя, и от смоделированной температуры клапана; причем количество воды, заданное командой во втором состоянии, зависит и от нагрузки двигателя, и от оценочной интенсивности детонации. В восьмом примере способа, опционально включающем в себя примеры с первого по седьмой, момент впрыска воды во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана зависит от смоделированной температуры клапана, при этом указанный момент отсрочивают до тех пор, пока смоделированная температура клапана не превысит пороговую 30 температуру, при этом пороговая температура зависит от количества воды, впрыскиваемой в первом состоянии. В девятом примере способа, опционально включающем в себя примеры с первого по восьмой, дополнительно: в первом состоянии после впрыска оценивают фактическое количество воды в двигателе по данным обратной связи от датчика кислорода во впускном воздухе, работающего в режиме регулируемого напряжения; и во втором состоянии после впрыска оценивают фактическое количество воды в двигателе по данным обратной связи от датчика температуры заряда в коллекторе. В десятом примере способа, опционально включающем в себя примеры с первого по девятый, дополнительно: в первом состоянии после впрыска регулируют проход клапана РОГ в зависимости от разности заданного командой количества и фактического количества, при этом проход клапана РОГ 40 увеличивают тем больше, чем больше указанная разность; и во втором состоянии после впрыска регулируют запаздывание момента зажигания в зависимости от разности заданного командой количества и фактического количества, при этом момент зажигания изменяют в сторону запаздывания тем больше, чем больше указанная разность.

45 В другом варианте осуществления способ содержит шаги, на которых: в ответ на запрос разбавления в двигателе впрыскивают во впускной тракт первое количество воды в сторону впускного клапана до открытия впускного клапана; и в ответ на запрос охлаждения заряда в двигателе впрыскивают во впускной тракт второе количество

воды в сторону от впускного клапана во время открытия впускного клапана. В первом
 примере способа дополнительно: после впрыска во впускной тракт в ответ на запрос
 разбавления в двигателе, оценивают изменение содержания кислорода во впускном
 воздухе посредством датчика кислорода во впускном воздухе, работающего в режиме
 5 регулируемого напряжения, и регулируют расход РОГ в зависимости от оценочного
 изменения содержания кислорода во впускном воздухе. Во втором примере способа,
 опционально включающем в себя первый пример, дополнительно: после впрыска во
 впускной тракт в ответ на запрос охлаждения заряда, оценивают изменение температуры
 в коллекторе посредством датчика температуры в коллекторе и регулируют степень
 10 применяемого запаздывания момента зажигания в зависимости от оценочного изменения
 температуры в коллекторе. В третьем примере способа, опционально включающем в
 себя первый и/или второй примеры, и количество, и момент впрыска во впускной тракт
 в ответ на запрос разбавления в двигателе зависят от смоделированной температуры
 клапана, причем и количество, и момент впрыска во впускной тракт в ответ на запрос
 15 охлаждения заряда зависят от интенсивности детонации.

В еще одном варианте осуществления система содержит: водяную форсунку впускного
 тракта, соединенную с впускным трактом цилиндра двигателя выше по потоку от
 впускного клапана цилиндра; водяную форсунку коллектора, соединенную с впускным
 коллектором двигателя выше по потоку от водяной форсунки впускного тракта;
 20 водяную форсунку непосредственного впрыска, соединенную с цилиндром; датчик
 кислорода в отработавших газах, соединенный с выпускным коллектором двигателя;
 датчик температуры заряда в коллекторе и датчик кислорода во впускном воздухе,
 соединенные с впускным коллектором ниже по потоку от водяной форсунки коллектора;
 канал РОГ с клапаном РОГ для рециркуляции отработавших газов из выпускного
 25 коллектора во впускной коллектор; и контроллер, содержащий долговременную память
 с машиночитаемыми инструкциями для: выбора водяной форсунки коллектора или
 водяной форсунки впускного тракта для впрыска первого количества воды в ответ на
 запрос разбавления в двигателе, при этом выбор зависит от температуры впускного
 клапана; и выбора водяной форсунки коллектора, и/или водяной форсунки
 30 непосредственного впрыска, и/или форсунки впускного тракта для впрыска второго
 количества воды для управления детонацией в двигателе, при этом выбор зависит от
 предела впрыска водяной форсунки коллектора и оценочного дисбаланса воды по
 цилиндрам. В первом примере системы выбор водяной форсунки коллектора или
 водяной форсунки впускного тракта включает в себя выбор водяной форсунки
 35 коллектора при пониженной температуре впускного клапана и выбор водяной форсунки
 впускного тракта при повышенной температуре впускного клапана, при этом
 температуру впускного клапана моделируют в зависимости от нагрузки двигателя. Во
 втором примере системы, опционально включающем в себя первый пример, выбор
 водяной форсунки коллектора, и/или форсунки впускного тракта, и/или водяной
 40 форсунки непосредственного впрыска включает в себя выбор только водяной форсунки
 коллектора, если для водяной форсунки коллектора соблюден предел впрыска, и
 указанный дисбаланс меньше порога, выбор и водяной форсунки коллектора, и
 форсунки непосредственного впрыска, если для водяной форсунки коллектора предел
 впрыска коллектора достигнут или превышен, и указанный дисбаланс меньше порога,
 45 и выбор форсунки впускного тракта, если указанный дисбаланс больше порога. В
 третьем примере системы, опционально включающем в себя первый и/или второй
 примеры, выбор форсунки впускного тракта в ответ на запрос разбавления в двигателе
 включает в себя впрыск первого количества воды посредством форсунки впускного

тракта в сторону впускного клапана, когда впускной клапан закрыт, причем выбор форсунки впускного тракта для управления детонацией в двигателе включает в себя впрыск второго количества воды посредством форсунки впускного тракта в сторону от впускного клапана, когда впускной клапан открыт. В четвертом примере системы, опционально включающем в себя один или несколько примеров с первого по третий, дополнительно: после впрыска первого или второго количества воды оценивают фактическое количество воды, поступившей в двигатель, и регулируют проход клапана РОГ в зависимости от отклонения фактического количества от первого или второго количества, причем оценка включает в себя: оценку по входным сигналам от датчика кислорода в отработавших газах, работающего в режиме регулируемого напряжения, в случае выбора форсунки впускного тракта; оценку по входным сигналам от датчика температуры заряда в коллекторе в случае выбора форсунки коллектора; и оценку по входным сигналам и от датчика кислорода во впускном воздухе, и от датчика кислорода в отработавших газах, каждый из которых работает в режиме регулируемого напряжения, в случае выбора форсунки непосредственного впрыска.

В еще одном варианте способ для двигателя содержит шаги, на которых: если воду впрыскивают во впускной коллектор посредством водяной форсунки впускного тракта, регулируют работу двигателя в зависимости от выходного сигнала от датчика кислорода в отработавших газах; и, если воду впрыскивают во впускной коллектор посредством водяной форсунки коллектора, регулируют работу двигателя в зависимости от выходных сигналов от датчика кислорода во впускном воздухе, и/или датчика влажности впускного воздуха, и/или датчика температуры заряда в коллекторе.

Следует отметить, что включенные в настоящую заявку примеры алгоритмов управления и оценки могут использоваться с разнообразными конфигурациями систем двигателей и/или транспортных средств. Раскрытые в настоящей заявке способы и алгоритмы управления могут храниться в виде исполняемых инструкций в долговременной памяти и могут осуществляться системой управления, содержащей контроллер, в сочетании с различными датчиками, исполнительными механизмами и другим аппаратным обеспечением двигателя. Раскрытые в настоящей заявке конкретные алгоритмы могут представлять собой одну или любое количество стратегий обработки, таких как управляемые событиями, управляемые прерываниями, многозадачные, многопоточные и т.д. Таким образом, проиллюстрированные разнообразные действия, операции и/или функции могут выполняться в указанной последовательности, параллельно, а в некоторых случаях - могут опускаться. Точно так же указанный порядок обработки необязательно требуется для достижения отличительных признаков и преимуществ раскрытых в настоящей заявке вариантов осуществления изобретения, но служит для удобства иллюстрирования и описания. Одно или несколько из иллюстрируемых действий, операций и/или функций могут выполняться повторно в зависимости от конкретной применяемой стратегии. Кроме того, раскрытые действия, операции и/или функции могут графически представлять код, запрограммированный в долговременной памяти машиночитаемого носителя данных в системе управления двигателем, при этом раскрытые действия выполняют путем исполнения инструкций в системе, содержащей разнообразные аппаратные компоненты двигателя в сочетании с электронным контроллером.

Следует понимать, что раскрытые в настоящей заявке конфигурации и алгоритмы по своей сути являются лишь примерами, и что конкретные варианты осуществления не должны рассматриваться в ограничительном смысле, ибо возможны разнообразные их модификации. Например, вышеизложенная технология может быть применена к

двигателям со схемами расположения цилиндров V-6, I-4, I-6, V-12, в схеме с 4-мя
 оппозитными цилиндрами и в двигателях других типов. Объект настоящего изобретения
 включает в себя все новые и неочевидные комбинации и подкомбинации различных
 систем и схем, а также других отличительных признаков, функций и/или свойств,
 раскрытых в настоящем описании.

В нижеследующей формуле изобретения, в частности, указаны определенные
 комбинации и подкомбинации компонентов, которые считаются новыми и
 неочевидными. В пунктах формулы ссылка может быть сделана на «один» элемент или
 «первый» элемент или на эквивалентный термин. Следует понимать, что такие пункты
 могут включать в себя один или более указанных элементов, не требуя и не исключая
 наличие двух или более таких элементов. Иные комбинации и подкомбинации раскрытых
 отличительных признаков, функций, элементов или свойств могут быть включены в
 формулу путем изменения имеющихся пунктов или путем представления новых пунктов
 формулы в настоящей или родственной заявке. Такие пункты формулы изобретения,
 независимо от того, являются они более широкими, более узкими, эквивалентными или
 отличающимися в отношении объема первоначальной формулы изобретения, также
 считаются включенными в объект настоящего изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Способ для двигателя, в котором:
 в первом состоянии, в ответ на запрос разбавления в двигателе, впрыскивают воду
 во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана; и
 во втором состоянии, в ответ на детонацию в двигателе, впрыскивают воду во
 впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана,
 причем часть впрыснутой воды, остающаяся в жидкой форме после впрыска, во
 втором состоянии больше, чем в первом состоянии.
2. Способ по п. 1, в котором впрыск воды во впускной тракт в сторону закрытого
 впускного клапана включает в себя впрыск воды на поверхность клапана в момент до
 начала открытия впускного клапана, при этом впрыск воды во впускной тракт в сторону
 от открытого впускного клапана включает в себя впрыск воды в сторону от поверхности
 клапана в момент после начала открытия впускного клапана.
3. Способ по п. 1, в котором первое состояние включает в себя нагрузку двигателя
 ниже порога, причем второе состояние включает в себя нагрузку двигателя выше
 порога.
4. Способ по п. 1, в котором впрыск воды во впускной тракт в сторону закрытого
 впускного клапана включает в себя впрыск во впускной тракт в момент,
 соответствующий нижней мертвой точке (НМТ) такта впуска, причем впрыск воды во
 впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана включает в себя впрыск
 во впускной тракт в период между верхней мертвой точкой (ВМТ) и нижней мертвой
 точкой (НМТ) такта впуска.
5. Способ по п. 1, в котором температура впускного клапана в первом состоянии
 выше, чем во втором состоянии.
6. Способ по п. 1, в котором поток воздуха в тракт, присоединенный выше по потоку
 от впускного клапана, во втором состоянии больше, чем в первом состоянии.
7. Способ по п. 1, в котором количество воды, заданное командой в первом состоянии,
 зависит от нагрузки двигателя и от смоделированной температуры клапана, причем
 количество воды, заданное командой во втором состоянии, зависит от нагрузки
 двигателя и от оценочной интенсивности детонации.

8. Способ по п. 7, в котором момент впрыска воды во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана зависит от смоделированной температуры клапана, при этом указанный момент отсрочивают до тех пор, пока смоделированная температура клапана не превысит пороговую температуру, при этом пороговая температура зависит от количества воды, впрыскиваемой в первом состоянии.

9. Способ по п. 7, в котором дополнительно: в первом состоянии после впрыска оценивают фактическое количество водяного пара во впускном коллекторе по данным обратной связи от датчика кислорода во впускном воздухе, работающего в режиме регулируемого напряжения; и во втором состоянии после впрыска оценивают фактическое количество воды в двигателе по данным обратной связи от датчика температуры заряда в коллекторе.

10. Способ по п. 9, в котором дополнительно: в первом состоянии после впрыска регулируют проход клапана рециркуляции отработавших газов (РОГ) в зависимости от разности заданного командой количества и фактического количества водяного пара, при этом проход клапана рециркуляции отработавших газов (РОГ) увеличивают тем больше, чем больше указанная разность; и во втором состоянии после впрыска регулируют запаздывание момента зажигания в зависимости от разности заданного командой количества и фактического количества воды, при этом момент зажигания изменяют в сторону запаздывания тем больше, чем больше указанная разность.

11. Способ для двигателя, в котором:

в ответ на запрос разбавления в двигателе впрыскивают во впускной тракт первое количество воды в сторону впускного клапана до открытия впускного клапана; и

в ответ на запрос охлаждения заряда в двигателе впрыскивают во впускной тракт второе количество воды в сторону от впускного клапана во время открытия впускного клапана,

причем количество и момент впрыска во впускной тракт в ответ на запрос разбавления в двигателе зависят от смоделированной температуры клапана, причем количество и момент впрыска во впускной тракт в ответ на запрос охлаждения заряда зависят от интенсивности детонации.

12. Способ по п. 11, в котором дополнительно: после впрыска во впускной тракт в ответ на запрос разбавления в двигателе оценивают изменение содержания кислорода во впускном воздухе посредством датчика кислорода во впускном воздухе, работающего в режиме регулируемого напряжения, и регулируют расход рециркуляции отработавших газов (РОГ) в зависимости от оценочного изменения содержания кислорода во впускном воздухе.

13. Способ по п. 11, в котором дополнительно: после впрыска во впускной тракт в ответ на запрос охлаждения заряда оценивают изменение температуры в коллекторе посредством датчика температуры в коллекторе и регулируют степень применяемого запаздывания момента зажигания в зависимости от оценочного изменения температуры в коллекторе.

14. Способ для двигателя, в котором:

в первом состоянии, в ответ на запрос разбавления в двигателе, впрыскивают воду во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана; и

во втором состоянии, в ответ на детонацию в двигателе, впрыскивают воду во впускной тракт в сторону от открытого впускного клапана,

причем температура впускного клапана в первом состоянии выше, чем во втором состоянии.

15. Способ по п. 14, в котором дополнительно:

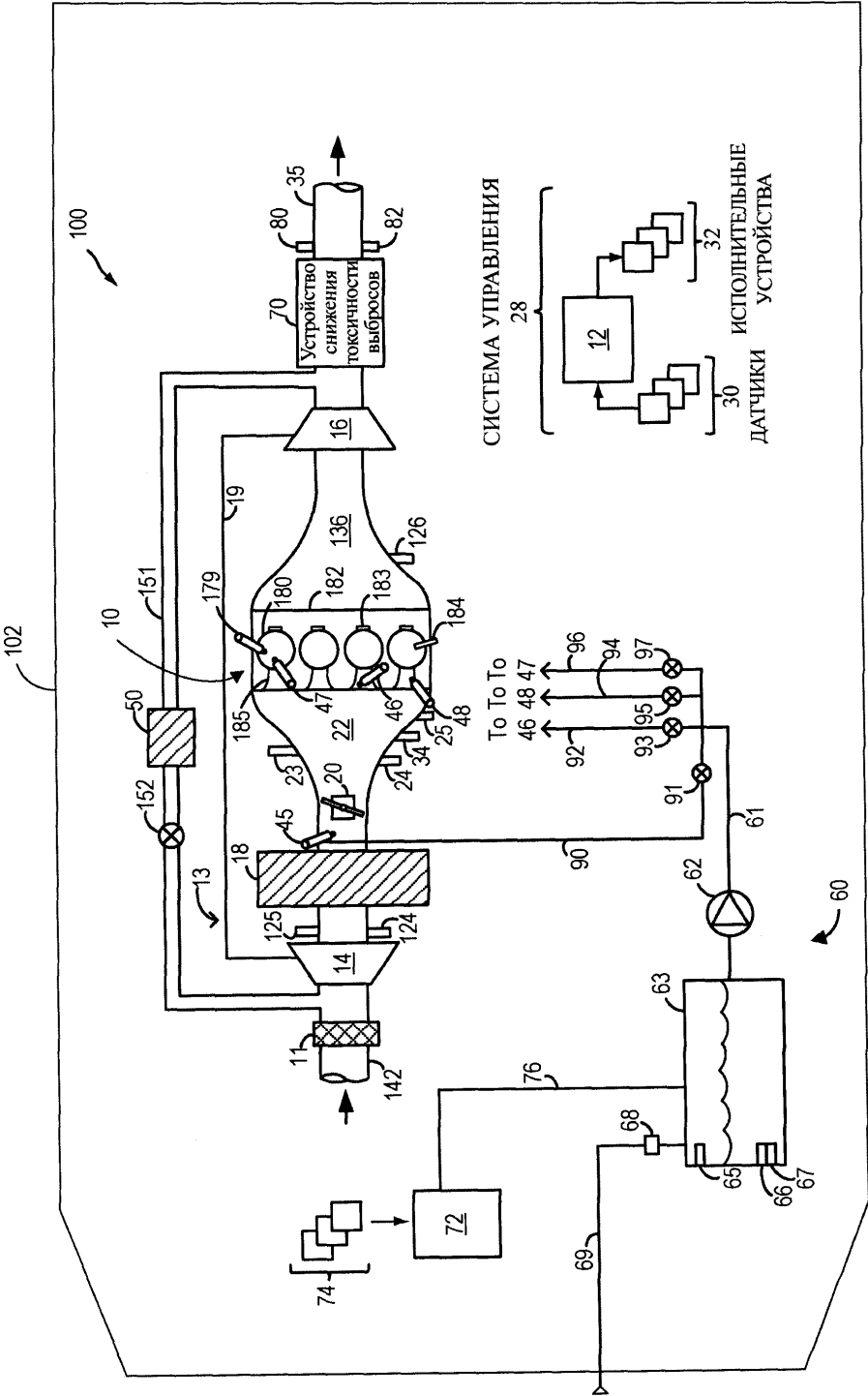
после впрыска воды в сторону закрытого впускного клапана в первом состоянии оценивают фактическое количество воды, поступившей в двигатель, и регулируют проход клапана рециркуляции отработавших газов (РОГ) в зависимости от отклонения фактического количества воды, причем оценку производят по входным сигналам от датчика кислорода в отработавших газах, работающего в режиме регулируемого напряжения, в случае выбора водяной форсунки впускного тракта.

16. Способ по п. 14, в котором количество воды, заданное командой в первом состоянии, зависит от нагрузки двигателя и от смоделированной температуры клапана.

17. Способ по п. 16, в котором момент впрыска воды во впускной тракт в сторону закрытого впускного клапана зависит от смоделированной температуры клапана, при этом указанный момент отсрочивают до тех пор, пока смоделированная температура клапана не превысит пороговую температуру, при этом пороговая температура зависит от количества воды, впрыскиваемой в первом состоянии.

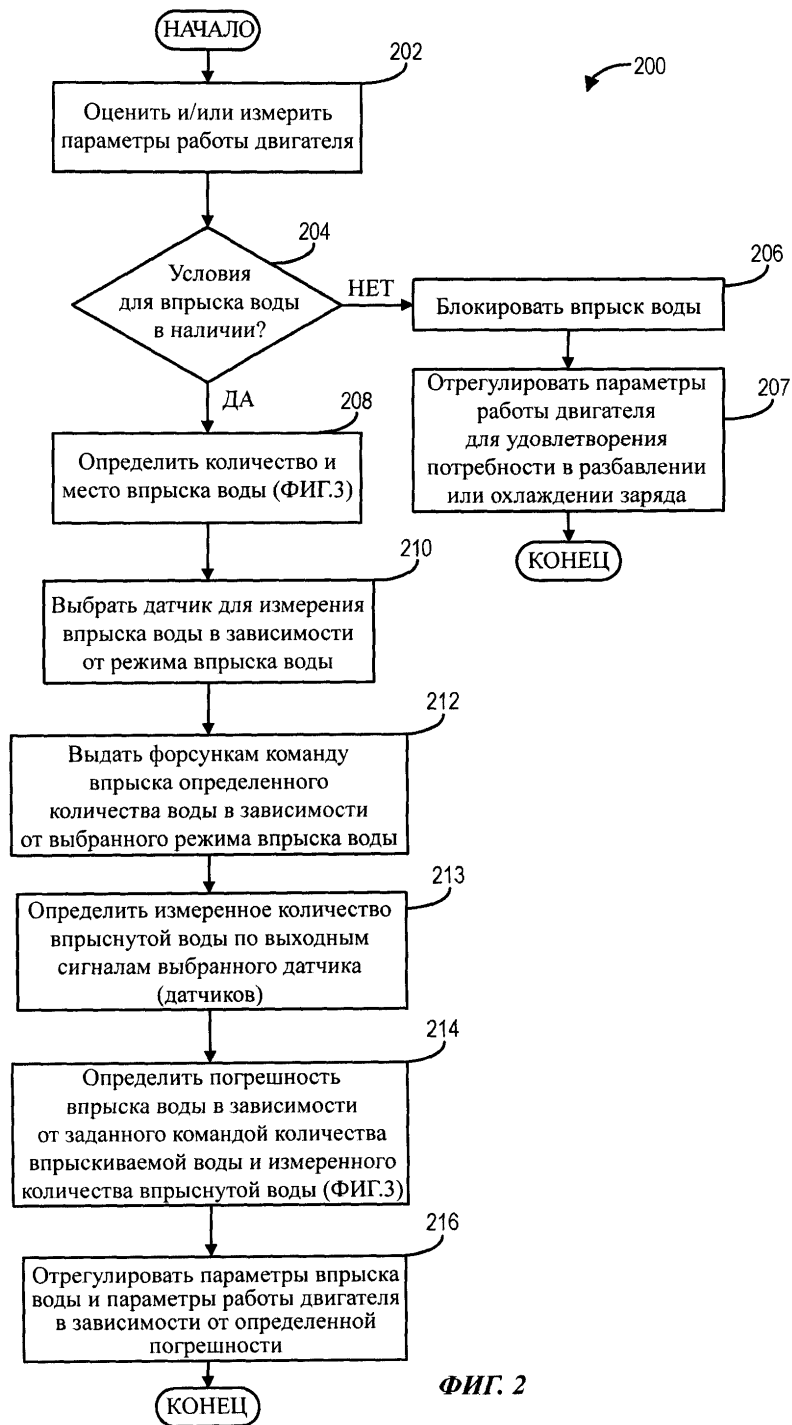
18. Способ по п. 14, в котором количество воды, заданное командой во втором состоянии, зависит от нагрузки двигателя и от оценочной интенсивности детонации.

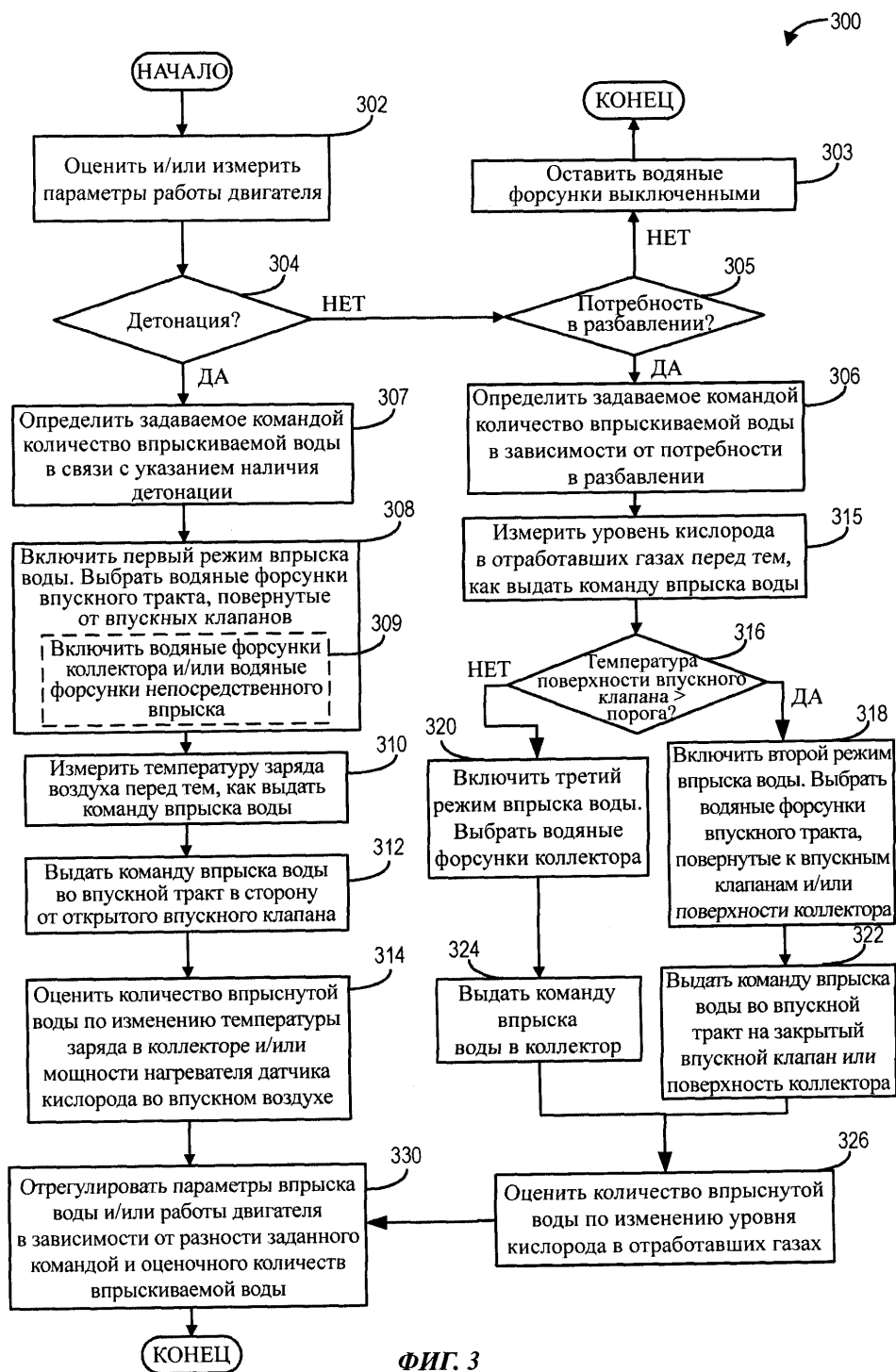
1

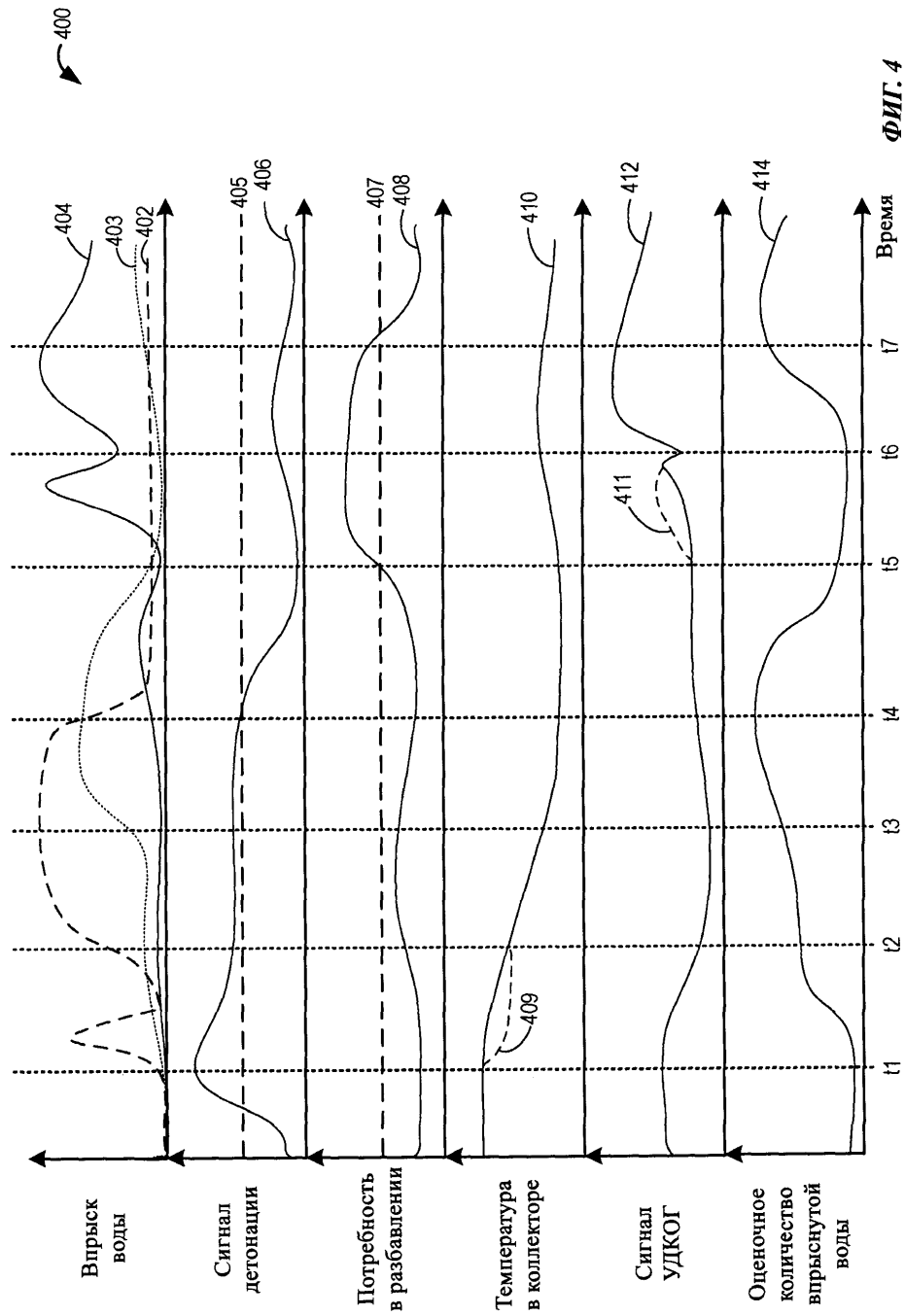


ФИГ. 1

2

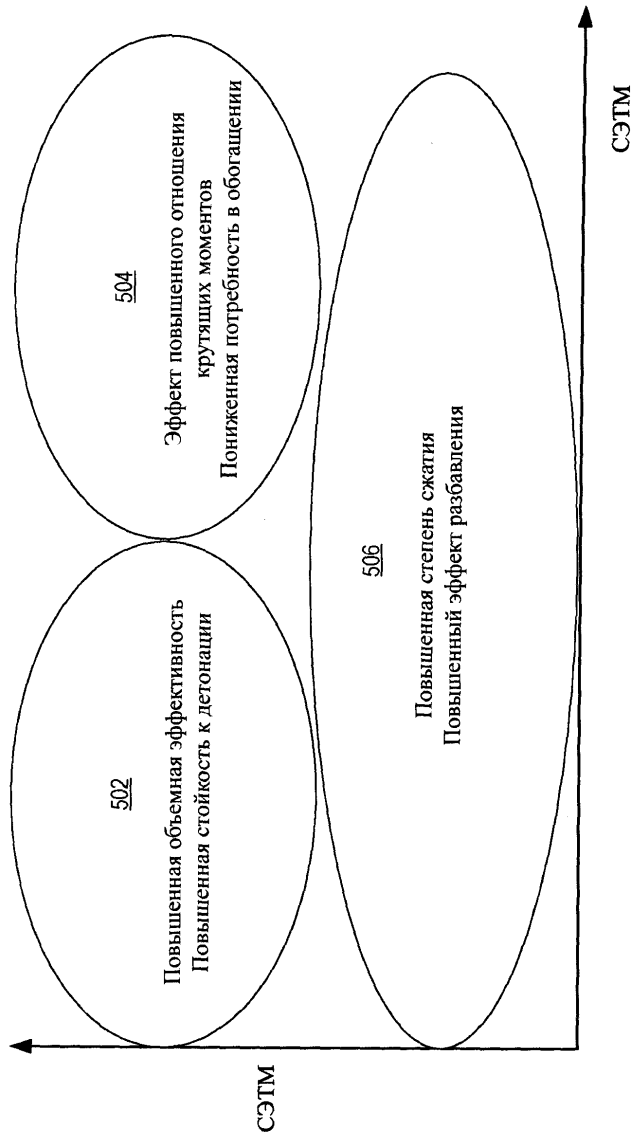






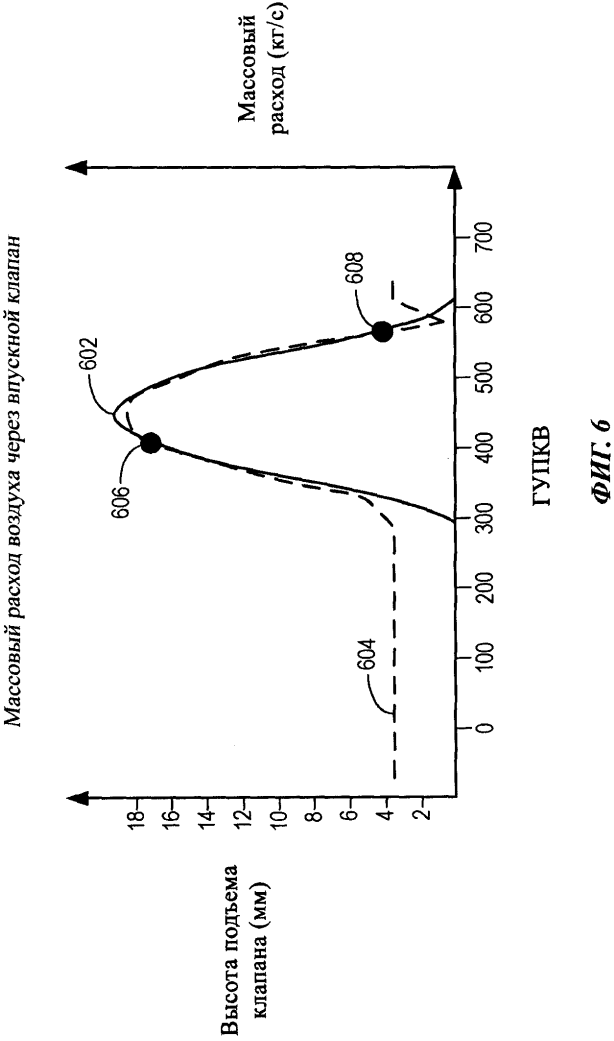
ФИГ. 4

500

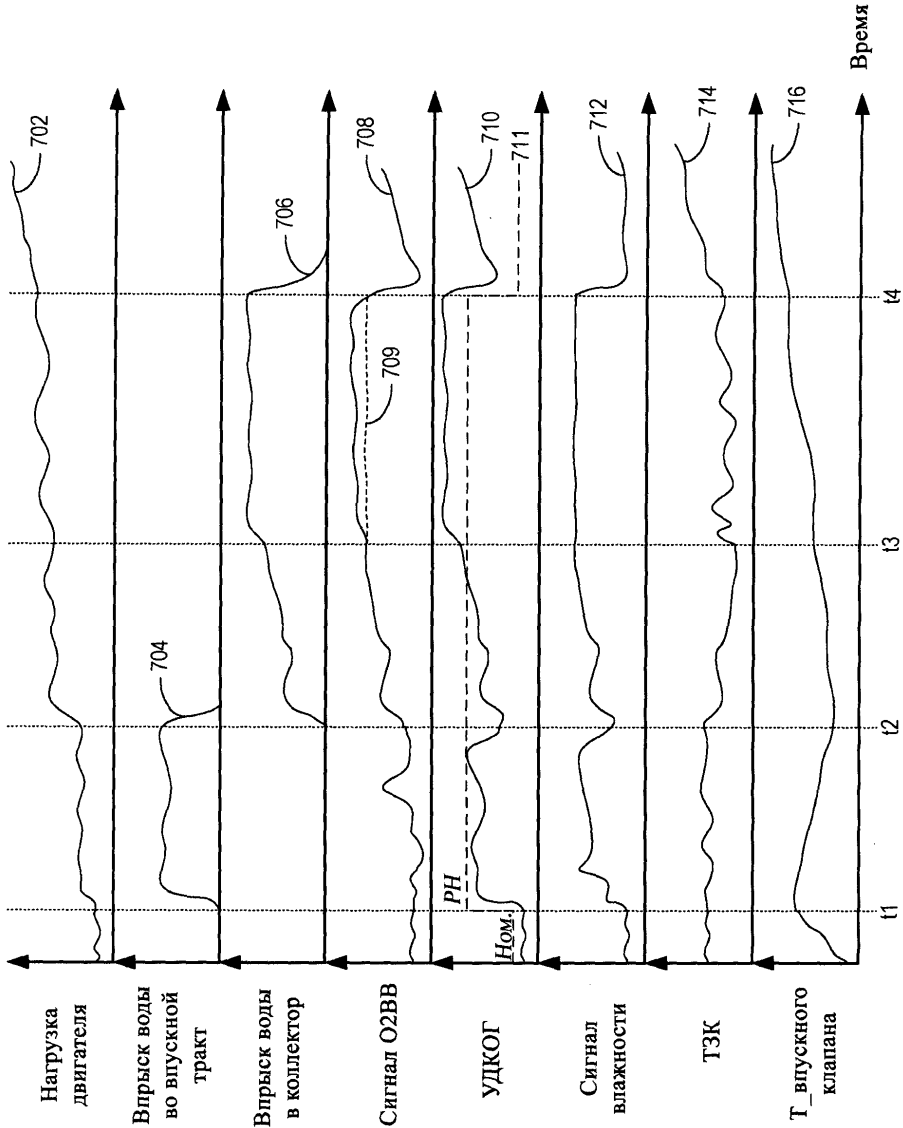


ФИГ. 5

↖ 600

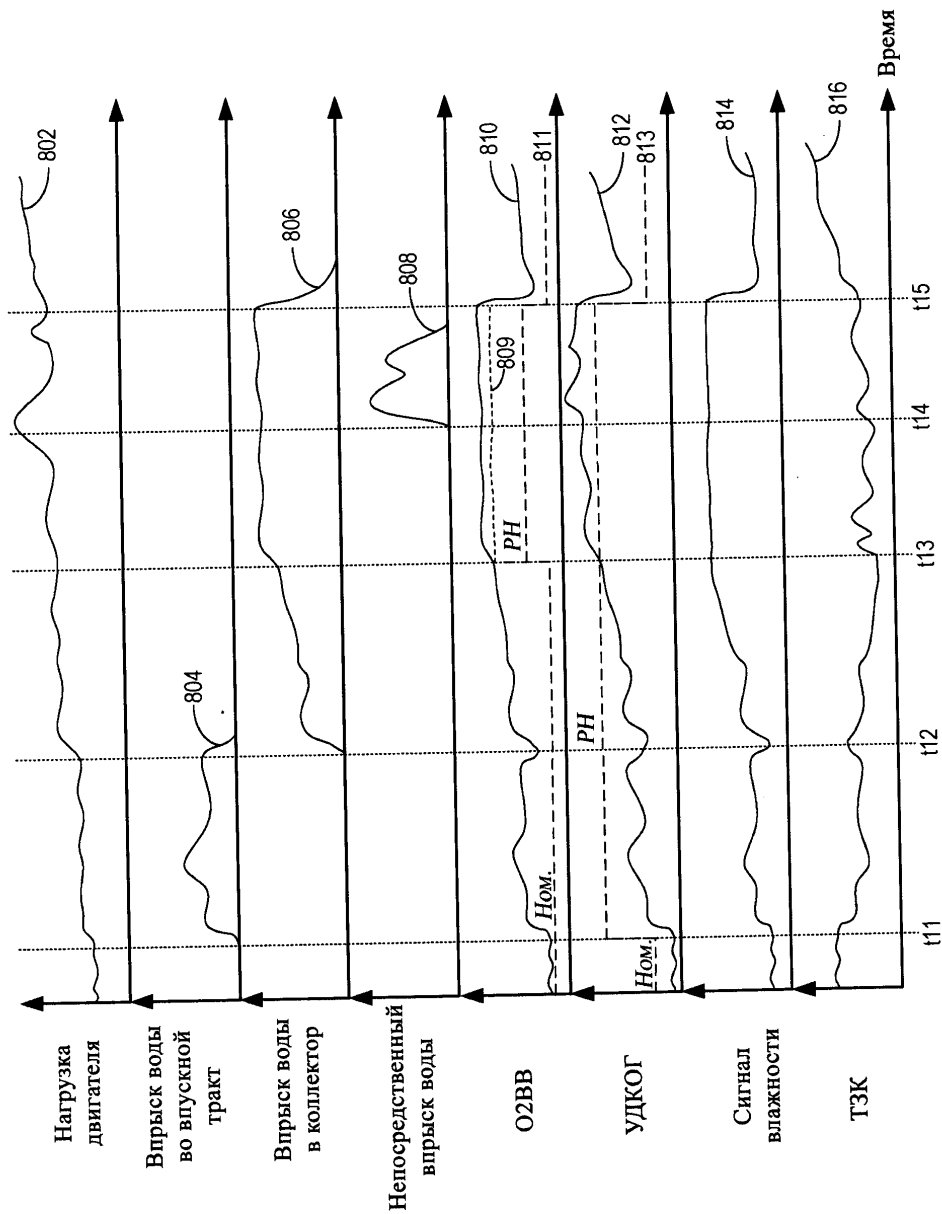


700



ФИГ. 7

700



ФИГ. 8