



(51) МПК
F01N 13/10 (2010.01)
F02B 25/14 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)
F02M 26/04 (2016.01)
F02M 26/14 (2016.01)
F02M 26/20 (2016.01)
F02M 26/53 (2016.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01N 13/107 (2021.01); *F02B 25/145* (2021.01); *F02D 13/0257* (2021.01); *F02D 41/0077* (2021.01); *F02D 41/1448* (2021.01); *F02M 26/04* (2021.01); *F02M 26/14* (2021.01); *F02M 26/20* (2021.01); *F02M 26/53* (2021.01)

(21)(22) Заявка: 2017141431, 28.11.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.11.2017Дата регистрации:
11.08.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
16.12.2016 US 15/382,549

(43) Дата публикации заявки: 28.05.2019 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 11.08.2021 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

УЛРЕЙ, Джозеф Норман (US),
КОРОНА, Джулиан Барнаби (US),
МЭДИСОН, Даниэль Пол (US),
БОЙЕР, Брэд Алан (US)

(73) Патентообладатель(и):

Форд Глобал Текнолоджиз, ЛЛК (US)

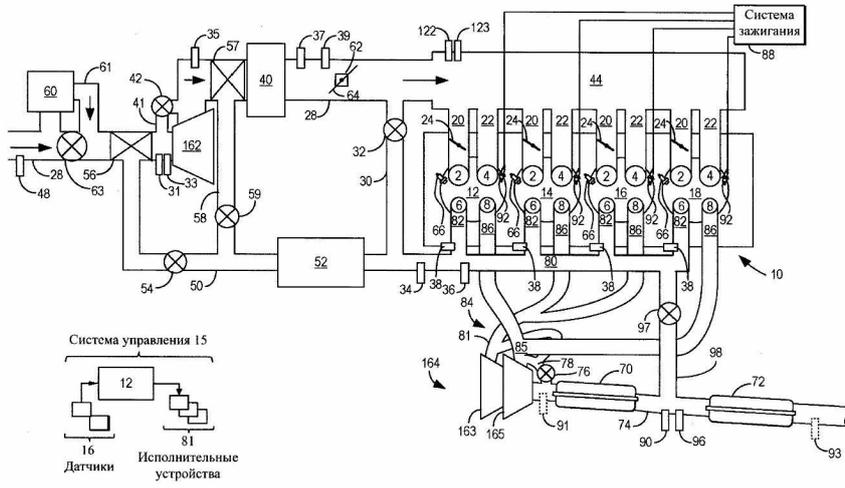
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2012129548 А, 20.01.2014. RU 2015101027 А, 10.08.2016. US 6308671 В1, 30.10.2001. US 5950582 А1, 14.09.1999. US 8495992 В2, 30.07.2013.

(54) СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЯ С РАЗВЕТВЛЕННОЙ ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМОЙ (ВАРИАНТЫ)

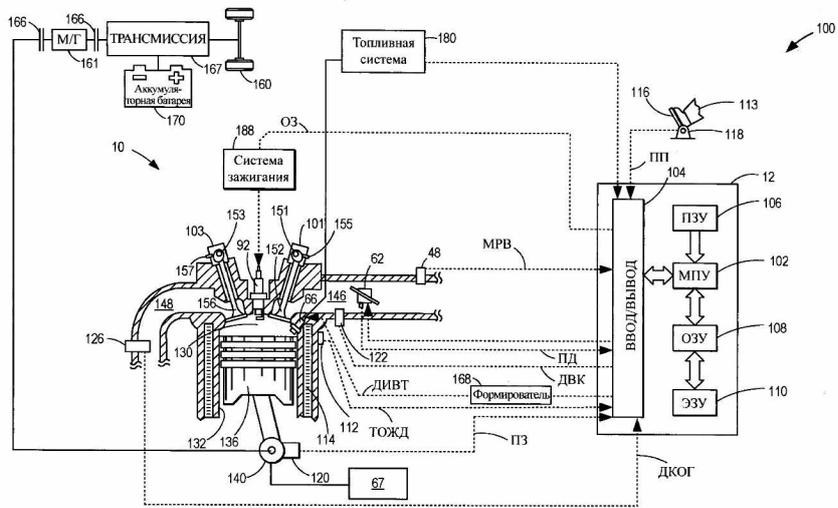
(57) Реферат:

Предложены способы для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой, обеспечивающей рециркуляцию продувочного воздуха и отработавших газов в заборный канал через первый выпускной коллектор и отработавших газов в выпускной канал через второй выпускной коллектор. В одном примере первый клапан, расположенный в магистрали рециркуляции отработавших газов

(РОГ), установленной между заборным каналом и первым выпускным коллектором, соединенным с первой группой выпускных клапанов цилиндров, и/или второй клапан, расположенный в проточном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом, можно регулировать в зависимости от измеренного давления в первом выпускном коллекторе. 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 25 ил.



ФИГ. 1А



ФИГ. 1В

RU 2753072 C2

RU 2753072 C2



- (51) Int. Cl.
F01N 13/10 (2010.01)
F02B 25/14 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)
F02M 26/04 (2016.01)
F02M 26/14 (2016.01)
F02M 26/20 (2016.01)
F02M 26/53 (2016.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

F01N 13/107 (2021.01); *F02B 25/145* (2021.01); *F02D 13/0257* (2021.01); *F02D 41/0077* (2021.01); *F02D 41/1448* (2021.01); *F02M 26/04* (2021.01); *F02M 26/14* (2021.01); *F02M 26/20* (2021.01); *F02M 26/53* (2021.01)

(21)(22) Application: 2017141431, 28.11.2017

(24) Effective date for property rights:
28.11.2017

Registration date:
11.08.2021

Priority:

(30) Convention priority:
16.12.2016 US 15/382,549

(43) Application published: 28.05.2019 Bull. № 16

(45) Date of publication: 11.08.2021 Bull. № 23

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**ULREY, Joseph Norman (US),
CORONA, Julian Barnaby (US),
MADISON, Daniel Paul (US),
BOYER, Brad Alan (US)**

(73) Proprietor(s):

Ford Global Technologies, LLC (US)

(54) METHOD FOR OPERATION OF AN ENGINE WITH A BRANCHED EXHAUST SYSTEM (VARIANTS)

(57) Abstract:

FIELD: engines.

SUBSTANCE: proposed are methods for operating an engine system with a branched exhaust system providing recirculation of purge air and exhaust gases to the intake channel through a first exhaust manifold and of exhaust gases to the exhaust channel through a second exhaust manifold. In one example, a first valve located in an exhaust gas recirculation (EGR) line installed between the intake channel and a first exhaust

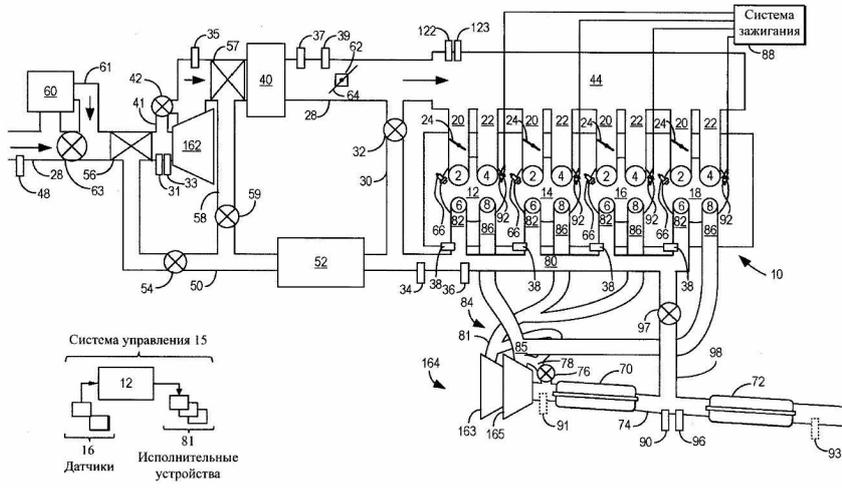
manifold connected with a first group of cylinder exhaust valves, and/or a second valve located in the flow channel installed between the first exhaust manifold and the exhaust channel, can be adjusted depending on the measured pressure in the first exhaust manifold.

EFFECT: technical result is improved methods for operating an engine system.

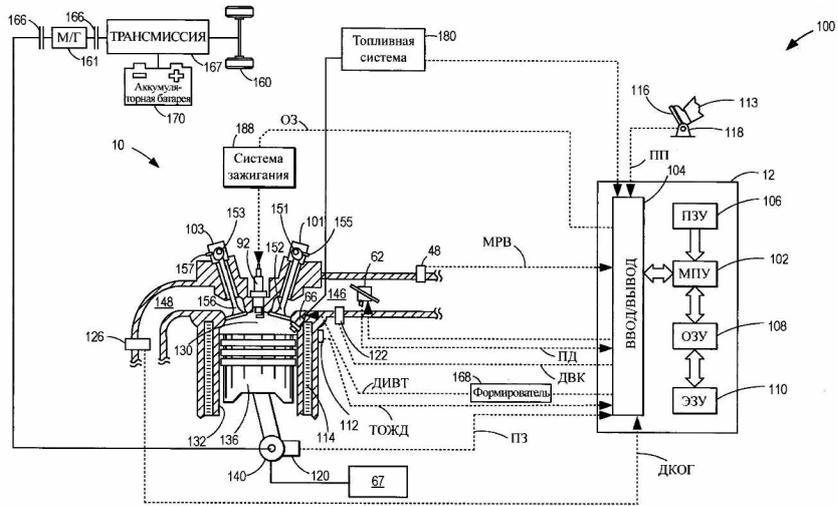
20 cl, 25 dwg

C 2
2 7 5 3 0 7 2
R U

R U
2 7 5 3 0 7 2
C 2



ФИГ. 1А



ФИГ. 1В

RU 2753072 C2

RU 2753072 C2

Область техники

Настоящее раскрытие в целом относится к способам и системам для двигателя с разветвленной выпускной системой, содержащего систему рециркуляции отработавших газов.

5 Уровень техники и раскрытие изобретения

В двигателях можно использовать устройства наддува, например, турбонагнетатели, для повышения удельной мощности двигателя. Однако при повышенной температуре в камерах сгорания двигатель может работать с детонацией. Проблема детонации особенно проявляется в режимах с наддувом из-за высокой температуры заряда. Авторы настоящего изобретения выявили, что применение системы двигателя с разветвленной выпускной системой, в которой первый выпускной коллектор направляет рециркулируемые отработавшие газы РОГ (EGR) во впускную систему двигателя выше по потоку от компрессора турбонагнетателя, а второй выпускной коллектор направляет отработавшие газы в турбину турбонагнетателя в выпускной системе двигателя, 10 позволяет уменьшить детонацию и повысить КПД двигателя. В такой системе двигателя каждый цилиндр может содержать два впускных клапана и два выпускных клапана, причем фазы газораспределения первой группы выпускных клапанов цилиндров (например, откатных выпускных клапанов), соединенных только с первым выпускным коллектором, могут быть отличны от фаз газораспределения второй группы выпускных 15 клапанов цилиндров (например, продувочных выпускных клапанов), соединенных только со вторым выпускным коллектором, что обеспечивает обособление друг от друга откачиваемой и продуваемой частей отработавших газов. Фазы газораспределения первой группы выпускных клапанов цилиндров также можно координировать с фазами газораспределения впускных клапанов цилиндров для создания периода положительного 20 перекрытия клапанов, в котором свежий всасываемый воздух (или смесь свежего всасываемого воздуха и РОГ), именуемый «продувочный воздух», может течь через цилиндры с возвратом во впускную систему выше по потоку от компрессора по магистрали РОГ, соединенной с первым выпускным коллектором. Продувочный воздух может удалять остаточные отработавшие газы из цилиндров (в процессе, именуемом «откачка»). Авторы настоящего изобретения выявили, что направление первой части отработавших газов (например, отработавших газов высокого давления) через турбину и канал отработавших газов высокого давления и направление второй части отработавших газов (например, отработавших газов низкого давления) и продувочного воздуха во вход компрессора позволяет снизить температуры в камерах сгорания с 25 одновременным повышением КПД турбины и крутящего момента двигателя.

Однако авторы настоящего изобретения выявили и другие недостатки, возникающие при эксплуатации таких систем. В качестве одного примера, поступление слишком большого количества продувочного воздуха в заборный канал через первый выпускной коллектор (например, откатной выпускной коллектор) может привести к снижению 30 КПД двигателя. Аналогичным образом, слишком большой или слишком малый поток РОГ в заборный канал через первый выпускной коллектор также может стать причиной снижения КПД двигателя. При этом имеющиеся датчики двигателя могут не быть способны точно измерять поток РОГ и количество продувочного воздуха в первом выпускном коллекторе. В результате, может не обеспечиваться подача потока РОГ и/или продувочного воздуха необходимой величины в заборный канал. 45

В одном примере вышеуказанные недостатки позволяет преодолеть способ, содержащий шаги, на которых: регулируют первый клапан, расположенный в магистрали рециркуляции отработавших газов (РОГ), при этом магистраль РОГ

установлена между заборным каналом и первым выпускным коллектором, соединенным с первой группой выпускных клапанов цилиндров, и/или второй клапан, расположенный в проточном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом, в зависимости от измеренного давления в первом выпускном коллекторе, при этом выпускной канал соединен со вторым выпускным коллектором, соединенным со второй группой выпускных клапанов цилиндров. Например, первый клапан и/или второй клапан можно регулировать в зависимости от измеренного давления в первом выпускном коллекторе и необходимого давления в первом выпускном коллекторе, причем необходимое давление зависит от одного или нескольких параметров работы двигателя и может обеспечивать подачу потока РОГ необходимой величины и/или необходимого количества продувочного воздуха в заборный канал по магистрали РОГ. В качестве одного примера, количество продувочного воздуха и/или величину потока РОГ, текущих по магистрали РОГ в заборный канал, можно оценивать по измеренному давлению в первом выпускном коллекторе. Далее первый клапан и/или второй клапан можно отрегулировать в зависимости от оцененных потоков продувочного воздуха и/или РОГ для подачи необходимого потока продувочного воздуха и/или РОГ. Таким образом, измерение давления в первом выпускном коллекторе может обеспечивать обратную связь по количеству РОГ и продувочного воздуха, текущих в заборный канал по магистрали РОГ. Это позволяет повысить точность регулирования, посредством первого и второго клапанов, величин потоков продувочного воздуха и РОГ в двигателе и, тем самым, повысить КПД двигателя, уменьшить выбросы от двигателя и детонацию в двигателе.

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. 1А схематически изображена система двигателя с турбонаддувом и разветвленной выпускной системой.

ФИГ. 1В изображает вариант осуществления цилиндра системы двигателя на ФИГ. 1А.

ФИГ. 2А изображает блок-схему первого варианта осуществления системы регулирования воздушно-топливного отношения в двигателе для двигателя внутреннего сгорания и воздушно-топливного отношения потока в устройство нейтрализации отработавших газов.

ФИГ. 2В изображает блок-схему второго варианта осуществления системы регулирования воздушно-топливного отношения в двигателе для двигателя внутреннего сгорания и воздушно-топливного отношения потока в устройство нейтрализации отработавших газов.

ФИГ. 3А изображает пример фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов для одного цилиндра двигателя системы двигателя с разветвленной выпускной системой.

ФИГ. 3В изображает примеры регулирования фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов для одного цилиндра двигателя системы двигателя с разветвленной

выпускной системой для различных режимов работы двигателя.

ФИГ. 4А-4В изображают блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой, в которой первый выпускной коллектор направляет отработавшие газы и продувочный воздух во впускную систему двигателя, а второй выпускной коллектор направляет отработавшие газы в выпускную систему двигателя, в различных режимах работы транспортного средства и двигателя.

ФИГ. 5 изображает блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме холодного пуска.

ФИГ. 6 изображает блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме отсечки топлива при замедлении.

ФИГ. 7А-7В изображают блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме частично открытого дросселя.

ФИГ. 8 изображает блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме электронаддува.

ФИГ. 9 изображает блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме порогового состояния компрессора.

ФИГ. 10 изображает блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме базового охлаждения камер сгорания продувочным воздухом БОКСПВ (ВТСС).

ФИГ. 11 изображает блок-схему способа для диагностики одного или нескольких клапанов системы двигателя с разветвленной выпускной системой по давлению в откачном коллекторе.

ФИГ. 12 изображает блок-схему способа для регулирования потока РОГ и продувочного воздуха в заборный канал из откачного коллектора путем регулирования работы одного или нескольких клапанов системы двигателя с разветвленной выпускной системой.

ФИГ. 13 изображает блок-схему способа для выбора рабочего режима для регулирования потока отработавших газов из цилиндров двигателя в заборный канал через откачные выпускные клапаны и откачной выпускной коллектор системы двигателя с разветвленной выпускной системой.

ФИГ. 14 изображает блок-схему способа для эксплуатации гибридно-электрического транспортного средства, содержащего систему двигателя с разветвленной выпускной системой, в режиме электрической тяги.

ФИГ. 15 изображает блок-схему способа для эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме глушения.

ФИГ. 16 изображает пример графика изменений параметров работы двигателя при эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме холодного пуска.

ФИГ. 17 изображает пример графика изменений параметров работы двигателя при эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме отсечки топлива при замедлении ОТЗ (DFSO).

ФИГ. 18А-18В изображают пример графика изменений параметров работы двигателя при эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме частично открытого дросселя.

ФИГ. 19 изображает пример графика изменений параметров работы двигателя при эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме электронаддува.

ФИГ. 20 изображает пример графика изменений параметров работы двигателя при

эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме порогового состояния компрессора.

5 ФИГ. 21 изображает пример графика изменений давления и содержания кислорода в откачном выпускном коллекторе за один рабочий цикл двигателя системы двигателя с разветвленной выпускной системой.

10 ФИГ. 22 изображает пример графика регулирования одного или нескольких исполнительных устройств двигателя для регулирования потока рециркулируемых отработавших газов (РОГ) и потока продувочного воздуха в заборный канал системы двигателя с разветвленной выпускной системой из откачных выпускных клапанов цилиндров двигателя.

ФИГ. 23 изображает пример графика эксплуатации гибридно-электрического транспортного средства в режиме электрической тяги для нагрева системы двигателя с разветвленной выпускной системой до пуска двигателя.

15 ФИГ. 24 изображает пример графика изменений параметров работы двигателя при эксплуатации двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме глушения.

ФИГ. 25 изображает пример графика эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой от пуска до глушения.

Осуществление изобретения

20 Нижеследующее описание относится к системам и способам для эксплуатации двигателя с разветвленной выпускной системой с продувкой и рециркуляцией отработавших газов РОГ (EGR) во впускную систему через первый выпускной коллектор. Двигатель с разветвленной выпускной системой на ФИГ. 1А может содержать первый выпускной коллектор (в настоящем описании именуемый «откачной выпускной коллектор»), соединенный только с откачным выпускным клапаном каждого
25 цилиндра. Откачной коллектор соединен с заборным каналом выше по потоку от компрессора турбоагнетателя через первую магистраль РОГ, содержащую первый клапан РОГ (в настоящем описании именуемый «клапан БОКСРВ»). Двигатель с разветвленной выпускной системой также содержит второй выпускной коллектор (в настоящем описании именуемый «продувочный выпускной коллектор»), соединенный
30 только с продувочным выпускным клапаном каждого цилиндра. Продувочный коллектор соединен с выпускным каналом двигателя, причем выпускной канал содержит турбину турбоагнетателя и одно или несколько устройств снижения токсичности выбросов (могущих включать в себя один или несколько каталитических
нейтрализаторов). В некоторых вариантах система двигателя с разветвленной выпускной
35 системой может содержать дополнительные каналы между откачным коллектором и заборным или выпускным каналом, как на ФИГ. 1А. Кроме того, в некоторых вариантах система двигателя с разветвленной выпускной системой может содержать несколько приводных механизмов клапанов и может быть установлена в гибридном транспортном
40 средстве, как раскрыто на ФИГ. 1В. В связи с наличием нескольких выпускных коллекторов и разных соединений откачного коллектора с заборным и выпускным каналами, двигатель с разветвленной выпускной системой может содержать уникальную систему регулирования воздушно-топливного отношения, как раскрыто на ФИГ. 2А-
2В. Открытие и закрытие откачных выпускных клапанов и продувочных выпускных
45 клапанов происходит в разные моменты рабочего цикла двигателя для каждого цилиндра для обособления откачиваемой и продуваемой частей отработавших газов сгорания друг от друга и направления данных частей по отдельности в откачной коллектор и продувочный коллектор, как раскрыто на ФИГ. 3А. Фазы газораспределения впускных клапанов, откачного выпускного клапана и продувочного

выпускного клапана каждого цилиндра двигателя можно регулировать для увеличения потока РОГ и/или продувочного воздуха во впускную систему, и/или оптимизации работы двигателя в различных режимах работы двигателя, как раскрыто на ФИГ. 3В.

Положения различных клапанов и фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов цилиндров системы двигателя с разветвленной выпускной системой можно регулировать по-разному в разных рабочих состояниях двигателя, как раскрыто на ФИГ. 4А-4В. Например, в число различных рабочих режимов системы двигателя с разветвленной выпускной системой могут входить: режим электрической тяги (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 14, а соответствующий график фаз газораспределения - на ФИГ. 23), режим холодного пуска (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 5, а соответствующий график фаз газораспределения - на ФИГ. 16), режим отсечки топлива при замедлении (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 6, а соответствующий график фаз газораспределения - на ФИГ. 17), режим частично открытого дросселя (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 7А-7В, а соответствующий график фаз газораспределения - на ФИГ. 18А-18В), режим электронадува (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 8, а соответствующий график фаз газораспределения - на ФИГ. 19), режим порогового состояния компрессора (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 9, а соответствующий график фаз газораспределения - на ФИГ. 20), режим глушения (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 15, а соответствующий график фаз газораспределения - на ФИГ. 24) и режим базового охлаждения камер сгорания продувочным воздухом (БОКСРВ) (способ для данного режима раскрыт на ФИГ. 10-13, а соответствующие графики фаз газораспределения - на ФИГ. 21 и 22). В тот или иной период эксплуатации двигателя (например, с момента включения зажигания до выключения зажигания) система двигателя с разветвленной выпускной системой может несколько раз переходить из одного из вышеуказанных режимов в другой. Пример такого периода работы двигателя от пуска до глушения двигателя раскрыт на ФИГ. 25. Таким образом, исполнительные устройства системы двигателя с разветвленной выпускной системой можно регулировать по-разному в зависимости от текущего рабочего режима системы двигателя для повышения КПД двигателя и сокращения выбросов от двигателя в каждом рабочем режиме двигателя.

Когда в нижеследующем описании речь идет о том, что тот или иной клапан находится в рабочем состоянии или включен, это означает, что происходит его открытие и/или закрытие в соответствии с определенными фазами газораспределения в течение рабочего цикла для определенного набора состояний. Аналогичным образом, когда речь идет о том, что клапан отключен или находится в нерабочем состоянии, это означает, что клапан оставляют закрытым, если особо не указано иное.

На ФИГ. 1А представлена принципиальная схема многоцилиндрового двигателя внутреннего сгорания, могущего входить в состав силового агрегата автомобиля. Двигатель 10 содержит множество камер сгорания (т.е. цилиндров), которые могут быть закрыты сверху головкой блока цилиндров (не показана). В примере на ФИГ. 1 двигатель 10 содержит цилиндры 12, 14, 16 и 18, расположенные по рядной четырехцилиндровой схеме. Однако следует понимать, что, несмотря на то, что на ФИГ. 1А показаны четыре цилиндра, двигатель 10 может содержать любое количество цилиндров, расположенных по любой схеме, например, V-6, I-6, V-12, оппозитной 4-цилиндровой и т.п. Кроме того, конфигурация цилиндров на ФИГ. 1А может быть такой, как на ФИГ. 1В, как подробнее раскрыто ниже. Каждый из цилиндров 12, 14, 16 и 18 содержит два впускных клапана, в том числе первый впускной клапан 2 и второй

впускной клапан 4, и два выпускных клапана, в том числе первый впускной клапан 8 (в настоящем описании именуемый «продувочный впускной клапан» или «продувочный клапан») и второй впускной клапан 6 (в настоящем описании именуемый «откачной впускной клапан» или «откачной клапан»). Впускные и выпускные клапаны в настоящем описании могут именоваться «впускные и выпускные клапаны цилиндров» соответственно. Как подробнее разъясняется ниже на примере ФИГ. 1В, фазы газораспределения (например, момент открытия, момент закрытия, продолжительность открытого состояния и т.п.) каждого из впускных клапанов можно регулировать посредством различных систем кулачкового распределения. В одном варианте первые впускные клапаны 2 и вторые впускные клапаны 4 можно регулировать так, чтобы они имели одни и те же фазы газораспределения (например, чтобы их открытие и закрытие происходило в один и тот же момент рабочего цикла двигателя). В другом варианте первые впускные клапаны 2 и вторые впускные клапаны 4 можно регулировать так, чтобы они имели разные фазы газораспределения. Кроме того, первые выпускные клапаны 8 можно регулировать так, чтобы их фазы газораспределения были отличны от фаз газораспределения вторых выпускных клапанов 6 (например, так, чтобы открытие и закрытие первого выпускного клапана и второго выпускного клапана одного и того же цилиндра происходило в отличные друг от друга моменты), как подробнее раскрыто ниже.

Всасываемый воздух (или смесь всасываемого воздуха и рециркулируемых отработавших газов, как подробнее раскрыто ниже) поступает в каждый цилиндр из впускного коллектора 44 по воздухозаборному каналу 28. Впускной коллектор 44 соединен с цилиндрами через впускные каналы (например, тракты). Например, впускной коллектор 44 показан на ФИГ. 1А соединенным с каждым из первых впускных клапанов 2 каждого цилиндра через первые впускные каналы 20. Впускной коллектор 44 также соединен с каждым из вторых впускных клапанов 4 каждого цилиндра через вторые впускные каналы 22. Таким образом, каждый впускной канал цилиндра выполнен с возможностью сообщения с цилиндром, с которым он соединен, через соответствующие первые впускные клапаны 2 или вторые впускные клапаны 4. Каждый из впускных каналов выполнен с возможностью подачи воздуха и/или топлива в цилиндр, с которым он соединен, для сжигания.

Один или несколько впускных каналов могут содержать устройство регулирования движения заряда, например, клапан-регулятор движения заряда КРДЗ (СМСV). Как раскрыто на ФИГ. 1А, первый впускной канал 20 каждого цилиндра содержит КРДЗ 24. КРДЗ 24 также могут именоваться клапаны-регуляторы завихрения или клапаны-регуляторы вихря. КРДЗ 24 могут ограничивать поток воздуха, поступающий в цилиндры через первые впускные клапаны 2. В примере на ФИГ. 1А, каждый КРДЗ 24 может содержать пластину клапана; при этом возможны и другие конструкции клапанов. Следует отметить, что в контексте настоящего раскрытия КРДЗ 24 находится в «закрытом» положении, когда он полностью включен и пластина клапана может быть полностью повернута в соответствующий первый впускной канал 20, тем самым создавая максимальное препятствие потоку заряда воздуха. Альтернативно, КРДЗ 24 находится в «открытом» положении, когда он выключен, и пластина клапана может быть полностью повернута и расположена по существу параллельно потоку воздуха, тем самым существенно уменьшая или устраняя препятствие потоку заряда воздуха. Большую часть времени КРДЗ можно удерживать в «открытом» положении и включать только тогда, когда нужно состояние завихрения. Как раскрыто на ФИГ. 1А, только один впускной канал каждого цилиндра содержит КРДЗ 24. При этом в других вариантах

оба впускных канала каждого цилиндра могут содержать КРДЗ 24. Контроллер 12 может приводить КРДЗ 24 в действие (например, посредством привода клапана, могущего быть соединенным с вращающимся валом, непосредственно соединенным с каждым КРДЗ 24) для перемещения КРДЗ в открытое или закрытое положения или множество положений между открытым и закрытым в зависимости от параметров работы двигателя (например, частоты вращения/нагрузки двигателя и/или когда продувочный воздух течет через вторые выпускные клапаны б), как подробнее раскрыто ниже. В настоящем описании «продувочным воздухом» или «воздухом охлаждающей продувки камер сгорания» может именоваться всасываемый воздух, текущий из одного или нескольких впускных клапанов каждого цилиндра во вторые выпускные клапаны б (и во второй выпускной коллектор 80) во время периода перекрытия открытых впускных клапанов и вторых выпускных клапанов б (например, периода, когда впускные клапаны и вторые выпускные клапаны б открыты одновременно), без сжигания продувочного воздуха.

Двухступенчатая топливная система высокого давления (например, топливная система на ФИГ. 1В) выполнена с возможностью создания давления топлива в форсунках 66. Топливо можно впрыскивать непосредственно в цилиндры через форсунки 66. Бесконтактная система 88 зажигания подает искру зажигания в цилиндры 12, 14, 16 и 18 посредством свечи 92 зажигания по сигналу контроллера 12. Каждый из цилиндров 12, 14, 16 и 18 соединен с двумя выпускными окнами для направления продуваемой и откачиваемой частей газообразных продуктов сгорания по отдельности. А именно, как раскрыто на ФИГ. 1А, газообразные продукты сгорания (например, откачиваемая часть) из цилиндров 12, 14, 16 и 18 выходит во второй выпускной коллектор (в настоящем описании именуемый «откачной коллектор») 80 через вторые выпускные тракты (например, окна) 82, а газообразные продукты сгорания (например, продуваемая часть) - в первый выпускной коллектор (в настоящем описании именуемый «продувочный коллектор») 84 через первые выпускные тракты (например, окна) 86. Вторые выпускные тракты 82 проходят от цилиндров 12, 14, 16 и 18 до второго выпускного коллектора 80. Кроме того, первый выпускной коллектор 84 содержит первую часть 81 коллектора и вторую часть 85 коллектора. Первые выпускные тракты 86 цилиндров 12 и 18 (в настоящем описании именуемых «наружные цилиндры») проходят от цилиндров 12 и 18 до второй части 85 коллектора первого выпускного коллектора 84. Кроме того, первые выпускные тракты 86 цилиндров 14 и 16 (в настоящем описании именуемых «внутренние цилиндры») проходят от цилиндров 14 и 16 до первой части 81 коллектора первого выпускного коллектора 84.

Каждый выпускной тракт может выборочно сообщаться с цилиндром, с которым он соединен, через выпускной клапан. Например, вторые выпускные тракты 82 сообщаются с соответствующими цилиндрами через вторые выпускные клапаны б, а первые выпускные тракты 86 сообщаются с соответствующими цилиндрами через первые выпускные клапаны 8. Вторые выпускные тракты 82 отделены от первых выпускных трактов 86, когда как минимум один выпускной клапан каждого цилиндра находится в закрытом положении. Отработавшие газы могут не течь непосредственно между выпускными трактами 82 и 86. Вышеописанная выпускная система в настоящем описании может именоваться «система с разветвленным выпускным коллектором», в которой первую часть отработавших газов из каждого цилиндра выпускают в первый выпускной коллектор 84, а вторую часть отработавших газов из каждого цилиндра - во второй выпускной коллектор 80, причем отсутствует непосредственное сообщение между первым и вторым выпускными коллекторами (например, никакой канал

непосредственно не соединяет указанные два выпускных коллектора друг с другом, благодаря чему не происходит смешивание друг с другом первой и второй частей отработавших газов в пределах первого и второго выпускных коллекторов).

5 Двигатель 10 содержит турбонагнетатель, содержащий двухступенчатую газовую турбину 164 и компрессор всасываемого воздуха 162, установленные на одном и том же валу. Двухступенчатая турбина 164 содержит первую турбину 163 и вторую турбину 165. Первая турбина 163 соединена непосредственно с первой частью 81 коллектора первого выпускного коллектора 84 и получает отработавшие газы только из цилиндров 14 и 16 через первые выпускные клапаны 8 цилиндров 14 и 16. Вторая турбина 165
10 соединена непосредственно со второй частью 85 коллектора первого выпускного коллектора 84 и получает отработавшие газы только из цилиндров 12 и 18 через первые выпускные клапаны 8 цилиндров 12 и 18. Вращение первой и второй турбин приводит во вращение компрессор 162, расположенный в заборном канале 28. Так происходит сжатие всасываемого воздуха (например, повышение его давления) в компрессоре 162,
15 после чего он течет вниз по потоку во впускной коллектор 44. Отработавшие газы выходят из первой турбины 163 и второй турбины 165 в общий выпускной канал 74. Перепускная заслонка может быть установлена параллельно двухступенчатой турбине 164. А именно, перепускная заслонка 76 может быть установлена в перепускном канале 78 между первой частью 81 коллектора и второй частью 85 коллектора выше по потоку
20 от входа в двухступенчатую турбину 164 и выпускного канала 74 и ниже по потоку от выхода двухступенчатой турбины 164. Таким образом, от положения перепускной заслонки 76 (в настоящем описании именуемой «перепускная заслонка турбины») зависит величина наддува, создаваемого турбонагнетателем. В других вариантах двигатель 10 может содержать одноступенчатую турбину, причем все отработавшие
25 газы из первого выпускного коллектора 84 направляют во вход одной и той же турбины.

Отработавшие газы из двухступенчатой турбины 164 текут вниз по выпускному каналу 74 в первое устройство 70 снижения токсичности выбросов и второе устройство 72 снижения токсичности выбросов, при этом второе устройство 72 снижения токсичности выбросов расположено ниже по потоку в выпускном канале 74 от первого
30 устройства 70 снижения токсичности выбросов. Устройства 70 и 72 снижения токсичности выбросов могут включать в себя один или несколько каталитических блоков, в одном примере. В некоторых примерах устройства 70 и 72 снижения токсичности выбросов могут включать в себя трехкомпонентные каталитические нейтрализаторы. В других примерах устройства 70 и 72 снижения токсичности выбросов
35 могут включать в себя один или множество окислительных каталитических нейтрализаторов дизельного двигателя ОКНДД (DOC) и каталитических нейтрализаторов избирательного каталитического восстановления ИКВ (SCR). В еще одном примере второе устройство 72 снижения токсичности выбросов может включать в себя фильтр твердых частиц бензинового двигателя ФТЧБД (GPF). В одном примере
40 первое устройство 70 снижения токсичности выбросов может включать в себя каталитический нейтрализатор, а второе устройство 72 снижения токсичности выбросов - ФТЧБД. После прохождения через устройства 70 и 72 снижения токсичности выбросов, отработавшие газы могут быть направлены в выхлопную трубу.

Выпускной канал 74 также содержит множество датчиков отработавших газов с
45 возможностью электронной связи с контроллером 12 системы 15 управления, как подробнее раскрыто ниже. Как раскрыто на ФИГ. 1А, выпускной канал 74 содержит первый кислородный датчик 90, расположенный между первым устройством 70 снижения токсичности выбросов и вторым устройством 72 снижения токсичности выбросов.

Первый кислородный датчик 90 выполнен с возможностью измерения содержания кислорода в отработавших газах, поступающих во второе устройство 72 снижения токсичности выбросов. Выпускной канал 74 может содержать один или несколько дополнительных кислородных датчиков, расположенных по ходу выпускного канала 74, например, второй кислородный датчик 91 между двухступенчатой турбиной 164 и первым устройством 70 снижения токсичности выбросов, и/или третий кислородный датчик 93 ниже по потоку от второго устройства 72 снижения токсичности выбросов. Второй кислородный датчик 91 выполнен с возможностью измерения содержания кислорода в отработавших газах, поступающих в первое устройство 70 снижения токсичности выбросов, а третий кислородный датчик 93 - с возможностью измерения содержания кислорода в отработавших газах, выходящих из второго устройства 72 снижения токсичности выбросов. В одном варианте один или несколько кислородных датчиков 90, 91 и 93 могут представлять собой универсальные датчики кислорода в отработавших газах УДКОГ (UEGO). Альтернативно, вместо кислородных датчиков 90, 91 и 93 можно использовать двухрежимные датчики кислорода в отработавших газах. Выпускной канал 74 может содержать ряд других датчиков, например, один или несколько датчиков температуры и/или давления. Например, как раскрыто на ФИГ. 1А, датчик 96 давления расположен в выпускном канале 74 между первым устройством 70 снижения токсичности выбросов и вторым устройством 72 снижения токсичности выбросов. Датчик 96 давления выполнен с возможностью измерения давления отработавших газов, поступающих во второе устройство 72 снижения токсичности выбросов. Датчик 96 давления и кислородный датчик 90 расположены в выпускном канале 74 в месте соединения проточного канала 98 с выпускным каналом 74. Проточный канал 98 в настоящем описании может именоваться «перепускной канал 98 откачного коллектора» ПКОК (SMBP). Перепускной канал 98 откачного коллектора соединен непосредственно со вторым выпускным (например, откачным) коллектором 80 и выпускным каналом 74 и расположен между ними. Клапан 97 (в настоящем описании именуемый «перепускной клапан откачного коллектора», ПКЛОК (SMBV)) расположен в перепускном канале 98 откачного коллектора с возможностью приведения в действие контроллером 12 для регулирования величины поток отработавших газов из второго выпускного коллектора 80 в выпускной канал 74 в месте между первым устройством 70 снижения токсичности выбросов и вторым устройством 72 снижения токсичности выбросов.

Второй выпускной коллектор 80 соединен непосредственно с первой магистралью 50 рециркуляции отработавших газов (РОГ). Первая магистраль 50 РОГ расположена непосредственно между вторым выпускным коллектором 80 и заборным каналом 28 выше по потоку от компрессора 162 (например, компрессора турбоагнетателя) (в связи с чем может именоваться «магистраль РОГ низкого давления»). Отработавшие газы (или продувочный воздух, как подробнее раскрыто ниже) направляют из второго выпускного коллектора 80 в заборный канал 28 выше по потоку от компрессора 162 по первой магистрали 50 РОГ. Как раскрыто на ФИГ. 1А, первая магистраль 50 РОГ содержит охладитель 52 РОГ, выполненный с возможностью охлаждения отработавших газов, текущих из второго выпускного коллектора 80 в заборный канал 28, и первый клапан 54 РОГ (который в настоящем описании может именоваться «клапан БОКСПВ»). Контроллер 12 выполнен с возможностью приведения в действие первого клапана 54 РОГ и регулирования его положения для регулирования величины потока воздуха по первой магистрали 50 РОГ. Когда первый клапан 54 РОГ находится в закрытом положении, отработавшие газы или всасываемый воздух могут не течь из второго

выпускного коллектора 80 в заборный канал 28 выше по потоку от компрессора 162. Кроме того, когда первый клапан 54 РОГ находится в открытом положении, отработавшие газы и/или продувочный воздух могут течь из второго выпускного коллектора 80 в заборный канал 28 выше по потоку от компрессора 162. Контроллер 12 может также устанавливать первый клапан 54 РОГ во множество положений между полностью открытым и полностью закрытым.

Первый эжектор 56 расположен у выхода магистрали 50 РОГ в заборном канале 28. Первый эжектор 56 может включать в себя суженный участок или устройство Вентури, обеспечивающее повышение давления у входа компрессора 162. В результате, может происходить смешивание РОГ из магистрали 50 РОГ со свежим воздухом, текущим через заборный канал 28 в компрессор 162. Таким образом, РОГ из магистрали 50 РОГ могут действовать как эжектирующий поток на первом эжекторе 56. В другом варианте у выхода магистрали 50 РОГ может не быть расположен какой-либо эжектор. Вместо этого, выход компрессора 162 может быть выполнен по форме эжектора, понижающего давление газа, что способствует течению РОГ (то есть в данном варианте воздух является эжектирующим потоком, а РОГ - вторичным потоком). В еще одном варианте РОГ из магистрали 50 РОГ могут поступать со стороны выходной кромки рабочей лопатки компрессора 162, что позволяет пропускать продувочный воздух в заборный канал 28 через магистраль 50 РОГ.

Вторая магистраль 58 РОГ расположена между первой магистралью 50 РОГ и заборным каналом 28. А именно, как раскрыто на ФИГ. 1А, вторая магистраль 58 РОГ соединена с первой магистралью 50 РОГ между клапаном 54 РОГ и охладителем 52 РОГ. В других вариантах, если вторая магистраль 58 РОГ входит в состав системы двигателя, система может не содержать охладитель 52 РОГ. Кроме того, вторая магистраль 58 РОГ соединена непосредственно с заборным каналом 28 ниже по потоку от компрессора 162. В связи с этим, вторая магистраль 58 РОГ в настоящем описании может именоваться «магистраль РОГ среднего давления». Кроме того, как раскрыто на ФИГ. 1А, вторая магистраль 58 РОГ соединена с заборным каналом 28 выше по потоку от охладителя 40 наддувочного воздуха ОНВ (САС). ОНВ 40 выполнен с возможностью охлаждения всасываемого воздуха (могущего представлять собой смесь свежего всасываемого воздуха из-за пределов системы двигателя и отработавших газов) при прохождении через ОНВ 40. Рециркулируемые отработавшие газы из первой магистрали 50 РОГ и/или второй магистрали 58 РОГ могут быть охлаждены посредством ОНВ 40 до поступления во впускной коллектор 44. В другом варианте вторая магистраль 58 РОГ может быть соединена с заборным каналом 28 ниже по потоку от ОНВ 40. В данном варианте охладитель 52 РОГ может не быть расположен в первой магистрали 50 РОГ. Кроме того, как раскрыто на ФИГ. 1А, второй эжектор 57 может быть расположен в заборном канале 28 у выхода второй магистрали 58 РОГ.

Второй клапан 59 РОГ (например, клапан РОГ среднего давления) расположен во второй магистрали 58 РОГ. Второй клапан 59 РОГ выполнен с возможностью регулирования величины потока газа (например, всасываемого воздуха или отработавших газов) через вторую магистраль 58 РОГ. Как подробнее раскрыто ниже, контроллер 12 может устанавливать клапан 59 РОГ в открытое положение (для пропуска потока через вторую магистраль 58 РОГ), закрытое положение (блокирующее поток через вторую магистраль 58 РОГ) или множество положений между полностью открытым и полностью закрытым в зависимости от параметров работы двигателя. Например, приведение в действие клапана 59 РОГ может включать в себя направление контроллером 12 электронного сигнала приводу клапана 59 РОГ для перемещения

пластины клапана 59 РОГ в открытое положение, закрытое положение или какое-либо положение между полностью открытым и полностью закрытым. Как подробнее раскрыто ниже, в зависимости от давлений в системе и положений других клапанов в системе двигателя, воздух может течь либо к заборному каналу 28 во второй магистрали 58 РОГ или ко второму выпускному коллектору 80 во второй магистрали 58 РОГ.

Заборный канал 28 также содержит электронный впускной дроссель 62 с возможностью связи с впускным коллектором 44. Как раскрыто на ФИГ. 1А, впускной дроссель 62 расположен ниже по потоку от ОНВ 40. Положение дроссельной заслонки 64 дросселя 62 может регулировать система 15 управления посредством привода дросселя (не показан), соединенного с возможностью связи с контроллером 12. Регулирование воздуховпускного дросселя 62 во время работы компрессора 162 обеспечивает возможность всасывания некоторого количества свежего воздуха из атмосферы и/или некоторого количества рециркулируемых отработавших газов из одной или нескольких магистралей РОГ в двигатель 10, охлажденных ОНВ 40 и подаваемых в цилиндры двигателя под давлением, созданным компрессором (или давлением наддува), через впускной коллектор 44. Для уменьшения помпажа компрессора, как минимум часть заряда воздуха, сжатого компрессором 162, можно рециркулировать во вход компрессора. Рециркуляционный канал 41 компрессора может служить для рециркуляции сжатого воздуха от выхода компрессора выше по потоку от ОНВ 40 во вход компрессора. Рециркуляционный клапан 42 компрессора РКК (CRV) может служить для регулирования величины потока во вход компрессора. В одном примере открытие РКК 42 может происходить по команде от контроллера 12 в связи с фактическим или ожидаемым состоянием помпажа компрессора.

Третий проточный канал 30 (который в настоящем описании может именоваться «горячая труба») расположен между вторым выпускным коллектором 80 и заборным каналом 28. А именно, первым концом третий проточный канал 30 соединен непосредственно со вторым выпускным коллектором 80, а вторым концом третий проточный канал 30 соединен непосредственно с заборным каналом 28 ниже по потоку от впускного дросселя 62 и выше по потоку от впускного коллектора 44. Третий клапан 32 (например, клапан горячей трубы) расположен в третьем проточном канале 30 и выполнен с возможностью регулирования величины потока воздуха через третий проточный канал 30. Третий клапан 32 выполнен с возможностью установки в полностью открытое положение, полностью закрытое положение или множество положений между полностью открытым и полностью закрытым по сигналу приведения в действие, направляемому приводу третьего клапана 32 контроллером 12.

Второй выпускной коллектор 80 и/или вторые выпускные тракты 82 могут содержать один или несколько датчиков (например, датчиков давления, кислорода и/или температуры). Например, как раскрыто на ФИГ. 1А, второй выпускной коллектор 80 содержит датчик 34 давления и кислородный датчик 36, расположенные в нем и выполненные с возможностью измерения соответственно давления и содержания кислорода в отработавших газах и продувочном (например, всасываемом) воздухе, выходящих из вторых выпускных клапанов 6 и поступающих во второй выпускной коллектор 80. В дополнение к кислородному датчику 36 или вместо него, каждый второй выпускной тракт 82 может содержать отдельный кислородный датчик 38, расположенный в нем. Таким образом, содержание кислорода в отработавших газах и/или продувочном воздухе, выходящих из каждого цилиндра через вторые выпускные клапаны 6, можно определять по выходным сигналам кислородных датчиков 38.

В некоторых вариантах, как раскрыто на ФИГ. 1А, заборный канал 28 может

содержать электрический компрессор 60. Электрический компрессор 60 расположен в перепускном канале 61, соединенном с заборным каналом 28 выше и ниже по потоку от клапана 63 электрического компрессора. А именно, вход в перепускной канал 61 соединен с заборным каналом 28 выше по потоку от клапана 63 электрического компрессора, а выход перепускного канала 61 соединен с заборным каналом 28 ниже по потоку от клапана 63 электрического компрессора и выше по потоку от места соединения первой магистрали 50 РОГ с заборным каналом 28. Кроме того, выход перепускного канала 61 расположен выше по потоку в заборном канале 28 от компрессора 162 турбонагнетателя. Электрический компрессор 60 выполнен с возможностью приведения в действие электромотором, потребляющим энергию, аккумулярованную в устройстве аккумулярования энергии. В одном примере электромотор может быть выполнен за одно целое с электрическим компрессором 60, как раскрыто на ФИГ. 1А. Когда запрашивают дополнительный наддув (например, повышенное давление всасываемого воздуха выше атмосферного), превышающий величину, создаваемую компрессором 162, контроллер 12 может включить вращение электрического компрессора 60 и повышение им давления всасываемого воздуха, текущего через перепускной канал 61. Кроме того, контроллер 12 может установить клапан 63 электрического компрессора в закрытое или частично закрытое положение для направления увеличенного количества всасываемого воздуха через перепускной канал 61 и электрический компрессор 60.

Заборный канал 28 может содержать один или несколько дополнительных датчиков (например, дополнительных датчиков давления, температуры, расхода и/или кислорода). Например, как раскрыто на ФИГ. 1А, заборный канал 28 содержит датчик 48 массового расхода воздуха МРВ (MAF), расположенный выше по потоку от компрессора 162, клапана 63 электрического компрессора в месте соединения первой магистрали 59 РОГ с заборным каналом 28. Датчик 31 давления на входе и датчик 33 температуры на входе расположены в заборном канале 28 выше по потоку от компрессора 162 и ниже по потоку от места соединения первой магистрали 50 РОГ с заборным каналом 28. Датчик 35 кислорода на входе и датчик 43 температуры на входе могут быть расположены в заборном канале 28 ниже по потоку от компрессора 162 и выше по потоку от ОНВ 40. Дополнительный датчик 37 давления на входе может быть расположен в заборном канале 28 ниже по потоку от ОНВ 40 и выше по потоку от дросселя 28. В некоторых вариантах, как раскрыто на ФИГ. 1А, дополнительный датчик 39 кислорода на входе может быть расположен в заборном канале 28 между ОНВ 40 и дросселем 28. Кроме того, датчик 122 давления во впускном коллекторе (например, ДВК (MAP)) и датчик 123 температуры во впускном коллекторе расположены во впускном коллекторе 44 выше по потоку от всех цилиндров двигателя.

В других примерах двигатель 10 может быть соединен с системой электромотора/аккумуляторной батареи (как раскрыто на ФИГ. 1В) в гибридном транспортном средстве. Гибридное транспортное средство может быть выполнено по параллельной схеме, последовательной схеме или схеме, представляющей собой какую-либо их модификацию или комбинацию. Кроме того, в некоторых вариантах может быть применена другая конфигурация двигателя, например, дизельный двигатель.

Двигателем 10 можно как минимум частично управлять с помощью системы 15 управления, содержащей контроллер 12, и управляющих воздействий водителя транспортного средства через устройство ввода (не показано на ФИГ. 1А). Система 15 управления показана получающей информацию от множества датчиков 16 (ряд примеров которых раскрыт в настоящем описании) и направляющей управляющие

сигналы множеству исполнительных устройств 81. Например, в число датчиков 16 могут входить датчики давления, температуры и кислорода, расположенные в заборном канале 28, впускном коллекторе 44, выпускном канале 74 и втором выпускном коллекторе 80, как раскрыто выше. В число прочих датчиков могут входить: датчик 5 давления на входе дросселя ДВД (ТИР) для оценки давления на входе дросселя (ДВД) и/или датчик температуры на входе дросселя для оценки температуры на входе дросселя ТВД (ТСТ), установленные ниже по потоку от дросселя в заборном канале. Дополнительные датчики и исполнительные устройства системы подробнее раскрыты ниже на примере ФИГ. 1В. В качестве другого примера, в число исполнительных 10 устройств 81 могут входить топливные форсунки, клапаны 63, 42, 54, 59, 32, 97, 76 и дроссель 62. В число исполнительных устройств 81 также могут входить различные исполнительные устройства кулачкового распределения, соединенные с впускными и выпускными клапанами цилиндров (как подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 1В). Контроллер 12 может принимать входные данные от различных датчиков, 15 обрабатывать эти входные данные и приводить в действие исполнительные устройства в зависимости от обработанных входных данных в соответствии с инструкцией или кодом, запрограммированным в памяти контроллера 12 и соответствующим одному или нескольким алгоритмам. Примеры алгоритмов управления (например, способы) раскрыты в настоящем описании на ФИГ. 4-15. Например, регулирование потока РОГ 20 из второго выпускного коллектора 80 в заборный канал 28 может включать в себя регулирование привода первого клапана 54 РОГ для регулирования величины потока отработавших газов в заборный канал 28 выше по потоку от компрессора 162 из второго выпускного коллектора 80. В другом примере регулирование потока РОГ из второго выпускного коллектора 80 в заборный канал 28 может включать в себя регулирование 25 привода распределительного вала выпускных клапанов для регулирования момента открытия вторых выпускных клапанов 6.

Таким образом, первый и второй выпускные коллекторы на ФИГ. 1А могут быть конструктивно выполнены с возможностью раздельного направления продуваемой и откачиваемой частей отработавших газов. Первый выпускной коллектор 84 может 30 направлять продуваемую часть отработавших газов в двухступенчатую турбину 164 через первую часть 81 коллектора и вторую часть 85 коллектора, а второй выпускной коллектор 80 может направлять откачиваемую часть отработавших газов в заборный канал 28 по первой магистрали 50 РОГ и/или второй магистрали 58 РОГ и/или в выпускной канал 74 ниже по потоку от двухступенчатой турбины 164 через проточный 35 канал 98. Например, первые выпускные клапаны 8 направляют продуваемую часть отработавших газов через первый выпускной коллектор 84 в двухступенчатую турбину 164 и в первое и второе устройства 70 и 72 снижения токсичности выбросов, а вторые выпускные клапаны 6 направляют откачиваемую часть отработавших газов через второй выпускной коллектор 80 и либо в заборный канал 28 по одной или нескольким 40 магистралям РОГ, либо в выпускной канал 74 и второе устройство 72 снижения токсичности выбросов через проточный канал 98.

Следует отметить, что, несмотря на то, что ФИГ. 1А изображает двигатель 10, содержащий первую магистраль 50 РОГ, вторую магистраль 58 РОГ, проточный канал 98 и проточный канал 30, в других вариантах двигатель 10 может содержать только 45 часть этих каналов. Например, в одном варианте двигатель 10 может содержать только первую магистраль 50 РОГ и проточный канал 98 и не содержать вторую магистраль 58 РОГ и проточный канал 30. В другом варианте двигатель 10 может содержать первую магистраль 50 РОГ, вторую магистраль 58 РОГ и проточный канал 98, но не проточный

канал 30. В еще одном варианте двигатель 10 может содержать первую магистраль 50 РОГ, проточный канал 30 и проточный канал 98, но не вторую магистраль 58 РОГ. В некоторых вариантах двигатель 10 может не содержать электрический компрессор 60. В дополнительных вариантах двигатель 10 может содержать все датчики на ФИГ. 1А или только часть из них.

На ФИГ. 1В изображен частичный вид одного цилиндра двигателя 10 внутреннего сгорания с возможностью установки в транспортном средстве 100. Компоненты, ранее представленные на ФИГ. 1А, имеют те же номера позиций и не будут представлены повторно. Двигатель 10 изображен с камерой 130 сгорания (цилиндром), рубашкой 114 охлаждения и стенками 132 цилиндра с поршнем 136, расположенным между стенками и соединенным с коленчатым валом 140. Камера 130 сгорания показана сообщающейся с заборным каналом 146 и выпускным каналом 148 соответственно через впускной клапан 152 и выпускной клапан 156. Как раскрыто выше на ФИГ. 1А, продукты сгорания из каждого цилиндра двигателя 10 могут выходить по двум каналам. На изображенном виде выпускной канал 148 представляет первый выпускной тракт (например, канал), ведущий из цилиндра в турбину (например, первый выпускной тракт 86 на ФИГ. 1А), а второй выпускной тракт не представлен на данном виде.

Как и на ФИГ. 1А, каждый цилиндр двигателя 10 может содержать два впускных клапана и два выпускных клапана. На изображенном виде впускной клапан 152 и выпускной клапан 156 расположены в верхней области камеры 130 сгорания. Впускной клапан 152 и выпускной клапан 156 выполнены с возможностью регулирования контроллером 12 посредством соответствующих систем кулачкового привода, содержащих один или несколько кулачков. Системы кулачкового привода могут содержать одну или несколько из следующих систем: переключения профиля кулачков ППК (CPS), изменения фаз кулачкового распределения ИФКР (VCT), изменения фаз газораспределения ИФГ (VVT) и/или изменения высоты подъема клапанов ИВПК (VVL), для регулирования работы клапанов. В изображенном примере каждым впускным клапаном 152 управляет впускной кулачок 151, а каждым выпускным клапаном 156 - выпускной кулачок 153. Впускной кулачок 151 можно приводить в действие посредством привода 101 установки фаз газораспределения впускных клапанов, а выпускной кулачок 153 - посредством привода 103 установки фаз газораспределения выпускных клапанов в соответствии с заданными фазами газораспределения впускных и выпускных клапанов. В других примерах впускные и выпускные клапаны можно отключать посредством привода 101 установки фаз газораспределения впускных клапанов и привода 103 установки фаз газораспределения выпускных клапанов соответственно. Например, контроллер может направить сигнал приводу 103 установки фаз газораспределения выпускных клапанов отключить выпускной клапан 156, чтобы он оставался закрытым и не открывался в заданный момент. Положение впускного клапана 152 и выпускного клапана 156 могут определять датчики 155 и 157 положения клапана соответственно. Как раскрыто выше, в одном примере всеми выпускными клапанами каждого цилиндра может управлять один и тот же выпускной распределительный вал. Таким образом, фазы газораспределения откачных (вторых) выпускных клапанов и продувочных (первых) выпускных клапанов можно регулировать совместно посредством одного распределительного вала, однако они могут иметь отличные друг от друга фазы газораспределения. В другом примере откачной выпускной клапан каждого цилиндра можно регулировать посредством первого выпускного распределительного вала, а продувочный выпускной клапан каждого цилиндра - другого, второго, выпускного распределительного вала. Таким образом, фазы газораспределения откачных клапанов

и продувочных клапанов можно регулировать отдельно друг от друга. В других вариантах система (системы) изменения фаз кулачкового распределения или фаз газораспределения откатных и/или продувочных выпускных клапанов могут содержать кулачок в кулачковой системе, электрогидравлическую систему для откатных клапанов и/или электромеханическую систему регулирования высоты подъема для откатных клапанов.

Например, в некоторых вариантах впускной и/или выпускной клапаны могут быть электроприводными. Например, цилиндр 130 может содержать электроприводной впускной клапан и выпускной клапан с кулачковым приводом, в том числе - с системами ППК и/или ИФКР. В дополнительных вариантах впускными и выпускными клапанами можно управлять посредством общего привода или системы привода, или привода или системы привода установки фаз газораспределения клапанов.

В одном примере впускной кулачок 151 содержит отдельные и разные выступы кулачка, обеспечивающие разные профили (например, фазы газораспределения клапана, высоту подъема клапана, продолжительность открытого состояния и т.п.) для каждого из двух впускных клапанов камеры 130 сгорания. Аналогичным образом, выпускной кулачок 153 может содержать отдельные и разные выступы кулачка, обеспечивающие разные профили (например, фазы газораспределения клапана, высоту подъема клапана, продолжительность открытого состояния и т.п.) для каждого из двух выпускных клапанов камеры 130 сгорания. В другом примере впускной кулачок 151 может содержать общий выступ или схожие выступы, обеспечивающие по существу схожий профиль для каждого из двух впускных клапанов.

Кроме того, можно применять разные профили кулачков для разных выпускных клапанов для отделения отработавших газов, выпускаемых при низком давлении в цилиндре, от отработавших газов, выпускаемых при давлении в выпускном канале. Например, первый профиль выпускного кулачка обеспечивает возможность открытия из закрытого положения первого выпускного клапана (например, продувочного клапана) непосредственно перед НМТ (BDC) (нижней мертвой точкой) рабочего такта в камере 130 сгорания и закрытия этого выпускного клапана задолго до верхней мертвой точки ВМТ (TDC) для выборочного удаления продуваемых газов из камеры сгорания. Кроме того, второй профиль выпускного кулачка может быть установлен в положение, обеспечивающее открытие из закрытого положения второго выпускного клапана (например, откатного клапана) до середины такта выпуска и его закрытия после ВМТ для выборочного удаления откачиваемой части отработавших газов.

Таким образом, фазы газораспределения первого выпускной клапана и второго выпускного клапана позволяют изолировать продуваемые из цилиндра газы от откачиваемой части отработавших газов, а любые остаточные отработавшие газы в объеме мертвого пространства цилиндра могут быть удалены продувочным свежим всасываемым воздухом во время положительного перекрытия впускного клапана и откатных выпускных клапанов. Направление первой части отработавших газов, покидающих цилиндры (например, отработавших газов высокого давления), в турбину (турбины) и канал отработавших газов высокого давления и направление более поздней, второй части отработавших газов (например, отработавших газов низкого давления) и продувочного воздуха во вход компрессора повышает КПД системы двигателя. Это позволяет улучшить рекуперацию энергии в турбине и повысить КПД двигателя за счет увеличения РОГ и уменьшения детонации.

На ФИГ. 1В датчик 126 отработавших газов показан соединенным с выпускным каналом 148. Датчик 126 может быть расположен в выпускном канале выше по потоку

от одного или нескольких устройств снижения токсичности выбросов, например, устройств 70 и 72 на ФИГ. 1А. Датчик 126 можно выбрать из числа датчиков, подходящих для определения воздушно-топливного отношения отработавших газов, например: линейный датчик кислорода или УДКОГ (универсальный или широкополосный датчик кислорода в отработавших газах), двухрежимный датчик кислорода или ДКОГ (EGO) (как показано на фигуре), НДКОГ (HEGO) (нагреваемый ДКОГ), датчик оксидов азота, углеводородов или угарного газа. Расположенные ниже по потоку устройства снижения токсичности выбросов могут представлять собой трехкомпонентный каталитический нейтрализатор ТКН (TWC), и/или накопитель оксидов азота, и/или ФТЧБД, и/или различные другие устройства снижения токсичности выбросов, и/или их комбинацию.

Температуру отработавших газов можно оценивать посредством одно или нескольких датчиков температуры (не показаны), расположенных в выпускном канале 148. Альтернативно, температуру отработавших газов можно выводить из таких параметров работы двигателя, как частота вращения, нагрузка, воздушно-топливное отношение ВТО (AFR), запаздывание зажигания и т.п.

Цилиндр 130 может иметь степень сжатия, представляющую собой отношение объема при нахождении поршня 136 в нижней точке к объему при нахождении поршня в верхней точке. Обычно степень сжатия лежит в диапазоне от 9:1 до 10:1. Однако в некоторых примерах, где используют разные топлива, степень сжатия может быть выше. Это возможно, например, при использовании топлив с высоким октановым числом или высокой скрытой теплотой парообразования. Степень сжатия также может быть выше при использовании непосредственного впрыска в связи с влиянием последнего на детонацию в двигателе.

В некоторых вариантах каждый цилиндр двигателя 10 может содержать свечу 92 зажигания для воспламенения. Система 188 зажигания выполнена с возможностью подачи искры зажигания в камеру 130 сгорания с помощью свечи 92 зажигания по сигналу опережения зажигания ОЗ (SA) от контроллера 12 в определенных рабочих режимах. Однако в некоторых вариантах свеча 92 зажигания может отсутствовать, например, в двигателе 10 с возможностью автоматического зажигания или зажигания при впрыске топлива, что может иметь место в некоторых дизельных двигателях.

В некоторых вариантах каждый цилиндр двигателя 10 может быть выполнен с одной или несколькими топливными форсунками для подачи в него топлива. В качестве неограничивающего примера, цилиндр 130 показан содержащим одну топливную форсунку 66. Топливная форсунка 66 показана соединенной непосредственно с камерой 130 сгорания для впрыска топлива непосредственно в нее пропорционально длительности импульса сигнала ДИВТ (FPW), полученного от контроллера 12 через электронный драйвер 168. Так топливная форсунка 66 обеспечивает известный из уровня техники непосредственный впрыск топлива (далее также именуемый «НВ» (DI)) в цилиндр 130 сгорания. Хотя на ФИГ. 1В форсунка 66 показана в виде боковой форсунки, она также может быть расположена над поршнем, например, рядом со свечой 92 зажигания. Такое расположение может способствовать лучшему смешиванию и сгоранию при работе двигателя на спиртосодержащем топливе из-за пониженной испаряемости некоторых спиртосодержащих топлив. Альтернативно, форсунка может быть расположена над впускным клапаном или рядом с ним для улучшения смешивания. В другом варианте форсунка 66 может представлять собой форсунку впрыска во впускной канал с возможностью подачи топлива во впускной канал выше по потоку от цилиндра 130.

Топливо в топливную форсунку 66 может поступать из топливной системы 180 высокого давления, содержащей топливные баки, топливные насосы и топливную рампу. Альтернативно, подачу топлива может осуществлять одноступенчатый топливный насос под низким давлением, при этом моменты непосредственного впрыска топлива во время такта сжатия могут быть более ограниченными, чем при применении топливной системы высокого давления. Кроме того, хотя это и не показано, топливные баки могут содержать преобразователь давления с возможностью направления сигнала в контроллер 12. Топливные баки в топливной системе 180 могут содержать топливо с разными характеристиками, например, разными составами. В число различий могут входить: разное содержание спирта, разное октановое число, разная теплота парообразования, разные составы смеси и/или комбинации данных различий, и т.п. В некоторых вариантах топливная система 180 может быть соединена с системой улавливания топливных паров, содержащей канистру для накопления топливных паров, образующихся при дозаправке и в течение дня. Пары из канистры можно продувать в цилиндры двигателя во время работы двигателя при наличии условий для продувки. Например, может происходить естественное всасывание топливных паров в цилиндр по первому заборному каналу под давлением не выше барометрического.

Двигателем 10 можно управлять как минимум частично посредством контроллера 12 и управляющих воздействий водителя 113 транспортного средства через устройство 118 ввода, например, педаль 116 акселератора. Устройство 118 ввода направляет сигнал положения педали контроллеру 12. Контроллер 12 показан на ФИГ. 1В в виде микрокомпьютера, содержащего микропроцессорное устройство 102, порты 104 ввода/вывода, электронную среду хранения исполняемых программ и калибровочных значений, в данном примере показанную в виде постоянного запоминающего устройства 106, оперативное запоминающее устройство 108, энергонезависимое запоминающее устройство 110 и шину данных. В среду хранения - постоянное запоминающее устройство 106 - могут быть запрограммированы машиночитаемые данные, представляющие собой инструкции с возможностью исполнения микропроцессорным устройством 102 для выполнения раскрытых ниже способов и алгоритмов, а также других ожидаемых, но конкретно не перечисленных вариантов. Помимо сигналов, речь о которых шла выше, контроллер 12 может принимать разнообразные сигналы от соединенных с двигателем 10 датчиков, в том числе: массового расхода всасываемого воздуха (МРВ) от датчика 48 массового расхода воздуха; температуры охлаждающей жидкости двигателя ТОЖД (ЕСТ) от датчика 112 температуры, соединенного с рубашкой 114 охлаждения; профиля зажигания ПЗ (PIР) от датчика 120 на эффекте Холла (или датчика иного типа), соединенного с коленчатым валом 140; положения дросселя ПД (ТР) от датчика положения дросселя; абсолютного давления в коллекторе (ДВК) от датчика 122, ВТО в цилиндрах от ДКОГ 126 и аномального сгорания от датчика детонации или датчика ускорения коленчатого вала. Сигнал частоты вращения двигателя в оборотах в минуту (об./мин (RPM)) может быть сформирован контроллером 12 из сигнала ПЗ. Сигнал давления в коллекторе (ДВК) может служить показанием разрежения или давления во впускном коллекторе.

В зависимости от входных сигналов от одного или нескольких из вышеуказанных датчиков, контроллер 12 может регулировать работу одного или нескольких исполнительных устройств, например, топливной форсунки 66, дросселя 62, свечи 92 зажигания, впускных/выпускных клапанов и кулачков и т.п. Контроллер может принимать входные данные от различных датчиков, обрабатывать эти входные данные и по результатам их обработки приводить в действие исполнительные устройства в

соответствии с инструкцией или кодом, запрограммированным в нем и соответствующим одному или нескольким алгоритмам.

В других примерах транспортное средство 100 может представлять собой гибридное транспортное средство с возможностью подвода крутящего момента к одному или нескольким колесам 160 транспортного средства из нескольких источников. В других примерах транспортное средство 100 представляет собой традиционное транспортное средство только с двигателем или электрическое транспортное средство только с электрической машиной (машинами). В примере на ФИГ. 1В транспортное средство 100 содержит двигатель 10 и электрическую машину 161. Электрическая машина 161 может представлять собой мотор или мотор-генератор, с связи чем в настоящем описании она также может именоваться «электромотор». Коленчатый вал 140 двигателя 10 и электрической машины 161 связан посредством трансмиссии 167 с колесами 160 транспортного средства, когда одна или несколько муфт 166 находятся в зацеплении. В изображенном примере первая муфта 166 установлена между коленчатым валом 140 и электрической машиной 161, а вторая муфта 166 - между электрической машиной 161 и трансмиссией 167. Контроллер 12 может направить сигнал исполнительному устройству каждой из муфт 166 для ввода муфты в зацепление или вывода ее из зацепления для соединения или разъединения коленчатого вала 140 и электрической машины 161 и связанных с нею компонентов и/или соединения или разъединения электрической машины 161 и трансмиссии 167 и связанных с нею компонентов. Трансмиссия 167 может представлять собой трансмиссию с коробкой передач, систему планетарной передачи или трансмиссию иного типа. В зависимости от типа силового агрегата, транспортное средство может быть выполнено как параллельный гибрид, последовательный гибрид или последовательно-параллельный гибрид.

Электрическая машина 161 получает электропитание от тяговой аккумуляторной батареи 170 для подвода крутящего момента колесам 160 транспортного средства. Электрическую машину 161 также можно эксплуатировать как генератор для выработки электроэнергии для зарядки аккумуляторной батареи 170, например, во время торможения.

На ФИГ. 2А раскрыта блок-схема системы 200 регулирования воздушно-топливного отношения в двигателе для двигателя внутреннего сгорания 10 и воздушно-топливного отношения потока в устройство нейтрализации отработавших газов. Как минимум части системы 200 могут быть включены в состав системы на ФИГ. 1А-1В в виде исполняемых инструкций в долговременной памяти. Другие части системы 200 могут представлять собой действия, выполняемые в реальном мире посредством контроллера 12 на ФИГ. 1А-1В для изменения состояний устройств или исполнительных устройств. Регулятор воздушно-топливного отношения в двигателе, раскрытый в настоящем описании, выполнен с возможностью взаимодействия с датчиками и исполнительными устройствами, речь о которых шла выше.

Опорное необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе является входным параметром в блоке 202. Блок 202 содержит эмпирические воздушно-топливные отношения для множества пар частоты вращения и нагрузки двигателя. В одном примере эмпирические воздушно-топливные отношения сохранены в таблице в памяти контроллера. Поиск в таблице можно осуществлять по текущим значениям частоты вращения и нагрузки двигателя. Из таблицы получают необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе (например, 14.6:1) для текущей частоты вращения и нагрузки двигателя. Блок 202 выдает необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе в суммирующий узел 204 и делительный узел 203.

Массовый расход потока воздуха в двигатель, определяемый посредством датчика массового расхода воздуха или датчика давления во впускном коллекторе (например, МРВ 48 и/или ДВК 122 на ФИГ. 1А-1В), вводят в систему 200 управления в блоке 201. Массовый расход потока воздуха в двигатель делят на необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе из блока 202 в делительном узле 203 с получением необходимого массового расхода потока топлива в двигатель. Массовый расход потока топлива в двигатель выдают в умножающий узел 208.

В суммирующем узле 204 фактическое воздушно-топливное отношение в двигателе, определенное посредством кислородного датчика 91, вычитают из необходимого воздушно-топливного отношения в двигателе с получением отклонения воздушно-топливного отношения. Кроме того, к необходимому воздушно-топливному отношению в двигателе и фактическому воздушно-топливному отношению в двигателе прибавляют значение смещения или сдвига воздушно-топливного отношения для повышения эффективности каталитического нейтрализатора. Смещение воздушно-топливного отношения является выходным значением суммирующего узла 248. Суммирующий узел 204 выдает отклонение воздушно-топливного отношения пропорционально-интегральному регулятору 206. Пропорционально-интегральный ПИ (PI) регулятор 206 интегрирует отклонение и применяет пропорциональный и интегральный коэффициенты усиления к отклонению воздушно-топливного отношения для выдачи поправки для регулирования расхода потока топлива умножающему узлу 208. Необходимый массовый расход потока топлива в двигатель из делительного узла 203 умножают на поправку для регулирования расхода потока топлива в умножающем узле 208. Выходное значение умножающего узла 208 представляет собой скорректированную величину потока топлива, преобразуемую в ширину импульса впрыска топлива в блоке 210 посредством функции преобразования для топливной форсунки. Блок 210 выдает ширину импульса впрыска топлива для приведения в действие топливных форсунок двигателя (например, не показанных на ФИГ. 2А, но показанных на ФИГ. 1А-1В в виде топливных форсунок 66), и топливные форсунки двигателя впрыскивают скорректированную величину потока топлива или скорректированное количество потока топлива в двигатель 10.

Двигатель 10 выдает отработавшие газы в турбину турбонагнетателя (например, 163/165 на ФИГ. 1А). Отработавшие газы проходят через турбину 163/165 турбонагнетателя и в устройство 70 снижения токсичности выбросов. Устройство 70 снижения токсичности выбросов может включать в себя трехкомпонентный каталитический нейтрализатор. Отработавшие газы проходят из устройства 70 снижения токсичности выбросов в устройство 72 снижения токсичности выбросов. Устройство 72 снижения токсичности выбросов может включать в себя трехкомпонентный каталитический нейтрализатор, фильтр твердых частиц, окислительный каталитический нейтрализатор или какую-либо комбинацию каталитического нейтрализатора и фильтра твердых частиц. Обработанные отработавшие газы текут в атмосферу после прохождения через устройство 72 снижения токсичности выбросов. Как разъяснялось выше, турбина 163/165 турбонагнетателя, устройство 70 снижения токсичности выбросов и устройство 72 снижения токсичности выбросов могут входить в состав выпускной системы двигателя и быть расположены по ходу выпускного канала двигателя.

Отработавшие газы из двигателя можно измерять посредством кислородного датчика 91 для получения фактического воздушно-топливного отношения в двигателе. По фактическому воздушно-топливному отношению в двигателе можно осуществлять обратную связь в системе 200 управления. Фактическое воздушно-топливное отношение

в двигателе вводят в суммирующий узел 204. Кислородный датчик 90 выполнен с возможностью отбора отработавших газов ниже по потоку от устройства 70 снижения токсичности выбросов и выше по потоку от устройства 72 снижения токсичности выбросов для определения воздушно-топливного отношения в выпускной системе.

- 5 Кислородный датчик 90 расположен в выпускном канале, проходящем между устройством 70 снижения токсичности выбросов и устройством 72 снижения токсичности выбросов. Альтернативно, отработавшие газы может отбирать кислородный датчик, расположенный ниже по потоку от устройства 72 снижения токсичности выбросов (например, кислородный датчик 93 на ФИГ. 1А) вместо кислородного датчика 90.
- 10 Выходной сигнал кислородного датчика 90 или 93 направляют в коммутатор 222, откуда его направляют в суммирующий узел 248 или суммирующий узел 232 в зависимости от состояния коммутатора 222, определяемого посредством логической схемы 224 переключения режимов.

- 15 Логическая схема 224 переключения режимов определяет рабочее состояние двигателя и может изменять положение или состояние коммутатора 222 в зависимости от рабочего режима двигателя. В частности, логическая схема переключения режимов устанавливает коммутатор 222 в базовое положение, когда поток воздуха в двигатель ниже порога, и не запрошена регенерация устройств нейтрализации отработавших газов. Логическая схема 224 переключения режимов также дает команду закрыть клапан 97 на ФИГ. 1А,
- 20 расположенный в перепускном канале 98 откачного коллектора, с помощью первой опорной функции для привода 226, когда поток воздуха в двигатель ниже порога, и не запрошена регенерация устройств нейтрализации отработавших газов. Коммутатор 222 показан в своем базовом положении. В данном базовом или первом положении коммутатор 222 направляет выходные данные от кислородного датчика в суммирующий
- 25 узел 248. Воздух (например, продувочный) не подают в выпускную систему (через перепускной канал 98 откачного коллектора), когда коммутатор 222 находится в первом положении.

- Логическая схема 224 переключения режимов перемещает коммутатор 222 во второе положение, обозначенное стрелкой 250 и указанное логической схемой 224 переключения режимов, когда величина потока воздуха в двигатель выше порога, или когда нужна регенерация устройства нейтрализации отработавших газов. Во втором положении коммутатор 222 направляет выходной сигнал кислородного датчика 90 в суммирующий узел 232. Логическая схема 224 переключения режимов открывает клапан 97 посредством сигнала управления, выданного первой опорной функцией 226 клапану 97, когда
- 35 величина потока воздуха в двигатель выше порога, или когда нужна регенерация устройства нейтрализации отработавших газов. Расход потока воздуха, поступающего в выпускную систему через перепускной канал 98 откачного коллектора, регулируют по разомкнутому контуру посредством второй опорной функции 228. В одном примере вторая опорная функция 228 выдает команду положения клапана, величину перекрытия
- 40 впускного и выпускного клапана (например, период по углу поворота коленчатого вала, в котором одновременно открыты и впускные, и выпускные клапаны), команду давления наддува или иную команду регулирования потока воздуха, зависящую от воздушно-топливного отношения в двигателе и массового расхода потоков топлива и воздуха, сжигаемых в двигателе. Например, воздушно-топливное отношение в двигателе
- 45 и массовый расход потоков топлива и воздуха, сжигаемых в двигателе, можно использовать для поиска в таблице или функции, результатом которой является команда положения клапана, команда величины перекрытия впускного и выпускного клапана или команда давления наддува. Расход потока воздуха, поступающего в выпускную

систему через откачной коллектор, регулируют по замкнутому контуру по воздушно-топливному отношению, вводимому в суммирующий узел 232. Величину прохода клапана, период перекрытия впускного и выпускного клапанов, давление наддува, или приведение в действие других исполнительных устройств, могущих регулировать поток воздуха через откачной коллектор, регулируют в двигателе 10 в соответствии с поправками для регулирования, выданными суммирующим узлом 236. Таким образом, ПИ-регулятор 234 регулирует исполнительные устройства потока воздуха в двигатель путем изменения результата второй опорной функции 228.

Альтернативно, расход потока воздуха, поступающего в выпускную систему через откачной коллектор, можно регулировать по разомкнутому контуру в зависимости от оценки массы сажи, скопившейся в устройстве 72 снижения токсичности выбросов, или оценки температуры устройства 72 снижения токсичности выбросов, а не от выходного сигнала кислородного датчика. Оценку сажи можно осуществлять известными из уровня техники способами по перепаду давления на устройстве 72 снижения токсичности выбросов или иным параметрам работы двигателя. Температуру устройства 72 снижения токсичности выбросов можно оценивать по таким параметрам работы двигателя, как частота вращения и нагрузка двигателя. Кроме того, расход воздуха можно регулировать по замкнутому контуру в зависимости от температуры устройства 72 снижения токсичности выбросов или перепада давления на устройстве 72 снижения токсичности выбросов. В таких примерах температуру или перепад давления используют вместо входного сигнала от кислородного датчика в суммирующем узле 232, а вместо опорного воздушно-топливного отношения используют опорную температуру или давление. Воздух, текущий в выпускную систему, не участвовал в сгорании в двигателе.

В одном примере вторая опорная функция 228 выдает управляющую команду приводу установки фаз газораспределения клапанов (например, 101 и 103 на ФИГ. 1В) для регулирования величины перекрытия впускного клапана и откачного выпускного клапана одного и того же цилиндра и, тем самым, продувочного воздуха (например, количества продувочного воздуха), направляемого в устройство 72 снижения токсичности выбросов. Альтернативно, вторая опорная функция 228 выдает управляющий сигнал клапану, например, клапану 32 на ФИГ. 1А или клапану 97 на ФИГ. 1А, каждый из которых может регулировать поток воздуха в выпускную систему и устройство 72 снижения токсичности выбросов. Кроме того, в других примерах вторая опорная функция 228 для привода выдает управляющий сигнал приводу перепускной заслонки турбонагнетателя, выполненному с возможностью регулирования давления наддува, а также регулирования потока воздуха в устройство 72 снижения токсичности выбросов за счет регулирования продувочного воздуха путем повышения и понижения давления наддува.

Воздух в выпускную систему из откачного коллектора можно подавать в следующие моменты: стехиометрическое или бедное воздушно-топливное отношение в двигателе обогащают до уровня богаче стехиометрического воздушно-топливного отношения в двигателе, и воздух, подаваемый в выпускную систему, подают в нижнее по потоку устройство 72 снижения токсичности выбросов в более ранний момент рабочего цикла двигателя до того, как отработавшие газы, образовавшиеся при воздушно-топливном отношении в двигателе богаче стехиометрического, достигнут местоположения нижнего по потоку устройства 72 снижения токсичности выбросов. Подачу воздуха в выпускную систему можно прекратить до обеднения богатого или стехиометрического воздушно-топливного отношения в двигателе.

Когда коммутатор 222 находится во втором положении, данные от кислородного

датчика 90 или 93 выдают в суммирующий узел 232, а не в суммирующий узел 248.

Фактическое воздушно-топливное отношение отработавших газов от кислородного датчика 90 или 93 вычитают из необходимого воздушно-топливного отношения отработавших газов, содержащегося в опорном блоке 230. Необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов, выданное из опорного блока 230, может быть отлично от необходимого воздушно-топливного отношения в двигателе, выданного из блока 202. В одном примере необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов определено эмпирически и сохранено в таблице с возможностью поиска по частоте вращения и нагрузке двигателя. Необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов, выданное из блока 230, может представлять собой стехиометрическое воздушно-топливное отношение, когда воздушно-топливное отношение в двигателе является богатым при высоких частотах вращения и нагрузках двигателя, при которых поток воздуха в двигатель выше порога. Необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов, выданное из блока 230, может быть беднее стехиометрического, когда запрошена регенерация устройства нейтрализации отработавших газов в то время как воздушно-топливное отношение в двигателе является стехиометрическим. Вычтя фактическое воздушно-топливное отношение отработавших газов двигателя из необходимого воздушно-топливного отношения отработавших газов двигателя, получают отклонение воздушно-топливного отношения отработавших газов двигателя, вводимое во второй ПИ-регулятор 234. ПИ-регулятор обрабатывает отклонение воздушно-топливного отношения отработавших газов и направляет поправку для регулирования в суммирующий узел 236.

По значениям частоты вращения (N) и нагрузки двигателя находят значения смещения воздушно-топливного отношения в таблице 244. Значения смещения воздушно-топливного отношения представляют собой эмпирические значения, хранимые в памяти контроллера, а по значениям смещения воздушно-топливного отношения регулируют топливовоздушные смеси в выпускной системе для повышения эффективности каталитических нейтрализаторов. Значения смещения воздушно-топливного отношения и воздушно-топливного отношения в выпускной системе прибавляют к необходимому воздушно-топливному отношению в двигателе и воздушно-топливному отношению на выходе двигателя в суммирующем узле 204, когда коммутатор 222 находится в базовом положении. Если коммутатор 222 не находится в базовом положении, результат суммирующего узла 248 можно скорректировать на заранее заданное значение, например, ноль.

В первом примере возможной эксплуатации системы 200 управления поправка для регулирования, выдаваемая суммирующим узлом 236, может представлять собой поправку для величины перекрытия впускного и выпускного клапана, в результате которого воздух проходит через двигатель, не участвуя в сгорании в двигателе. Увеличение перекрытия впускных и выпускных клапанов позволяет увеличить поток воздуха через двигатель и в выпускную систему через перепускной канал откачного коллектора (например, 98 на ФИГ. 1А). И наоборот, уменьшение перекрытия впускных и выпускных клапанов позволяет уменьшить поток воздуха через двигатель и в выпускную систему через перепускной канал откачного коллектора.

Во втором примере возможной эксплуатации системы 200 управления поправка для регулирования, выдаваемая суммирующим узлом 236, может представлять собой поправку для клапана (например, 97 на ФИГ. 1А), расположенного в перепускном канале откачного коллектора, или клапана (например, 32 на ФИГ. 1А), расположенного

в горячей трубе (например, 30 на ФИГ. 1А). Если двигатель 10 эксплуатируют при высоких нагрузках с высоким давлением наддува, давления во впускном коллекторе могут превышать давление в откатном коллекторе и в выпускной системе, благодаря чему свежий воздух, не участвовавший в сгорании, может проходить через горячую трубу в откатной коллектор и в выпускную систему для обеднения отработавших газов и подачи кислорода в устройство 72 снижения токсичности выбросов. Альтернативно, свежий воздух может проходить через цилиндры двигателя и в откатной коллектор 80, не участвовав в сгорании. Далее воздух может быть направлен в устройство 72 снижения токсичности выбросов через перепускной канал 98 откатного коллектора для обеднения отработавших газов и подачи кислорода в устройство 72 снижения токсичности выбросов. Воздух может быть направлен в устройство 72 снижения токсичности выбросов теми же путями в ответ на запрос на регенерацию устройства снижения токсичности выбросов. В одном примере, если устройство снижения токсичности выбросов представляет собой фильтр твердых частиц, запрос на регенерацию фильтра твердых частиц может быть выдан в ответ на превышение порогового перепада давления на фильтре твердых частиц.

Таким образом, система 200 может регулировать воздушно-топливное отношение в двигателе, отслеживаемое кислородным датчиком 91, и воздушно-топливное отношение отработавших газов, отслеживаемое кислородным датчиком 90 или 93, без направления воздуха в выпускную систему в первом режиме. Система 200 также может регулировать воздушно-топливное отношение в двигателе, отслеживаемое кислородным датчиком 91, и воздушно-топливное отношение отработавших газов, отслеживаемое кислородным датчиком 90 или 93, когда воздух направляют в выпускную систему через откатной коллектор. Количество направляемого в выпускную систему воздуха, не участвующего в сгорании в двигателе, можно регулировать по замкнутому контуру по выходным сигналам кислородного датчика 90 или 93 и путем регулировок клапанов, соединенных с откатным коллектором, перекрытия впускных и выпускных клапанов или давления наддува.

ФИГ. 2В изображает блок-схему другого варианта осуществления системы 250 регулирования воздушно-топливного отношения в двигателе для двигателя внутреннего сгорания 10 и воздушно-топливного отношения потока в устройство нейтрализации отработавших газов. Как минимум части системы 250 регулирования могут быть включены в состав системы на ФИГ. 1А-1В в виде исполняемых инструкций в долговременной памяти. Другие части системы 250 регулирования могут представлять собой действия, выполняемые в реальном мире посредством контроллера 12 на ФИГ. 1А-1В для изменения состояния устройств или исполнительных устройств. Раскрытый в настоящем описании регулятор воздушно-топливного отношения в двигателе может взаимодействовать с датчиками и исполнительными устройствами, речь о которых шла выше.

Опорное необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе является входным параметром в блоке 252. Блок 252 содержит эмпирические воздушно-топливные отношения для множества пары частоты вращения и нагрузки двигателя.

В одном примере эмпирические воздушно-топливные отношения сохранены в таблице в памяти контроллера. Поиск в таблице можно осуществлять по текущим значениям частоты вращения и нагрузки двигателя. Из таблицы получают необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе (например, 14.6:1) для текущей частоты вращения и нагрузки двигателя. Блок 252 выдает необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе в суммирующий узел 254 и делительный узел 253.

Массовый расход потока воздуха в двигатель, определяемый посредством датчика массового расхода воздуха или датчика давления во впускном коллекторе, вводят в систему 250 управления в блоке 251. Массовый расход потока воздуха в двигатель делят на необходимое воздушно-топливное отношение в двигателе из блока 252 в делительном узле 253 с получением необходимого массового расхода потока топлива в двигатель. Массовый расход потока топлива в двигатель выдают в умножающий узел 258.

В суммирующем узле 254 фактическое воздушно-топливное отношение в двигателе, определенное посредством кислородного датчика 91, вычитают из необходимого воздушно-топливного отношения в двигателе с получением отклонения воздушно-топливного отношения. Кроме того, к необходимому воздушно-топливному отношению в двигателе и фактическому воздушно-топливному отношению в двигателе прибавляют значение смещения или сдвига воздушно-топливного отношения для повышения эффективности каталитического нейтрализатора. Смещение воздушно-топливного отношения является выходным значением суммирующего узла 278. Суммирующий узел 254 выдает отклонение воздушно-топливного отношения пропорционально-интегральному регулятору 256. Пропорционально-интегральный (PI) контроллер 256 интегрирует отклонение и применяет пропорциональный и интегральный коэффициенты усиления к отклонению воздушно-топливного отношения для выдачи поправки для регулирования расхода потока топлива умножающему узлу 258. Необходимый массовый расход потока топлива в двигатель из делительного узла 253 умножают на поправку для регулирования расхода потока топлива в умножающем узле 258.

Выходное значение умножающего узла 258 также корректируют в умножающем узле 259 в зависимости от выходного сигнала ПИ-регулятора 274. Данная поправка компенсирует изменение воздушно-топливного отношения отработавших газов в выпускной системе, определяемого посредством кислородного датчика 90 или 93. Выходное значение умножающего узла 259 (например, поправку для потока топлива) преобразуют в ширину импульса впрыска топлива в блоке 260 посредством функции преобразования для топливной форсунки. Блок 260 выдает ширину импульса впрыска топлива для приведения в действие топливных форсунок двигателя (например, не показанных на ФИГ. 2В, но показанных на ФИГ. 1А-1В в виде позиций 66), а топливные форсунки двигателя впрыскивают скорректированную величину потока топлива или скорректированное количество потока топлива в двигатель 10.

Двигатель 10 выдает отработавшие газы в турбину турбонагнетателя (например, 163/165 на ФИГ. 1А). Отработавшие газы проходят через турбину 163/165 турбонагнетателя и в устройство 70 снижения токсичности выбросов. Устройство 70 снижения токсичности выбросов может включать в себя трехкомпонентный каталитический нейтрализатор. Отработавшие газы проходят из устройства 70 снижения токсичности выбросов в устройство 72 снижения токсичности выбросов. Устройство 72 снижения токсичности выбросов может включать в себя трехкомпонентный каталитический нейтрализатор, фильтр твердых частиц, окислительный каталитический нейтрализатор или какую-либо комбинацию каталитического нейтрализатора и фильтра твердых частиц. Обработанные отработавшие газы текут в атмосферу после прохождения через устройство 72 снижения токсичности выбросов.

Отработавшие газы из двигателя можно измерять посредством кислородного датчика 91 для получения фактического воздушно-топливного отношения в двигателе. По фактическому воздушно-топливному отношению в двигателе можно осуществлять обратную связь в системе 250 управления. Фактическое воздушно-топливное отношение

в двигателе вводят в суммирующий узел 254. Кислородный датчик 90 выполнен с возможностью отбора отработавших газов ниже по потоку от устройства 70 снижения токсичности выбросов и выше по потоку от устройства 72 снижения токсичности выбросов для определения воздушно-топливного отношения в выпускной системе.

5 Кислородный датчик 90 расположен в выпускном канале, проходящем между устройством 70 снижения токсичности выбросов и устройством 72 снижения токсичности выбросов. Альтернативно, отработавшие газы может отбирать кислородный датчик, расположенный ниже по потоку от устройства 72 снижения токсичности выбросов (например, кислородный датчик 93 на ФИГ. 1А), вместо кислородного датчика 90.
10 Выходной сигнал кислородного датчика 90 или 93 направляют в коммутатор 262, из которого его направляют в суммирующий узел 278 или в суммирующий узел 272 в зависимости от состояния коммутатора 262, определяемого логической схемой 264 переключения режимов.

Логическая схема 264 переключения режимов определяет рабочее состояние двигателя
15 и может изменять положение или состояние коммутатора 262 в зависимости от рабочего режима двигателя. В частности, логическая схема переключения режимов дает команду установки коммутатора 262 в базовое положение, когда поток воздуха в двигатель ниже порога, и не запрошена регенерация устройств нейтрализации отработавших газов. Логическая схема 264 переключения режимов также дает команду закрытия
20 клапана 97 на ФИГ. 1А, расположенного в перепускном канале 98 откачного коллектора, посредством первой опорной функции 266 для привода, когда поток воздуха в двигатель ниже порога, и не запрошена регенерация устройств нейтрализации отработавших газов. Коммутатор 262 показан в своем базовом положении. В данном базовом или первом положении коммутатор 262 направляет выходные данные от
25 кислородного датчика в суммирующий узел 278.

Логическая схема 264 переключения режимов перемещает коммутатор 262 во второе положение, обозначенное стрелкой 150 и указанное логической схемой 264 переключения режимов, когда величина потока воздуха в двигатель выше порога, или когда нужна регенерация устройства нейтрализации отработавших газов. Во втором положении
30 коммутатор 262 направляет выходной сигнал кислородного датчика 90 в суммирующий узел 272. Логическая схема 264 переключения режимов открывает клапан 97 посредством сигнала управления, выданного первой опорной функцией 266 клапану 97, когда величина потока воздуха в двигатель выше порога, или когда нужна регенерация устройства нейтрализации отработавших газов. Расход потока воздуха, поступающего
35 в выпускную систему через перепускной канал 98 откачного коллектора, регулируют по разомкнутому контуру посредством второй опорной функции 268. В одном примере вторая опорная функция 268 выдает команду положения клапана, величину перекрытия впускного и выпускного клапана (например, период по углу поворота коленчатого вала, в котором одновременно открыты и впускные, и выпускные клапаны), команду
40 давления наддува или иную команду регулирования потока воздуха, зависящую от воздушно-топливного отношения в двигателе и массового расхода потоков топлива и воздуха, сжигаемых в двигателе. Например, воздушно-топливное отношение в двигателе и массовый расход потоков топлива и воздуха, сжигаемых в двигателе, можно использовать для поиска в таблице или функции, результатом которой является команда
45 положения клапана, команда величины перекрытия впускного и выпускной клапана или команда давления наддува.

Логическая схема 264 переключения режимов также может регулировать путь направления воздуха в выпускную систему через перепускной канал 98 откачного

коллектора в зависимости от выходного сигнала кислородного датчика 91, расположенного в выпускной системе выше по потоку от устройства 70 снижения токсичности выбросов. Например, если выходной сигнал кислородного датчика 91 представляет собой первое значение (например, первая оценка воздушно-топливного отношения), воздух можно подавать в выпускную систему в месте выше по потоку от устройства 72 снижения токсичности выбросов и ниже по потоку от устройства 70 снижения токсичности выбросов через цилиндры двигателя, откачной коллектор и перепускную трубу откачного коллектора. Расход потока воздуха, подаваемого в выпускную систему, можно регулировать путем изменения фаз газораспределения клапанов. Если выходной сигнал кислородного датчика 91 представляет собой второе значение (например, вторая оценка воздушно-топливного отношения), воздух можно подавать в выпускную систему в месте выше по потоку от устройства 72 снижения токсичности выбросов и ниже по потоку от устройства 70 снижения токсичности выбросов через горячую трубу 30, откачной коллектор 80 и перепускную трубу откачного коллектора 98. Расход потока воздуха, подаваемого в выпускную систему, можно регулировать путем регулирования клапана 32 и/или клапана 97. Выбор пути направления воздуха, не участвовавшего в сгорании, позволяет подавать воздух в выпускную систему в более широком диапазоне рабочих состояний двигателя для уменьшения выбросов от двигателя.

Когда коммутатор 262 находится во втором положении, данные от кислородного датчика 90 или 93 выдают в суммирующий узел 272, а не в суммирующий узел 278. Фактическое воздушно-топливное отношение отработавших газов от кислородного датчика 90 или 93 вычитают из необходимого воздушно-топливного отношения отработавших газов, содержащегося в опорном блоке 270. Необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов, выданное из опорного блока 270, может быть отлично от необходимого воздушно-топливного отношения в двигателе, выданного из блока 252. В одном примере необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов определено эмпирически и сохранено в таблице с возможностью поиска по частоте вращения и нагрузке двигателя. Необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов, выданное из блока 270, может представлять собой стехиометрическое воздушно-топливное отношение, когда воздушно-топливное отношение в двигателе является богатым при высоких частотах вращения и нагрузках двигателя. Необходимое воздушно-топливное отношение отработавших газов, выданное из блока 270, может быть беднее стехиометрического, когда запрошена регенерация устройства нейтрализации отработавших газов в то время как воздушно-топливное отношение в двигателе является стехиометрическим. Вычтя фактическое воздушно-топливное отношение отработавших газов двигателя из необходимого воздушно-топливного отношения отработавших газов двигателя, получают отклонение воздушно-топливного отношения отработавших газов двигателя, вводимое во второй ПИ-регулятор 274. Отклонение воздушно-топливного отношения отработавших газов обрабатывает ПИ-регулятор 274, который интегрирует отклонение воздушно-топливного отношения и применяет пропорциональный и интегральный коэффициенты усиления к результату суммирующего узла 272, и выдает поправку для регулирования в умножающий узел 259.

Воздух в выпускную систему из откачного коллектора можно подавать в следующие моменты: стехиометрическое или бедное воздушно-топливное отношение в двигателе обогащают до уровня богаче стехиометрического воздушно-топливного отношения в двигателе, и подают воздух в выпускную систему в нижнее по потоку устройство 72

снижения токсичности выбросов в более ранний момент рабочего цикла двигателя до того, как отработавшие газы, образовавшиеся при воздушно-топливном отношении в двигателе богаче стехиометрического, достигнут местоположения нижнего по потоку устройства 72 снижения токсичности выбросов. Подачу воздуха в выпускную систему можно прекратить до обеднения богатого или стехиометрического воздушно-топливного отношения в двигателе.

По значениям частоты вращения (N) и нагрузки двигателя находят значения смещения воздушно-топливного отношения в таблице 276. Значения смещения воздушно-топливного отношения представляют собой эмпирические значения, хранимые в памяти контроллера, а по значениям смещения воздушно-топливного отношения регулируют топливовоздушные смеси в выпускной системе для повышения эффективности каталитических нейтрализаторов. Значения смещения воздушно-топливного отношения и воздушно-топливного отношения в выпускной системе прибавляют к необходимому воздушно-топливному отношению в двигателе и воздушно-топливному отношению на выходе двигателя в суммирующем узле 254, когда коммутатор 262 находится в базовом положении. Если коммутатор 262 не находится в базовом положении, результат суммирующего узла 278 можно скорректировать на заранее заданное значение, например, ноль.

Таким образом, система 250 может регулировать воздушно-топливное отношение в двигателе, отслеживаемое кислородным датчиком 91, и воздушно-топливное отношение отработавших газов, отслеживаемое кислородным датчиком 90 или 93, без направления воздуха в выпускную систему в первом режиме. Система 250 также может регулировать воздушно-топливное отношение в двигателе, отслеживаемое кислородным датчиком 91, и воздушно-топливное отношение отработавших газов, отслеживаемое кислородным датчиком 90 или 93, когда воздух направляют в выпускную систему через откачной коллектор. Количество топлива, подаваемого в двигатель, можно регулировать по замкнутому контуру в зависимости от подаваемого в выпускную систему количества воздуха, не участвующего в сгорании в двигателе. Впрыск топлива в двигатель можно регулировать в зависимости от выходного сигнала кислородного датчика 90 или 93.

Например, технический эффект, достигаемый подачей воздуха в выпускную систему в месте ниже по потоку от устройства снижения токсичности выбросов через откачной коллектор, при этом воздух не участвовал в сгорании в двигателе, при этом откачной коллектор связан по текучей среде с откачным выпускным клапаном цилиндра и впускным коллектором, при этом цилиндр содержит продувочный выпускной клапан, связанный по текучей среде с продувочным коллектором; и регулированием количества впрыскиваемого в двигатель топлива в зависимости от выходного сигнала первого кислородного датчика, при этом первый кислородный датчик расположен в выпускной системе выше по потоку от устройства снижения токсичности выбросов, состоит в более точном регулировании воздушно-топливного отношения отработавших газов ниже по потоку от устройства снижения токсичности выбросов для более эффективной работы двигателя и уменьшения выбросов от двигателя. В качестве другого примера, технический эффект, достигаемый направлением воздуха из впускного коллектора через множество цилиндров двигателя в место соединения выпускного канала и перепускного канала в ответ на некоторое состояние, при этом указанное место соединения расположено по ходу выпускного канала между первым и вторым устройствами снижения токсичности выбросов; и направлением отработавших газов в первое устройство снижения токсичности выбросов, а воздуха - в указанное место

соединения, состоит в увеличении количества кислорода, поступающего во второе устройство снижения токсичности выбросов, и, тем самым, поддержании стехиометрической смеси, поступающей во второе устройство снижения токсичности выбросов, что позволяет улучшить функционирование второго устройства снижения токсичности выбросов и уменьшить выбросы от двигателя. В другом примере увеличение количества кислорода способствует регенерации второго устройства снижения токсичности выбросов и выжиганию из него сажи, что также приводит к улучшению функционирования второго устройства снижения токсичности выбросов и уменьшению выбросов.

График 300 на ФИГ. 3А изображает пример фаз газораспределения клапанов относительно положения поршня для цилиндра двигателя, содержащего 4 клапана: два впускных клапана и два выпускных клапана, как раскрыто выше на примере ФИГ. 1А-1В. Пример на ФИГ. 3А выполнен по существу в масштабе, несмотря на то, что не все точки обозначены числовыми значениями. Поэтому относительные разности фаз газораспределения можно оценить по размерам на чертеже. При этом, при необходимости можно использовать и другие соотношения фаз газораспределения.

Цилиндр ФИГ. 3А выполнен с возможностью приема всасываемого воздуха через два впускных клапана и выпуска первой, продуваемой, части на вход турбины через первый выпускной клапан (например, первые или продувочные выпускные клапаны 8 на ФИГ. 1А), выпуска второй, откачиваемой, части в заборный канал через второй выпускной клапан (например, вторые или откачные выпускные клапаны 6 на ФИГ. 1А) и негоревшего продувочного воздуха в заборный канал через второй выпускной клапан. Регулирование моментов открытия и/или закрытия второго выпускного клапана в зависимости от соответствующих моментов двух впускных клапанов позволяет удалять остаточные отработавшие газы из объема мертвого пространства цилиндра и рециркулировать их в качестве РОГ вместе со свежим всасываемым продувочным воздухом.

График 300 иллюстрирует положение двигателя по оси x в градусах по углу поворота коленчатого вала ГУПКВ (САД). Кривая 302 описывает положения поршня (по оси y) относительно верхней мертвой точки (ВМТ) и/или нижней мертвой точки (НМТ), а также во время четырех тактов (впуска, сжатия, рабочего и выпуска) рабочего цикла двигателя.

Во время работы двигателя в каждом цилиндре, как правило, происходит четырехтактный цикл, включающий в себя такт впуска, такт сжатия, рабочий такт и такт выпуска. Во время такта впуска, как правило, происходит закрытие выпускных клапанов и открытие впускных клапанов. Воздух поступает в цилиндр по соответствующему заборному каналу, и поршень цилиндра движется к днищу цилиндра для увеличения объема в цилиндре. Специалисты в данной области техники обычно называют положение, в котором поршень находится вблизи днища цилиндра и в конце своего хода (например, когда объем камеры сгорания является наибольшим), нижней мертвой точкой (НМТ). Во время такта сжатия впускные и выпускные клапаны закрыты. Поршень движется к головке блока цилиндров для сжатия воздуха в камере сгорания. Специалисты в данной области техники обычно называют точку, в которой поршень находится в конце своего хода и наиболее близко к головке блока цилиндров (например, когда объем камеры сгорания является наименьшим), верхней мертвой точкой (ВМТ). В процессе, именуемом в настоящем описании «впрыск», в камеру сгорания подают топливо. В процессе, именуемом в настоящем описании «зажигание», впрыснутое топливо воспламеняют с помощью известных из уровня техники средств, например,

свечи зажигания, в результате чего происходит сгорание. Во время рабочего такта расширяющиеся газы вытесняют поршень обратно к НМТ. Коленчатый вал преобразует данное движение поршня в момент вращения вращающегося вала. В традиционной конструкции, во время такта выпуска происходит открытие выпускных клапанов для выпуска остаточных продуктов сгорания топливовоздушной смеси в соответствующие выпускные каналы и возврат поршня в ВМТ. Согласно раскрываемому изобретению, вторые выпускные (откачные) клапаны можно открывать после начала такта выпуска и оставлять их открытыми до момента после окончания такта выпуска, при этом первые выпускные (продувочные) клапаны закрывают, а впускные клапаны открывают для продувки остаточных отработавших газов и их удаления вместе с продувочным воздухом.

Кривая 304 представляет фазы газораспределения, высоту подъема и продолжительность открытого состояния для первого впускного клапана (Вп_1), а кривая 306 - фазы газораспределения, высоту подъема и продолжительность открытого состояния для второго впускного клапана (Вп_2), соединенных с заборным каналом цилиндра двигателя. Кривая 308 представляет пример фаз газораспределения, высоты подъема и продолжительности открытого состояния для первого выпускного клапана (Вып_1, могущего соответствовать первым, или продувочным, выпускным клапанам 8 на ФИГ. 1А), соединенного с первым выпускным коллектором (например, продувочным выпускным коллектором 84 на ФИГ. 1А), цилиндра двигателя, а кривая 310 - пример фаз газораспределения, высоты подъема и продолжительности открытого состояния для второго выпускного клапана (Вып_2, могущего соответствовать вторым, или откачным, выпускным клапанам 6 на ФИГ. 1А), соединенного со вторым выпускным коллектором (например, откачным коллектором 80 на ФИГ. 1А) цилиндра двигателя. Как подробно раскрыто выше, первый выпускной коллектор связывает первый выпускной клапан с входом турбины в турбоагрегате, а второй выпускной коллектор связывает второй выпускной клапан с заборным каналом через магистраль РОГ. Первый и второй выпускные коллекторы могут быть отделены друг от друга, как разъяснялось выше.

В изображенном примере первые и вторые впускные клапаны полностью открывают из закрытого положения в один и тот же момент (кривые 304 и 306) вблизи ВМТ такта впуска, сразу после ГУПКВ2 (например, в ВМТ такта впуска или сразу после нее) и закрывают после начала последующего такта сжатия после ГУПКВ3 (например, после НМТ). Кроме того, полное открытие двух впускных клапанов может предусматривать их открытие на одну и ту же величину высоты L1 подъема клапана на одну и ту же продолжительность D1. В других примерах срабатывание указанных двух клапанов может происходить в разные моменты за счет регулирования их фаз, высоты подъема и продолжительности открытого состояния в зависимости от состояний двигателя.

Что касается выпускных клапанов, фазы газораспределения первого и второго выпускных клапанов разнесены во времени друг от друга. А именно, первый выпускной клапан открывают из закрытого положения в первый момент (кривая 308), наступающий в рабочем цикле двигателя раньше, чем момент (кривая 310), в который второй выпускной клапан открывают из закрытого положения. А именно, первый момент для открытия первого выпускного клапана наступает между ВМТ и НМТ рабочего такта до ГУПКВ1 (например, до НМТ такта выпуска), а момент для открытия второго выпускного клапана - сразу после НМТ такта выпуска, после ГУПКВ1, но до ГУПКВ2. Закрытие первого (кривая 308) выпускного клапана происходит до окончания такта выпуска, а второго (кривая 310) выпускного клапана - после окончания такта выпуска.

Таким образом, второй выпускной клапан оставляют открытым для создания небольшого перекрытия с открытием впускных клапанов.

А именно, первый выпускной клапан может быть полностью открыт из закрытого положения до начала такта выпуска (например, в интервале от 90 до 40 градусов до НМТ), оставлен полностью открытым в течение первой части такта выпуска и полностью закрыт до окончания такта выпуска (например, в интервале от 50 до 0 градусов до ВМТ) для сбора порции продуваемой части отработавших газов. Второй выпускной клапан (кривая 310) может быть полностью открыт из закрытого положения сразу после начала такта выпуска (например, в интервале от 40 и 90 градусов после НМТ), оставлен открытым в течение второй части такта выпуска и полностью закрыт после начала такта впуска (например, в интервале от 20 до 70 градусов после ВМТ) для выпуска откачиваемой части отработавших газов. Кроме того, может иметь место фаза положительного перекрытия второго выпускного клапана и впускных клапанов, как раскрыто на ФИГ. 3А, (например, от момента между 20 градусами до ВМТ и 40 градусами после ВМТ до момента между 40 и 90 градусами после ВМТ) для пропуска продувочного воздуха с РОГ. Данный цикл, в котором задействованы все четыре клапана, может повторяться в зависимости от параметров работы двигателя.

Кроме того, первый выпускной клапан может быть открыт в первый момент на первую величину высоты L2 подъема клапана, а второй выпускной клапан - на вторую величину высоты L3 подъема клапана (кривая 310), при этом L3 меньше L2. Первый выпускной клапан также может быть открыт в первый момент на продолжительность D2, а второй выпускной клапан - на продолжительность D3, причем D3 меньше D2. Следует понимать, что в других вариантах указанные два выпускных клапана можно открывать на одну и ту же величину высоты подъема клапана и/или продолжительность открытого состояния, но в разные фазовые моменты.

Таким образом, применение разнесенных во времени фаз газораспределения клапанов позволяет увеличить КПД двигателя за счет отделения друг от друга отработавших газов, сбрасываемых под высоким давлением (например, расширяющихся продуваемых отработавших газов в цилиндре) от остаточных отработавших газов под низким давлением (например, отработавших газов, остающихся в цилиндре после продувки), в разные каналы. Направление остаточных отработавших газов низкого давления в качестве РОГ вместе с продувочным воздухом во вход компрессора (через магистраль РОГ и второй выпускной коллектор) позволяет снизить температуру в камере сгорания и, тем самым, уменьшить детонацию и запаздывание зажигания относительно оптимального момента зажигания. Кроме того, поскольку отработавшие газы в конце такта направляют либо ниже по потоку от турбины, либо выше по потоку от компрессора, и та, и другой из которых находятся под более низким давлением, можно свести к минимуму потери на перекачку отработавших газов для повышения КПД двигателя.

Таким образом, отработавшие газы можно использовать более эффективно, чем при простом направлении всех отработавших газов цилиндра через один общий выпускной канал в турбину турбоагнетателя. Это обеспечивает несколько преимуществ. Например, среднее значение давления отработавших газов, подаваемых в турбоагнетатель, можно повысить путем отделения и направления продуваемой порции во вход турбины для повышения отдачи турбоагнетателя. Кроме того, можно повысить топливную экономичность за счет того, что продувочный воздух, не направляемый в каталитический нейтрализатор, направляют во вход компрессора, в связи с чем можно не впрыскивать дополнительное топливо в отработавшие газы для

поддержания стехиометрического отношения.

ФИГ. 3А может отражать базовые настройки фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов для системы двигателя. В различных режимах работы двигателя, фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов можно изменять относительно базовых настроек. ФИГ. 3В изображает примеры регулирования фаз газораспределения продувочного выпускного клапана ПК (BDV), откачного выпускного клапана ОК (SV) и впускного клапана ВК (IV) для типового цилиндра в разных режимах работы двигателя. А именно, график 320 иллюстрирует положение двигателя по оси x в градусах по углу поворота коленчатого вала (ГУПКВ). График 320 также иллюстрирует изменения фаз газораспределения ПК, ВК и ОК каждого цилиндра для режима базового охлаждения камер сгорания продувочным воздухом (БОКСПВ) с большей РОГ на кривой 322, базового режима БОКСПВ с меньшей РОГ на кривой 324, первого режима холодного пуска (А) на кривой 326, второго режима холодного пуска (В) на кривой 328, режима отсечки топлива при замедлении (ОТЗ) на кривой 330, режима БОКСПВ в системе двигателя без перепускного канала откачного коллектора (например, канала 98 на ФИГ. 1А), режима раннего закрытия впускного клапана РЗВК (EIVC) на кривой 334 и режима порогового состояния компрессора на кривой 336. В примерах на ФИГ. 3В подразумевается, что ОК и ПК перемещают совместно (например, посредством одного и того же кулачка или системы изменения фаз кулачкового распределения). Таким образом, несмотря на то, что открытие и закрытие ОК и ПК может происходить в отличные друг от друга моменты, их можно регулировать (например, в сторону опережения или запаздывания) совместно, на одну и ту же величину. При этом в других вариантах ПК и ОК можно регулировать по отдельности, то есть они могут быть выполнены с возможностью регулирования отдельно друг от друга.

В базовом режиме БОКСПВ с большей РОГ, представленном на кривой 322, фазы газораспределения клапанов могут соответствовать базовым настройкам. ОК и ПК находятся в положении полного опережения (например, максимально возможного опережения, которое могут обеспечить технические средства установки фаз газораспределения клапанов). В данном режиме можно увеличить поток продувочного воздуха во впускную систему через ОК путем регулирования ОК в сторону запаздывания и/или ВК в сторону опережения (что увеличивает перекрытие ВК и ОК и, тем самым, поток продувочного воздуха). Регулирование ПК и ОК в сторону запаздывания уменьшает РОГ, как видно из кривой 324 в базовом режиме БОКСПВ с меньшей РОГ. Как видно из кривой 326, в первом режиме холодного пуска (А) для ОК можно установить профиль раннего открытия/большой высоты подъема.

Во втором режиме холодного пуска (В), как видно из кривой 328, ОК может быть отключен, чтобы не происходило его открытие. Кроме того, ВК можно отрегулировать в сторону опережения, а ПК - в сторону запаздывания, тем самым повышая устойчивость горения.

В режиме ОТЗ, на кривой 330, ПК может быть отключен (например, чтобы он оставался закрытым и не открывался в заданный момент). Фазы газораспределения ВК и ОК можно оставить в базовом положении, либо отрегулировать ОК в сторону запаздывания для увеличения перекрытия ОК и ВК, как видно из кривой 330. В результате, все отработавшие газы сгорания выходят в откачной выпускной коллектор через ОК с направлением обратно в заборный канал. Кривая 334 отражает режим РЗВК, в котором ВК отключен, а выпускной кулачок установлен в положение максимального запаздывания. Таким образом, ОК и ПК вместе установлены в положение запаздывания. Как подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 7А, в данном

режиме может происходить всасывание воздуха в цилиндр двигателя через ОК и его выход через ПК. Кривая 336 изображает пример фаз газораспределения клапанов для режима порогового состояния компрессора. В данном режиме впускной кулачок ВК установлен в положение опережения, а выпускной кулачок ОК и ПК - в положение запаздывания для уменьшения РОГ и потока отработавших газов во вход компрессора. Более подробно данные рабочие режимы будут раскрыты ниже на примерах ФИГ. 4А-15.

На ФИГ. 4А-4В раскрыта блок-схема способа 400 для эксплуатации транспортного средства, содержащего систему двигателя с разветвленной выпускной системой (например, систему на ФИГ. 1А-1В), в которой первый выпускной коллектор (например, откачной коллектор 80 на ФИГ. 1А) направляет отработавшие газы и продувочный воздух во впускную систему двигателя, а второй выпускной коллектор (например, продувочный коллектор 84 на ФИГ. 1А) направляет отработавшие газы в выпускную систему системы двигателя в различных режимах работы транспортного средства и двигателя. Инструкции для осуществления способа 400 и остальных раскрытых в настоящем описании способов может реализовывать контроллер (например, контроллер 12 на ФИГ. 1А-1В) в соответствии с инструкциями в памяти контроллера и во взаимосвязи с сигналами от датчиков системы двигателя, например, датчиков, раскрытых выше на примере ФИГ. 1А-1В. Контроллер может задействовать исполнительные устройства системы двигателя для регулирования работы двигателя согласно раскрытым ниже способам. Например, контроллер может приводить в действие приводы различных клапанов для перемещения клапанов в заданные командой положения и/или различные приводы установки фаз газораспределения различных клапанов цилиндров для регулирования фаз газораспределения клапанов цилиндров.

Выполнение способа 400 начинают на шаге 402 с оценки и/или измерения параметров работы транспортного средства и двигателя. В число параметров работы двигателя могут входить: положение тормозной педали, положение педали акселератора, требуемый водителем крутящий момент, степень заряженности аккумуляторной батареи (в гибридно-электрическом транспортном средстве), температура и влажность окружающей среды, барометрическое давление, частота вращения двигателя, нагрузка двигателя, величина крутящего момента, подводимого трансмиссии транспортного средства, в котором установлен двигатель, от электрической машины (например, электрической машины 161 на ФИГ. 1В) или коленчатого вала двигателя, температура двигателя, массовый расход воздуха (МРВ), давление во впускном коллекторе (ДВК), содержание кислорода во всасываемом воздухе/отработавших газах в разных точках в системе двигателя, фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов цилиндров, положения различных клапанов системы двигателя, температура и/или уровень загрязненности одного или нескольких устройств снижения токсичности выбросов, давления в выпускных коллекторах, выпускных трактах, выпускном канале и/или заборном канале, количество топлива, впрыскиваемого в цилиндры двигателя, рабочее состояние электрического компрессора (например, электрического компрессора 60 на ФИГ. 1А), число оборотов турбоагнетателя, образование конденсата в компрессоре турбоагнетателя, температура на входе и/или выходе компрессора турбоагнетателя и т.п.

На шаге 403 способ предусматривает определение того, работает ли транспортное средство в режиме электрической тяги. Как разъяснялось выше, в одном варианте транспортное средство может представлять собой гибридно-электрическое транспортное средство. Режим эксплуатации транспортного средства можно определить по

результатам оценки параметров работы. Например, по как минимум результату оценки требуемого водителем крутящего момента и степени заряженности аккумуляторной батареи можно определить, будут ли эксплуатировать транспортное средство в режиме тяги только от двигателя (в котором двигатель приводит в движение колеса транспортного средства), режиме с поддержкой (в котором двигатель приводит в движение транспортное средство при содействии аккумуляторной батареи) или в режиме только электрической тяги (в котором транспортное средство приводят в движение только за счет аккумуляторной батареи посредством электромотора или генератора). В одном примере, если требуемый крутящий момент можно обеспечить только за счет аккумуляторной батареи, транспортное средство можно эксплуатировать в режиме только электрической тяги, приводя транспортное средство в движение только за счет крутящего момента мотора. В другом примере, если требуемый крутящий момент не может быть обеспечен за счет аккумуляторной батареи, транспортное средство можно эксплуатировать в режиме тяги от двигателя или в режиме с поддержкой, в котором транспортное средство приводят в движение как минимум частично за счет крутящего момента двигателя. Соответственно, транспортное средство может работать в выявленном режиме эксплуатации. Если на шаге 403 будет подтверждено, что транспортное средство работает в режиме только электрической тяги, способ следует на шаг 405 для работы в режиме только электрической (например, электрической) тяги, в котором гибридное транспортное средство приводят в движение только за счет крутящего момента мотора (но не крутящего момента двигателя). Работа в режиме электрической тяги детально рассмотрена ниже на примере ФИГ. 14.

Альтернативно, если транспортное средство не работает в режиме электрической тяги, или транспортное средство не является гибридным, движение транспортного средства может происходить как минимум частично (или полностью) за счет крутящего момента двигателя, и способ следует на шаг 404. На шаге 404 способ предусматривает определение того, имеют ли место состояния холодного пуска. В одном примере состояние холодного пуска может включать в себя работу двигателя с температурой двигателя ниже пороговой. В одном примере температура двигателя может представлять собой температуру охлаждающей жидкости. В другом примере температура двигателя может представлять собой температуру каталитического нейтрализатора (например, устройства снижения токсичности выбросов, например, одного из устройств 70 и 72 снижения токсичности выбросов на ФИГ. 1А), расположенного в выпускном канале. Если двигатель работает в состоянии холодного пуска, способ следует на шаг 406 для работы в режиме холодного пуска. Работа в режиме холодного пуска детально рассмотрена на примере ФИГ. 5.

Альтернативно, если состояния холодного пуска отсутствуют (например, температуры двигателя выше установленных порогов), способ следует на шаг 408. На шаге 408 способа определяют, происходит ли событие отсечки топлива при замедлении (ОТЗ) (или происходит ли замедление транспортного средства). Например, событие ОТЗ может быть запущено и/или выявлено, когда водитель отпускает педаль акселератора транспортного средства и/или нажимает тормозную педаль. В другом примере событие ОТЗ может быть выявлено, когда скорость транспортного средства падает на пороговую величину. Событие ОТЗ может включать в себя прекращение впрыска топлива в цилиндры двигателя. Если событие ОТЗ происходит, способ следует на шаг 410 для работы в режиме ОТЗ. Работа в режиме ОТЗ подробно рассмотрена на примере ФИГ. 6.

Если условия для ОТЗ отсутствуют, или ОТЗ не происходит, способ следует на шаг

412. На шаге 412 способ предусматривает определение того, ниже ли нагрузка двигателя, чем пороговая. В одном примере пороговая нагрузка может представлять собой нижний порог нагрузки, при котором имеет место состояние с частично открытым дросселем (например, когда впускной дроссель, например, дроссель 62 на ФИГ. 1А как минимум частично закрыт, то есть не полностью открыт), и/или при котором имеет место состояние холостого хода двигателя (например, когда двигатель работает на холостом ходу). В других примерах в основе пороговой нагрузки может лежать нагрузка и/или проход дросселя, при которых возможен обратный поток через магистраль РОГ (например, по каналу 50 на ФИГ. 1А) и откачной выпускной коллектор. Обратный поток может содержать всасываемый воздух, текущий из заборного канала, через магистраль РОГ и откачной выпускной коллектор в цилиндры двигателя через откачные выпускные клапаны. Если нагрузка двигателя ниже пороговой (или дроссель открыт не полностью, то есть как минимум частично закрыт), способ следует на шаг 414 для работы в режиме частично открытого дросселя. Работа в режиме частично открытого дросселя подробно рассмотрена ниже на примере ФИГ. 7А-7В.

Если нагрузка двигателя не ниже пороговой на шаге 412, способ следует на шаг 416. На шаге 416 способ предусматривает определение того, работает ли электрический компрессор в системе двигателя. В одном примере электрический компрессор может представлять собой электрический компрессор, расположенный в заборном канале выше по потоку от места соединения магистрали РОГ (соединенной с откачным коллектором) с заборным каналом и выше по потоку от компрессора турбонагнетателя (например, электрического компрессора 60 на ФИГ. 1А). Например, контроллер может установить, что электрический компрессор работает, когда электрический компрессор приводят в действие за счет электроэнергии, аккумулированной в устройстве аккумулирования энергии (например, аккумуляторной батарее). Например, электромотор (соединенный с устройством аккумулирования энергии) может приводить в действие электрический компрессор, поэтому, когда электромотор работает и приводит в действие электрический компрессор, контроллер может установить, что электрический компрессор работает. Электрический компрессор выполнен с возможностью включения и приведения в действие мотором за счет аккумулированной энергии по запросу дополнительного наддува (например, величины давления сверх той, что можно обеспечить только за счет компрессора турбонагнетателя при текущем числе оборотов турбонагнетателя). Если электромотор электрического компрессора приводит в действие электрический компрессор, то есть последний работает на шаге 416, способ следует на шаг 418 для работы в режиме электронаддува. Работа в режиме электронаддува подробно рассмотрена ниже на примере ФИГ. 8.

Если электрический компрессор не работает (например, его не приводит в действие электромотор, соединенный с электрическим компрессором), способ следует на шаг 420. На шаге 420 способа определяют, находится ли компрессор (например, компрессор 162 турбонагнетателя на ФИГ. 1А) в пороговом рабочем состоянии. Пороговое (например, предельное) рабочее состояние компрессора может включать в себя: температуру на входе компрессора ниже первой пороговой температуры (что может указывать на образование конденсата на входе компрессора), и/или температуру на выходе компрессора выше второй пороговой температуры (при этом, при температурах не ниже данной второй пороговой температуры возможно ухудшение характеристик компрессора), и/или частота вращения компрессора (например, число оборотов компрессора, которое также представляет собой число оборотов турбонагнетателя) выше пороговой (при этом, при частотах вращения выше данного порога возможно

ухудшение характеристик компрессора). Когда компрессор работает с превышением данных пороговых рабочих состояний, возможно ухудшение характеристик компрессора и/или показателей его работы. В другом примере, способ на шаге 420 может дополнительно или взамен предусматривать определение того, превышают ли частота вращения двигателя (ЧВД) или нагрузка двигателя соответствующие пороги. Например, пороги частоты вращения и/или нагрузки двигателя могут быть соотнесены с работой компрессора таким образом, что когда двигатель работает при данных пороговых частотах вращения двигателя или нагрузках двигателя, возможно достижение или превышение одного или нескольких из вышеуказанных пороговых рабочих состояний компрессора. Поэтому при относительно высокой мощности, частоте вращения и/или нагрузке двигателя возможно достижение или превышение одного или нескольких пороговых рабочих состояний компрессора. При достижении или превышении одного из пороговых рабочих состояний компрессора или достижении соответствующих верхних порогов частоты вращения и/или нагрузки двигателя, способ следует на шаг 421 для работы в режиме порогового состояния компрессора (в настоящем описании также могущем именоваться «режим высокой мощности»). Работа в режиме порогового состояния компрессора подробнее рассмотрена ниже на примере ФИГ. 9.

Если компрессор не работает в одном из пороговых рабочих состояний (или частота вращения и/или нагрузка двигателя ниже своих верхних порогов), способ следует на шаг 422. На шаге 422 способа определяют, имеет ли место переходное состояние нажатия педали акселератора с низкой ЧВД. Например, переходное состояние нажатия педали акселератора с низкой ЧВД может иметь место, когда требуемый крутящий момент возрастает сверх порогового, а частота вращения двигателя ниже пороговой. Например, если сигнал положения педали от педали акселератора превышает порог (указывая на то, что педаль акселератора была нажата на пороговую величину, то есть на то, что запрошено повышение отдачи двигателя по крутящему моменту), а частота вращения двигателя ниже пороговой, контроллер может установить, что имеет место переходное состояние нажатия педали акселератора с низкой ЧВД. Если будет установлено, что условия для переходного состояния нажатия педали акселератора с низкой ЧВД соблюдены, способ следует на шаг 423 для уменьшения величины прохода клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) для повышения давления в откачном коллекторе до необходимого уровня, при этом необходимый уровень зависит от давления во впускном коллекторе (ДВК) и изменяемых фаз кулачкового распределения (ИФКР) впускных и выпускных клапанов. Например, на шаге 423 способа контроллер может определить необходимое давление в откачном коллекторе в зависимости от оценочного или измеренного ДВК и текущих фаз газораспределения (например, моментов открытия и закрытия) впускных и выпускных (например, откачных и продувочных) клапанов. Например, когда клапан БОКСПВ полностью открыт, откачной коллектор работает под давлением, близком к давлению на входе компрессора (например, давлению окружающей среды). В данном режиме, количества РОГ и продувочного воздуха увеличены, результатом чего является более высокий КПД двигателя, однако небольшое избыточное обратное регулирование тяги. Повышение необходимого (например, целевого) давления в откачном коллекторе ближе к ДВК может привести к уменьшению количества РОГ и продувочного воздуха, в связи с чем большее количество заряда остается запертым в цилиндрах. В связи с этим, используя обратную связь по давлению в откачном коллекторе, можно регулировать клапан БОКСПВ для достижения необходимого уровня РОГ. Например, можно установить соответствия целевого давления в откачном коллекторе и уровня отдаваемого крутящего

момента (например, в виде таблицы или функции в памяти контроллера) и ИФКР впускных/выпускных клапанов. Таким образом, контроллер может использовать хранящуюся в памяти зависимость давления в откачном коллекторе и ИФКР впускных/выпускных клапанов.

5 Например, контроллер может использовать первую табулированную зависимость в памяти для определения необходимого давления в откачном коллекторе, при этом ДВК и фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов являются входными параметрами, а необходимое давление в откачном коллекторе - результатом. Затем контроллер может использовать вторую табулированную зависимость, входным
10 параметром которой является результат определения необходимого давления в откачном коллекторе, а необходимое положение клапана БОКСПВ, продолжительность полного закрытия клапана БОКСПВ или степень уменьшения величины прохода клапан БОКСПВ - выходными параметрами, для определения задаваемого командой положение клапана БОКСПВ. Затем контроллер может направить сигнал приводу клапана
15 БОКСПВ переместить клапан БОКСПВ в необходимое положение (например, полностью закрытое или частично закрытое) и удерживать клапан БОКСПВ в этом положении в течение установленного периода. В качестве другого примера, контроллер может выполнить логическое определение (например, в отношении положения клапана БОКСПВ) на основании логических формул, представляющих собой функцию от ДВК,
20 фаз газораспределения впускных клапанов и фаз газораспределения выпускных клапанов. Затем контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый приводу клапана БОКСПВ. В некоторых вариантах способ на шаге 423 может предусматривать закрытие клапана БОКСПВ до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое давление в откачном коллекторе, после чего клапан БОКСПВ вновь
25 открывают. В другом примере способ на шаге 423 может предусматривать регулирование положения клапана БОКСПВ между открытым и закрытым положениями для поддержания необходимого давления в откачном коллекторе. Давление в откачном коллекторе можно измерять посредством одного или нескольких датчиков давления, расположенных в откачном коллекторе или выпускных трактах откачных выпускных
30 клапанов, а измеренное давление в откачном коллекторе может служить данными обратной связи для последующего регулирования контроллером положения клапана БОКСПВ для поддержания необходимого давления в откачном коллекторе. В других примерах контроллер может использовать другую табулированную зависимость, входными параметрами которой являются измеренное давление в откачном коллекторе и необходимое давление в откачном коллекторе, а результатом - отрегулированное
35 положение клапана БОКСПВ.

Если переходное состояние нажатия педали акселератора с низкой ЧВД отсутствует на шаге 422, способ следует на шаг 424 на ФИГ. 4В. На шаге 424 способ предусматривает определение того, ожидаемо или запрошено ли глушение двигателя. Глушение двигателя
40 может представлять собой глушение при выключении зажигания (например, когда транспортное средство поставлено на стоянку, и водитель выключает двигатель) или глушение при частых пусках и остановках (например, когда транспортное средство останавливают, но не ставят на стоянку, и происходит автоматическое глушение двигателя в связи с остановкой на пороговый период). Таким образом, в одном примере контроллер может установить, что глушение запрошено, на основании получения
45 сигнала выключения зажигания от системы зажигания транспортного средства, и/или того, что транспортное средство остановлено в течение порогового периода. Если контроллер получил запрос глушения, способ следует на шаг 426 для работы в режиме

глушения. Работа в режиме глушения подробно рассмотрена ниже на примере ФИГ. 15.

Если запрос глушения не получен на шаге 424, способ следует на шаг 428. На шаге 428 способ предусматривает определение того, нужны ли или включены ли охлаждающая продувка камер сгорания (БОКСПВ) и РОГ в заборный канал через откачной выпускной коллектор (например, через откачной коллектор 80 и первую магистраль 50 РОГ на ФИГ. 1А). Например, если нагрузка двигателя выше второй пороговой нагрузки (например, выше пороговой нагрузки на шаге 412), продувка и РОГ в заборный канал могут быть нужны и включены. В другом примере, если технические средства БОКСПВ двигателя (например, клапан БОКСПВ 54 и/или откачные выпускные клапаны 6 на ФИГ. 1А) включены, то продувка и РОГ могут быть включены. Например, может быть установлено, что технические средства БОКСПВ включены, если откачные выпускные клапаны работают (например, не отключены), и клапан БОКСПВ открыт или как минимум частично открыт. Если продувка и РОГ нужны, и/или технические средства БОКСПВ уже включены, способ следует на шаг 430 для работы в базовом режиме БОКСПВ. Работа в базовом режиме БОКСПВ подробнее рассмотрена ниже на примере ФИГ. 10-13.

Если на шаге 428 будет установлено, что БОКСПВ не нужна, способ следует на шаг 432 для отключения откачных выпускных клапанов и эксплуатации двигателя без продувки. Например, это может включать в себя поддержание откачных выпускных клапанов закрытыми и направление отработавших газов из цилиндров двигателя только в выпускной канал через продувочные выпускные клапаны. Например, контроллер может направить сигнал отключения приводу откачных клапанов (например, приводу 103 установки фаз газораспределения выпускных клапанов на ФИГ. 1А) для отключения ОК каждого цилиндра. Кроме того, способ на шаге 431 может предусматривать отсутствие РОГ при работе двигателя. Способ далее следует на шаг 434, на котором оставляют клапаны-регуляторы движения заряда (например, КРДЗ 24 на ФИГ. 1А) открытыми, чтобы не происходило блокирование всасываемого воздуха при его поступлении в цилиндры двигателя через впускные тракты. Затем выполнение способа завершают.

На ФИГ. 5 раскрыт способ 500 для эксплуатации системы двигателя в режиме холодного пуска. К способу 500 можно перейти с шага 406 способа 400, раскрытого выше. Выполнение способа 500 начинают на шаге 502 с определения того, включены ли по умолчанию откачные выпускные клапаны (например, вторые выпускные клапаны 6 на ФИГ. 1А). Откачные выпускные клапаны (ОК) могут быть включены по умолчанию (например, открыты), если приводной механизм клапана (например, различные механизмы изменения высоты подъема клапана и/или ИФКР, раскрытые выше и представленные в виде привода 103 установки фаз газораспределения выпускных клапанов на ФИГ. 1В) откачных выпускных клапанов включен, благодаря чему откачные выпускные клапаны будут приведены в действие для их открытия в заданный момент. В других примерах приводной механизм клапана может быть отключен, чтобы не произошло открытие откачных выпускных клапанов (и они остались бы закрытыми) в заданный момент в рабочем цикле двигателя. Данная настройка по умолчанию может соответствовать рабочему состоянию откачных выпускных клапанов при глушении двигателя. Таким образом, откачные выпускные клапаны могут быть либо включены по умолчанию, либо отключены сразу после запуска двигателя или во время холодного пуска. Если откачные выпускные клапаны включены по умолчанию, способ следует на шаг 504 для открытия клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) для

начальной прокрутки коленчатого вала (например, начального вращения коленчатого вала).

На шаге 506 способ предусматривает, после срабатывания первого цилиндра (например, после впрыска топлива в первый цилиндр и сжигания воздуха и топлива в нем), изменение положения клапана БОКСПВ для регулирования РОГ по магистрали РОГ (например, каналу 50 на ФИГ. 1А) и во вход компрессора для обеспечения необходимой величины потока РОГ. Необходимая величина потока РОГ может быть задана в зависимости от параметров работы двигателя (например, нагрузки двигателя, МРВ, ВТО в камере сгорания и/или заданных порогов выбросов). В одном примере изменение положения клапана БОКСПВ может включать в себя регулирование положения клапана БОКСПВ между полностью открытым и полностью закрытым положениями для поддержания необходимого расхода потока РОГ в заборный канал выше по потоку от компрессора. В другом примере, если клапан БОКСПВ выполнен бесступенчато-регулируемым с возможностью установки в более чем два положения, изменение положения клапана БОКСПВ может включать в себя бесступенчатую установку клапана БОКСПВ во множество положений между полностью открытым и полностью закрытым для поддержания необходимого расхода потока РОГ. Кроме того, способ на шаге 506 может предусматривать регулирование положения клапана БОКСПВ для предотвращения обратного потока по магистрали РОГ (например, потока всасываемого воздуха по магистрали РОГ из заборного канала в откачной выпускной коллектор). Например, если давление в откачном выпускном коллекторе (например, втором выпускном коллекторе 80 на ФИГ. 1А) ниже атмосферного, контроллер может установить клапан БОКСПВ в полностью закрытое положение для блокирования потока по магистрали РОГ. В других примерах способ на шаге 506 может предусматривать выполнение контроллером логического определения (например, в отношении положения клапана БОКСПВ) на основании логических формул, представляющих собой функцию от необходимого потока РОГ и давления в откачном выпускном клапане. В качестве другого примера, контроллер может содержать табулированную зависимость в памяти, входными параметрами которой являются необходимый поток РОГ и давление в откачном коллекторе, а результатом - положение клапана БОКСПВ. Далее контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый приводу клапана БОКСПВ, в результате чего происходит установка клапана БОКСПВ (например, установка пластины клапана БОКСПВ) в определенное положение. Если на шаге 506 клапан БОКСПВ закрывают, способ может дополнительно предусматривать открытие (или как минимум частичное открытие) перепускного клапана откачного коллектора (например, в системе двигателя, содержащей перепускной канал откачного коллектора, например, канал 98 и ПКЛОК 97 на ФИГ. 1А). Так можно разгрузить чрезмерное давление в откачном выпускном коллекторе за счет направления как минимум части отработавших газов, выпускаемых из откачных выпускных клапанов, в откачной выпускной коллектор, а затем в выпускной канал через перепускной канал откачного коллектора.

На шаге 508 способ предусматривает определение того, возможно ли изменить состояние включения откачных выпускных клапанов. Например, системы ИФКР могут содержать клапаны с гидравлическим управлением, управление которыми или переключение их рабочих состояний и/или профиля фаз газораспределения осуществляют за счет давления масла. Поэтому в других примерах, только тогда, когда давление масла достигнет порогового давления для переключения профиля фаз газораспределения или рабочего состояния откачных выпускных клапанов, можно будет переключить

состояние включения откачных выпускных клапанов. В других вариантах откачные выпускные клапаны можно регулировать в зависимости от другой переменной. Если на шаге 508 будет установлено, что состояние включения или профиль фаз газораспределения откачных выпускных клапанов изменить нельзя, способ следует на шаг 510, на котором откачные выпускные клапаны оставляют включенными и продолжают регулировать клапан БОКСПВ. При этом, если состояние включения откачных выпускных клапанов можно переключить, способ следует на шаг 512 для определения того, можно ли осуществить переключение профилей фаз газораспределения откачных выпускных клапанов. В одном примере можно осуществить переключение профилей кулачков для изменения фаз газораспределения откачных выпускных клапанов (например, для регулирования моментов открытия и закрытия в рабочем цикле двигателя) вместо отключения клапанов. Если профили фаз газораспределения откачных выпускных клапанов переключить нельзя, способ следует на шаг 514 для отключения откачных выпускных клапанов (например, отключения приводных механизмов/ механизмов установки фаз газораспределения откачных выпускных клапанов, чтобы откачные выпускные клапаны оставались закрытыми и не открывались в заданные для них моменты) и закрытия (например, полностью) клапана БОКСПВ. В других примерах способ на шаге 514 может предусматривать удержание некоторого количества углеводородных выбросов, образовавшихся при прокрутке коленчатого вала, в откачном выпускном коллекторе до тех пор, когда можно будет вновь открыть клапан БОКСПВ. Такое регулирование откачных выпускных клапанов и клапана БОКСПВ во время прогрева двигателя позволяет повысить устойчивость работы двигателя при низкой нагрузке и уменьшить выбросы во время холодного пуска.

Если на шаге 512 будет установлено, что профили фаз газораспределения откачных выпускных клапанов можно переключать, способ следует на шаг 516. На шаге 516 способ предусматривает переключение фаз газораспределения откачных выпускных клапанов на профиль раннего открытия/большой высоты подъема (как видно из кривой 326 на ФИГ. 3В, раскрытой выше) и закрытие клапана БОКСПВ. В одном примере способ на шаге 516 может предусматривать изменение фаз газораспределения (например, момента открытия) откачных выпускных клапанов в сторону опережения и/или увеличение высоты подъема откачных выпускных клапанов путем переключения профиля распределительных кулачков. В других примерах способ на шаге 516 может дополнительно предусматривать открытие перепускного клапана откачного коллектора для пропуска потока отработавших газов из откачного коллектора в выпускной канал, в то время как клапан БОКСПВ закрыт. В данном варианте способа, пусковой каталитический нейтрализатор (например, устройство 72 снижения токсичности выбросов на ФИГ. 1А) может быть расположен ниже по потоку от места соединения перепускного канала откачного коллектора с выпускным каналом. Поэтому в данном варианте может отсутствовать дополнительный пусковой каталитический нейтрализатор (например, трехкомпонентный каталитический нейтрализатор) выше по потоку от места соединения перепускного канала откачного коллектора с выпускным каналом.

Оба способа на шагах 516 и 514 переходят на шаг 530 для определения того, находится ли каталитический нейтрализатор, расположенный в выпускном канале, при температуре активации (например, достиг ли он ее). В одном примере каталитический нейтрализатор может входить в состав одного или нескольких устройств снижения токсичности выбросов, расположенных в выпускной системе (например, устройств 70 и 72 снижения токсичности выбросов на ФИГ. 1А). Если температура одного или нескольких каталитических нейтрализаторов не ниже соответствующей температуры активации

(например, для эффективной работы каталитического нейтрализатора), способ следует на шаг 532 для регулирования фаз газораспределения откатных выпускных клапанов в зависимости от состояний двигателя. В одном примере способ на шаге 532 может предусматривать установку фаз газораспределения откатных выпускных клапанов по умолчанию или их базовых фаз (например, фаз газораспределения на ФИГ. 3А). Затем выполнение способа завершают.

Если температура одного или нескольких каталитических нейтрализаторов ниже температуры активации, способ следует на шаг 534, на котором дополнительно регулируют работу двигателя для повышения температуры каталитического нейтрализатора. В одном примере, как на шаге 536, способ на шаге 534 может предусматривать отключение продувочных выпускных клапанов наружных цилиндров (например, продувочных выпускных клапанов 8 цилиндров 12 и 18 на ФИГ. 1А) с оставлением всех откатных выпускных клапанов (для всех наружных и внутренних цилиндров) включенными. Например, внутренние цилиндры могут быть физически расположены между наружными цилиндрами. Поэтому только отработавшие газы из внутренних цилиндров могут течь в каталитические нейтрализаторы в выпускном канале. Способ на шаге 536 может дополнительно предусматривать продолжение подачи топлива в цилиндры с отключенными продувочными выпускными клапанами, но без подачи искры в эти цилиндры (при этом искру продолжают подавать в цилиндры, где продувочные выпускные клапаны не отключены). В другом примере, как на шаге 538, способ на шаге 534 может предусматривать уменьшение прохода дросселя (например, дросселя 62 на ФИГ. 1А) и открытие клапана во второй магистрали РОГ между откатным выпускным коллектором и заборным каналом ниже по потоку от компрессора и выше по потоку от дросселя (например, второй магистрали 58 РОГ на ФИГ. 1А). В результате, всасываемый воздух может течь в обратном направлении по второй магистрали РОГ из заборного канала в откатной выпускной коллектор и в цилиндры через откатные выпускные клапаны. Это может привести к повышению температуры продуваемых газов, направляемых в выпускной канал через продувочный выпускной коллектор, и, тем самым, повышению температуры каталитического нейтрализатора. Способ на шаге 538 в настоящем описании может именоваться «режим холостого хода» и будет подробнее раскрыт ниже на примере ФИГ. 7А-7В. На шаге 534 может быть выбран один из способов на шагах 536 и 538 в зависимости от архитектуры системы двигателя. Например, способ на шаге 538 можно применять, если система содержит вторую магистраль РОГ. В противном случае, можно применять способ на шаге 536. В других вариантах способ на шаге 534 может предусматривать выбор одного из способов на шагах 536 и 538 в зависимости от других параметров работы двигателя.

Вернемся на шаг 502: если откатные выпускные клапаны не включены по умолчанию, то они могут быть отключены по умолчанию (и, в связи с этим, закрыты). В этом случае способ следует на шаг 518 для изменения фаз газораспределения выпускных клапанов (например, выпускных клапанов 2 и 4 на ФИГ. 1А) в сторону опережения и изменения фаз газораспределения выпускных клапанов в сторону запаздывания. Изменение в сторону опережения фаз газораспределения выпускных клапанов может представлять собой регулирование одного или нескольких механизмов установки фаз газораспределения выпускных клапанов для изменения в сторону опережения момента закрытия выпускных клапанов. Кроме того, изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения выпускных клапанов может включать в себя изменение в сторону запаздывания момента открытия совместно откатных выпускных клапанов и

продувочных выпускных клапанов (например, при управлении ими посредством системы изменения фаз кулачкового распределения) или изменение в сторону запаздывания момента открытия только продувочных выпускных клапанов. Данные регулировки позволяют повысить устойчивость горения во время холодного пуска. На шаге 520 способ предусматривает определение того, можно ли изменить состояние включения или профиль фаз газораспределения откатных выпускных клапанов (например, аналогично способу на шаге 508, раскрытому выше). Если откатные выпускные клапаны нельзя отрегулировать (например, из-за того, что давление масла ниже порога для переключения состояния включения клапана), способ следует на шаг 522, на котором откатные выпускные клапаны оставляют отключенными. Альтернативно, если откатные выпускные клапаны можно отрегулировать (или возобновить их работу), способ следует на шаг 524 для определения того, можно ли переключить профили фаз газораспределения откатных выпускных клапанов (например, аналогично способу на шаге 512, раскрытому выше). Если профили откатных выпускных клапанов переключить нельзя, способ следует на шаг 526 для включения откатных выпускных клапанов и регулирования клапана БОКСПВ для регулирования потока РОГ по магистрали РОГ и во вход компрессора до необходимой величины. При этом, если переключение профилей откатных выпускных клапанов возможно, способ следует на шаг 528 для переключения профиля откатных выпускных клапанов в сторону раннего открытия/большой высоты подъема и закрытия клапана БОКСПВ, как раскрыто выше на шаге 516. Оба способа на шагах 526 и 528 далее следуют на шаг 530, как раскрыто выше.

ФИГ. 16 изображает график 1600 эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме холодного пуска. А именно, график 1600 представляет состояние включения откатных выпускных клапанов (где «Вкл.» означает «включен», а «Откл.» - «отключен») на кривой 1602, положение клапана БОКСПВ на кривой 1604, поток РОГ (например, величину или расход потока РОГ по магистрали 50 РОГ и во вход компрессора, как раскрыто на ФИГ. 1А) на кривой 1606, температуру каталитического нейтрализатора отработавших газов относительно температуры активации каталитического нейтрализатора на кривой 1608, положение впускного дросселя (например, дросселя 62 на ФИГ. 1А) на кривой 1610, положение второго клапана РОГ среднего давления, расположенного во второй магистрали РОГ (например, среднего давления) (например, клапана 59 во второй магистрали 58 РОГ на ФИГ. 1А) на кривой 1612 и фазы кулачкового распределения впускных клапанов на кривой 1614 и выпускных клапанов (в число которых могут входить продувочные выпускные клапаны и откатные выпускные клапаны, если ими управляют посредством одной и той же системы изменения фаз кулачкового распределения) на кривой 1616 относительно из базовых фаз В1 (примером базовых фаз кулачкового распределения впускных и выпускных клапанов может служить ФИГ. 3В, как раскрыто выше). Кривые построены по времени, значения которого указаны на оси х.

До момента t_1 происходит пуск двигателя с откатными выпускными клапанами, включенными по умолчанию. Поэтому может происходить открытие и закрытие откатных выпускных клапанов в заданный для них момент в рабочем цикле двигателя. В момент t_1 клапан БОКСПВ открывают для начальной прокрутки коленчатого вала. Поэтому поток РОГ начинает расти после t_1 (и может расти и падать с течением времени при открытии и закрытии клапана БОКСПВ соответственно). После срабатывания первого цилиндра, клапан БОКСПВ регулируют для регулирования потока РОГ до необходимого уровня. Кроме того, между t_1 и t_2 клапан РОГ среднего давления закрывают, а фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов представляют

собой соответствующие базовые фазы. В момент t_2 откачные выпускные клапаны могут быть отрегулированы (например, в связи с тем, что давление масла достигло порога для регулирования клапанов), поэтому откачные выпускные клапаны отключают (например, выключают). После t_2 температура каталитического нейтрализатора все еще ниже его температуры T_1 активации. Поэтому проход дросселя уменьшают, а клапан РОГ среднего давления открывают для пропуска обратного потока по системе и направления более теплого продувочного воздуха в каталитический нейтрализатор в выпускном канале. Это позволяет прогреть каталитический нейтрализатор до температуры выше температуры T_1 активации.

Во время другого холодного пуска в системе двигателя с разветвленной выпускной системой, пуск двигателя может происходить с откачными выпускными клапанами, отключенными по умолчанию (например, «Откл.»), как указано в момент t_3 . В момент t_4 фазы распределения впускных кулачков впускных клапанов установлены с опережением, а фазы кулачкового распределения продувочных выпускных клапанов - с запаздыванием (как видно из кривой 328 на ФИГ. 3В, как раскрыто выше). В момент t_5 , в связи с возможностью регулирования откачных выпускных клапанов, откачные выпускные клапаны включают, а клапан БОКСПВ регулируют для регулирования потока РОГ.

Таким образом, регулирование состояния включения откачных выпускных клапанов вместе с регулированием положения клапана БОКСПВ в зависимости от необходимого потока РОГ и давления в откачном выпускном коллекторе позволяют уменьшить выбросы отработавших газов во время холодного пуска двигателя. Как раскрыто выше на примере ФИГ. 5 и 16, способ может предусматривать, во время холодного пуска, регулирование положения первого клапана (клапана БОКСПВ), расположенного в магистрали рециркуляции отработавших газов (РОГ), в зависимости от рабочего состояния двигателя, при этом магистраль РОГ установлена между первым выпускным коллектором (откачным коллектором), соединенным с первой группой выпускных клапанов (откачных выпускных клапанов), и заборным каналом выше по потоку от компрессора, и направление части отработавших газов в выпускной канал, содержащий турбину, через вторую группу выпускных клапанов (продувочные выпускные клапаны). Технический эффект, достигаемый регулированием первого клапана и/или первой группы выпускных клапанов в зависимости от рабочего состояния двигателя во время холодного пуска, состоит в уменьшении выбросов при холодном пуске с одновременным способствованием прогреву двигателя, например, повышению температуры цилиндров и/или поршней двигателя и/или одного или нескольких каталитических нейтрализаторов отработавших газов. В другом варианте способ может содержать шаги, на которых: при наличии определенных рабочих состояний двигателя (например, холодного пуска и/или температуры каталитического нейтрализатора ниже температуры активации), отключают один или нескольких клапанов группы первых выпускных клапанов (продувочных выпускных клапанов), соединенных с первым выпускным коллектором, соединенным с выпускным каналом, при этом оставив включенными все клапаны группы вторых выпускных клапанов (откачных выпускных клапанов), соединенных со вторым выпускным коллектором, соединенным с заборным каналом через магистраль рециркуляции отработавших газов (РОГ). Технический эффект, достигаемый отключением одного или нескольких продувочных выпускных клапанов (например, продувочных выпускных клапанов наружных цилиндров, как раскрыто выше на шаге 536 способа 500) во время холодного пуска, состоит в повышении температуры двигателя во время холодного пуска и, тем самым, уменьшении выбросов от двигателя во время

холодного пуска (например, каталитический нейтрализатор может достичь температуры активации быстрее, чем если бы все продувочные выпускные клапаны оставались включенными). В еще одном варианте способ может предусматривать, когда и первый выпускной клапан (откачной выпускной клапан), и второй выпускной клапан (продувочный выпускной клапан) цилиндра открыты, направление всасываемого воздуха через проточный канал (например, магистраль РОГ среднего давления), установленный между заборным каналом и первым выпускным коллектором, соединенным с первым выпускным клапаном; и последующее направление всасываемого воздуха через первый выпускной клапан в цилиндр и из него через второй выпускной клапан во второй выпускной коллектор (продувочный выпускной коллектор), соединенный с выпускным каналом, содержащим турбину. Технический эффект, достигаемый таким направлением всасываемого воздуха в связи с тем, что температура каталитического нейтрализатора, расположенного в выпускном канале ниже по потоку от турбины, ниже пороговой, когда и первый, и второй выпускные клапаны открыты, состоит в повышении температуры продувочного воздуха в выпускном канале и, тем самым, повышении температуры каталитического нейтрализатора. Это обеспечивает возможность более быстрого достижения температуры активации каталитического нейтрализатора и уменьшения выбросов от двигателя во время холодного пуска.

На ФИГ. 6 раскрыт способ 600 для эксплуатации системы двигателя в режиме ОТЗ. К способу 600 можно перейти с шага 410 способа 400, раскрытого выше. На шаге 602 способ предусматривает прекращение подачи топлива во все цилиндры для запуска режима ОТЗ. Способ следует на шаг 604, на котором отключают продувочный выпускной клапан (например, продувочные выпускные клапаны 8 на ФИГ. 1А) одного или нескольких цилиндров и оставляют всех откачные выпускные клапаны включенными. В одном примере способ на шаге 604 предусматривает отключение продувочного выпускного клапана каждого цилиндра, чтобы не происходило направление отработавших газов в каталитический нейтрализатор (нейтрализаторы) в выпускном канале. В результате, можно уменьшить поступление кислорода в каталитический нейтрализатор (например, трехкомпонентный каталитический нейтрализатор), тем самым предотвратив ухудшение функционирования каталитического нейтрализатора. В другом примере способ на шаге 604 предусматривает отключение продувочных выпускных клапанов определенного числа цилиндров (например, только части от общего числа цилиндров двигателя). Данное определенное число может зависеть от положения педали (например, требуемого водителем крутящего момента), оценочной температуры отработавших газов, числа оборотов турбины, расположенной в выпускном канале, и/или темпа замедления транспортного средства (например, темпа падения скорости транспортного средства). Например, способ на шаге 604 может предусматривать отключение всех ПК (например, каждого ПК каждого цилиндра). При этом в данном примере может произойти остановка вращения турбины и остывание каталитического нейтрализатора. Поэтому способы на шагах 602 и 604 могут предусматривать поддержание включенным ПК одного или нескольких цилиндров и срабатывание соответствующих одного или нескольких цилиндров для уменьшения торможения двигателем, раскрутки турбины и поддержания температуры каталитического нейтрализатора (например, без падения температуры каталитического нейтрализатора). Момент зажигания работающего цилиндра (цилиндров) можно изменить в сторону запаздывания для снижения крутящего момента и увеличения тепла отработавших газов и КПД двигателя. Долю работающих цилиндров (например, число работающих цилиндров с включенным ПК) и момент зажигания для работающего

цилиндра (цилиндров) можно определять в зависимости от положения педали, оценочной температуры отработавших газов и темпа замедления транспортного средства. В качестве другого примера, если число оборотов турбины ниже порогового, определенное число подлежащих отключению ПК может быть меньше, чем если бы число оборотов турбины было выше порогового. Так можно уменьшить турбояму после события ОТЗ. Например, на шаге 604 контроллер может выполнить логическое определение числа подлежащих отключению продувочных выпускных клапанов и/или числа цилиндров для прекращения подачи топлива в зависимости от числа оборотов турбины, положения педали, оценочной температуры отработавших газов и/или темпа замедления транспортного средства. Затем контроллер может направить управляющий сигнал приводам продувочных выпускных клапанов отключить определенное число продувочных выпускных клапанов. Например, каждый продувочный выпускной клапан может содержать привод (например, привод 103 на ФИГ. 1А), выполненный с возможностью отключения и возобновления работы относящегося к нему продувочного выпускного клапана.

На шаге 606 способ предусматривает определение того, настало ли время для возобновления работы продувочных выпускных клапанов отключенных цилиндров. Например, то, что настало время для возобновления работы отключенных продувочных выпускных клапанов, может быть установлено по окончании события ОТЗ, признаком чего может быть рост скорости транспортного средства и/или нажатие педали акселератора (например, педаль нажата в положение ниже порогового положения). Если не настало время для возобновления работы продувочных выпускных клапанов, способ следует на шаг 608 для продолжения эксплуатации двигателя с отключенными цилиндрами (например, цилиндрами с отключенными продувочными выпускными клапанами). Альтернативно, если ОТЗ завершена, и/или настало время для возобновления работы цилиндров, способ следует на шаг 610 для возобновления работы продувочных выпускных клапанов отключенных цилиндров. Например, возобновление работы продувочных выпускных клапанов отключенных цилиндров может включать в себя направление сигнала одному или нескольким приводным механизмам продувочных выпускных клапанов для возобновления срабатывания продувочных выпускных клапанов в заданный для них момент. Кроме того, возобновление работы продувочных выпускных клапанов может включать в себя подачу искры в каждый из отключенных цилиндров после события закрытия впускного клапана с последующим открытием отключенного продувочного выпускного клапана. На шаге 612 способ предусматривает возобновление впрыска топлива в цилиндры и уменьшение обогащения топливной смеси, подаваемой в цилиндры. В одном примере это может предусматривать уменьшение количества топлива, впрыскиваемого в цилиндры, по сравнению со стандартным количеством топлива, впрыскиваемым после события ОТЗ (например, без отключения какого-либо продувочного выпускного клапана). Поскольку из-за отключения продувочного выпускного клапана в каталитический нейтрализатор было направлено меньше кислорода во время ОТЗ, необходимость в обогащении топливной смеси после события ОТЗ может быть меньше. Это позволяет повысить топливную экономичность по сравнению с традиционным ОТЗ.

ФИГ. 17 изображает график 1700 эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме ОТЗ. А именно, график 1700 представляет положение педали (например, положение педали акселератора) на кривой 1702, количество подаваемого топлива (впрыскиваемого в цилиндры двигателя) на кривой 1704, состояние включения продувочного выпускного клапана (ПК) первого цилиндра на кривой 1706,

состояние включения продувочного выпускного клапана (ПК) второго цилиндра на кривой 1708, состояние включения продувочного выпускного клапана (ПК) третьего цилиндра на кривой 1710, состояние включения продувочного выпускного клапана (ПК) четвертого цилиндра на кривой 1712, число оборотов турбины на кривой 1714 и состояние включения откачных выпускных клапанов (ОК) всех цилиндров на кривой 1716.

До момента t_1 положение педали относительно постоянно, и ПК и ОК всех четырех цилиндров включены (например, «Вкл.»). То есть может происходить открытие и закрытие каждого ПК в заданный момент в рабочем цикле двигателя. В момент t_1 происходит снижение кривой положения педали, что указывает на событие замедления. События ОТЗ запускают путем отсечки подачи топлива в часть цилиндров двигателя. Как видно в момент t_1 , подача топлива может быть прекращена в цилиндры 2-4, но продолжена в цилиндр 1 для поддержания частоты вращения двигателя на уровне пороговой, сохранения вращения турбины и поддержания каталитического нейтрализатора прогретым и со стехиометрическим воздушно-топливным отношением (поэтому подача топлива не падает до нуля между моментами t_1 и t_2). В связи с событием ОТЗ и отключением подачи топлива в цилиндры 2-4, ПК цилиндров 2, 3 и 4 отключают, а ОК оставляют включенными для всех цилиндров. В результате, не происходит движение отработавших газов в выпускной канал из цилиндров 2, 3 и 4. Вместо этого, отработавшие газы из отключенных цилиндров направляют в заборный канал через ОК и откачной выпускной коллектор. В момент t_2 происходит рост кривой положения педали и окончание события ОТЗ. Работу ПК цилиндров 2, 3 и 4 возобновляют, а количество подаваемого в цилиндры топлива может быть немного меньше по сравнению с событием ОТЗ без отключения каких-либо ПК.

В момент t_3 происходит другое событие ОТЗ. В связи с событием ОТЗ и тем, что число оборотов турбины находится на более высоком уровне (например, выше, чем в момент t_1 при первом событии ОТЗ), ПК цилиндров 1, 2, 3 и 4 отключают. То есть отключают все ПК всех цилиндров (например, в момент t_3 отключают большее число ПК, чем в момент t_1 , из-за большего числа оборотов турбины в момент t_3). В связи с окончанием события ОТЗ в момент t_3 , возобновляют работу всех ПК.

Таким образом, при наличии определенных рабочих состояний двигателя (например, состояния ОТЗ, в котором отключена подача топлива в цилиндры двигателя), один или нескольких клапанов группы первых выпускных клапанов (ПК), соединенных с первым выпускным коллектором, соединенным с выпускным каналом, могут быть отключены, при этом оставив включенными все клапаны группы вторых выпускных клапанов (ОК), соединенных со вторым выпускным коллектором, соединенным с заборным каналом через магистраль рециркуляции отработавших газов (РОГ).

Технический эффект, достигаемый отключением одного или нескольких ПК во время события ОТЗ, состоит в уменьшении количества кислорода, направляемого в каталитический нейтрализатор в выпускном канале во время ОТЗ. Это позволяет улучшить показатели работы каталитического нейтрализатора и уменьшить выбросы от двигателя. Кроме того, уменьшение количества кислорода, направляемого в каталитический нейтрализатор во время ОТЗ, позволяет уменьшить обогащение топливной смеси, используемой после возобновления работы ПК по окончании события ОТЗ, тем самым повысив топливную экономичность системы двигателя.

На ФИГ. 7А-7В раскрыт способ 700 для эксплуатации системы двигателя в режиме частично открытого дросселя. К способу 700 можно перейти с шага 414 способа 400, раскрытого выше. На шаге 702 способа определяют, соблюдены ли условия для работы

в режиме горячей трубы. В одном примере система двигателя с разветвленной выпускной системой может содержать канал, установленный между откачным выпускным коллектором и заборным каналом ниже по потоку от впускного дросселя (например, канал 30 на ФИГ. 1А, в настоящем описании именуемый «горячая труба»). При этом в некоторых вариантах система двигателя с разветвленной выпускной системой может не содержать горячую трубу, поэтому условия для режима горячей трубы будут отсутствовать. В одном примере режим горячей трубы может быть режимом по умолчанию для максимальной топливной экономичности, когда двигатель дросселируют (например, когда величина прохода дросселя меньше, чем при большом открытии дросселя). Условия для входа в режим горячей трубы включают в себя наличие в системе двигателя горячей трубы, а также, дополнительно, могут включать в себя отсутствие ограничений по детонации для двигателя. Например, когда нагрузка двигателя ниже нижнего порога нагрузки (например, при очень малых нагрузках), и двигатель больше не может принимать РОГ, клапан горячей трубы может быть закрыт, и условия для режима горячей трубы могут отсутствовать. В другом примере, когда нагрузка двигателя выше верхнего порога нагрузки (например, при высоких нагрузках двигателя), также может возникнуть детонация, и клапан горячей трубы может быть закрыт для принудительного направления большего количества РОГ во вход компрессора для охлаждения двигателя. Поэтому в число условий для входа в режим горячей трубы могут входить отсутствие ограничений по детонации для двигателя (например, вероятность детонации в двигателе ниже порога) и способность двигателя принимать повышенное количество РОГ.

Если условия для вхождения в режим горячей трубы соблюдены, способ следует на шаг 704. На шаге 704 способ предусматривает закрытие (например, полностью) впускного дросселя, открытие клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) и открытие клапана горячей трубы (например, клапана 32 на ФИГ. 1А). В результате, всасываемый воздух из заборного канала выше по потоку от компрессора может быть направлен в магистраль РОГ (например, первую магистраль 50 РОГ на ФИГ. 1А, через охладитель РОГ (например, охладитель 52 РОГ на ФИГ. 1А), в откачной выпускной коллектор, через горячую трубу (например, горячую трубу 30 на ФИГ. 1А), во впускной коллектор ниже по потоку от впускного дросселя и в цилиндры двигателя. При прохождении через охладитель РОГ происходит нагрев всасываемого воздуха до его поступления в цилиндры двигателя. Это позволяет повысить ДВК, уменьшить работу двигателя на перекачку всасываемого воздуха, повысить топливную экономичность и сократить выбросы от двигателя. Кроме того, данная операция позволяет снизить давление в откачном коллекторе и, тем самым, увеличить поток РОГ. Данный всасываемый воздух может быть далее сожжен в цилиндрах двигателя. Первую часть газообразных продуктов сгорания затем направляют из цилиндров двигателя в продувочный выпускной коллектор через продувочные выпускные клапаны. Первая часть газообразных продуктов сгорания далее проходит через выпускной канал в турбину и одно или несколько устройств снижения токсичности выбросов. Вторую часть газообразных продуктов сгорания направляют из цилиндров двигателя в откачной выпускной коллектор через откачные выпускные клапаны. В откачном выпускном коллекторе происходит смешивание второй части отработавших газов с всасываемым воздухом с последующим направлением смеси во впускной коллектор через горячую трубу. Данное смешивание позволяет уменьшить влияние каждого отдельного цилиндра на смешивание РОГ и, тем самым, уменьшить сопротивление и необходимость в регулировке коллектора.

На шаге 706 способ предусматривает регулирование (например, положения) клапана горячей трубы в зависимости от необходимого ДВК и фаз распределения выпускных кулачков в зависимости от нагрузки двигателя. Например, способ предусматривает регулирование величины прохода (или положения) клапана горячей трубы в зависимости от необходимого ДВК, которое можно определить в зависимости от параметров работы двигателя. Например, контроллер может задать управляющий сигнал для направления приво-
5 да клапана горячей трубы в зависимости от результата определения необходимого ДВК. Контроллер может задать управляющий сигнал путем определения, непосредственно учитывающего результат определения необходимого ДВК, например, предусматривающего увеличение величины прохода клапана горячей трубы по мере
10 роста необходимого ДВК. Альтернативно, контроллер может определить величину прохода клапана горячей трубы путем вычисления по табулированной зависимости, входным параметром которой является необходимое ДВК, а результатом - сигнал положения клапана горячей трубы. В качестве другого примера, контроллер может
15 выполнить логическое определение (например, в отношении привода системы изменения фаз кулачкового распределения откачных и продувочных выпускных клапанов) на основании логических формул, представляющих собой функцию от нагрузки двигателя. Далее контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый кулачковому приво-
20 ду установки фаз газораспределения выпускных клапанов. Например, по мере роста нагрузки двигателя, фазы кулачкового распределения выпускных клапанов (например, продувочных и откачных выпускных клапанов, если ими управляют посредством одной и той же кулачковой системы) можно изменять в сторону опережения.

На шаге 708 способа определяют, соблюдены ли условия для режима ОЦД (VDE),
25 в котором отключают один или несколько продувочных выпускных клапанов. В одном примере в число условий для вхождения в режим ОЦД могут входить: число оборотов турбины выше порогового (в основе которого, например, может лежать число оборотов, при котором может возникнуть турбояма при возрастании требуемого крутящего
30 момента) и/или нагрузка двигателя ниже пороговой. Если условия для работы в режиме ОЦД соблюдены, способ следует на шаг 710. На шаге 710 способа отключают продувочный выпускной клапан одного или нескольких цилиндров. В одном примере число цилиндров, в которых отключают продувочный выпускной клапан, может
зависеть от нагрузки двигателя или требуемого крутящего момента. А именно, чем ниже нагрузка двигателя, тем больше может быть число цилиндров с отключенными
35 продувочными выпускными клапанами. Например, в первом состоянии, при частично открытом дросселе, когда требуемый крутящий момент двигателя ниже нижнего порогового уровня, продувочные выпускные клапаны каждого цилиндра двигателя могут быть отключены. Во втором состоянии, в состоянии с частично открытым
40 дросселем, когда требуемый крутящий момент двигателя выше нижнего порогового уровня, может быть отключена только часть продувочных выпускных клапанов цилиндров двигателя, причем данная часть (и число цилиндров с отключенными продувочными выпускными клапанами) становится тем меньше, чем больше требуемый крутящий момент возрастает сверх нижнего порогового уровня. Кроме того, на шаге
45 710 все откачные выпускные клапаны всех цилиндров оставляют включенными во время нахождения продувочных выпускных клапанов в отключенном состоянии. Кроме того, способ на шаге 710 может предусматривать отключение подачи искры, но продолжение подачи топлива в цилиндры с отключенными продувочными выпускными клапанами. Таким образом, решение о совершении зажигания может быть принято в

более поздний момент в рабочем цикле двигателя (поскольку топливо продолжают впрыскивать). Кроме того, подача топлива в отключенные цилиндры и перекачка смеси в работающие цилиндры (например, цилиндры без отключенных продувочных выпускных клапанов) позволяет повисить испарение топлива на работающих цилиндрах (и, тем самым, уменьшить дым). Кроме того, способ на шаге 710 может предусматривать поддержание клапана горячей трубы открытым, а дросселя - закрытым, во время нахождения продувочных клапанов в отключенном состоянии. В других примерах способ на шаге 710 может предусматривать возобновление работы отключенных продувочных выпускных клапанов в случае возрастания требуемого крутящего момента сверх порога и/или выдачи команды полностью открыть (или открыть) дроссель. Затем выполнение способа можно завершить.

Вернемся на шаг 702: если условия для режима горячей трубы отсутствуют, способ следует на шаг 712 для определения того, соблюдены ли условия для режима РЗВК (раннее закрытие впускного клапана). В одном примере решение о вхождении в режим РЗВК может зависеть от ДВК, частоты вращения двигателя и температуры двигателя, когда нагрузка двигателя ниже пороговой. В одном примере в число условий для вхождения в режим РЗВК могут входить нагрузка двигателя ниже пороговой и ДВК на уровне атмосферного давления (например, когда наддув двигателя не осуществляют). Если условия для режима РЗВК соблюдены, способ следует на шаг 714. На шаге 714 способа отключают впускные клапаны и открывают откачные выпускные клапаны (в заданный момент для каждого цилиндра) для всасывания воздуха в цилиндры двигателя через откачные выпускные клапаны, а не через впускные клапаны. А именно, способ на шаге 714 может предусматривать отключение впускных клапанов (например, обоих впускных клапанов) всех цилиндров двигателя, чтобы всасываемый воздух не поступал в цилиндры через впускные клапаны. Способ на шаге 714 может также предусматривать открытие (например, полностью) клапана БОКСПВ (если он уже не был открыт).

На шаге 716 способ предусматривает изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения продувочного впускного клапана и откачного выпускного клапана для изменения на противоположное направления всасываемого воздуха в цилиндр (например, для его поступления в цилиндр через откачные выпускные клапаны). В одном примере способ на шаге 716 может предусматривать эксплуатацию откачных выпускных клапанов и продувочных выпускных клапанов с выпускными кулачками в положении максимального запаздывания (например, когда ими управляют посредством одной и той же кулачковой системы). В качестве другого примера, способ на шаге 716 может предусматривать настройку, посредством кулачка в системе управления кулачкового типа, закрытия продувочных выпускных клапанов в момент ВМТ и изменение фаз откачных выпускных клапанов в сторону опережения для уменьшения перекрытия откачных и продувочных выпускных клапанов каждого цилиндра. В еще одном примере, способ на шаге 716 может предусматривать переключение, посредством системы переключения профиля кулачков, профилей кулачков (например, откачных выпускных клапанов и продувочных выпускных клапанов) на наилучший момент для РЗВК. В результате данной операции, в режиме РЗВК всасываемый воздух поступает в цилиндры двигателя из заборного канала через магистраль РОГ, откачной выпускной коллектор и откачные выпускные клапаны. После сгорания в цилиндрах двигателя, отработавшие газы выходят в выпускной канал через продувочные выпускные клапаны. Так уменьшают работу на совершение насосных ходов цилиндров во время низкой нагрузки. Кроме того, это улучшает движения заряда для повышения устойчивости горения.

Вернемся на шаг 712: если условия для режима РЗВК отсутствуют, способ следует на шаг 718 для определения того, соблюдены ли условия для закрытия клапана-регулятора движения заряда (КРДЗ), соединенного с впускным каналом одного впускного тракта каждого цилиндра (например, КРДЗ 24 на ФИГ. 1А). В одном примере в число условий для закрытия КРДЗ может входить нагрузка двигателя ниже нижнего порога нагрузки. Если условия для закрытия КРДЗ соблюдены, способ следует на шаг 720 для закрытия КРДЗ, соединенного с впускным каналом впускного клапана каждого цилиндра (например, КРДЗ 24 на ФИГ. 1А). Например, способ на шаге 720 может предусматривать регулирование КРДЗ для как минимум частичного блокирования потока во впускные клапаны (например, один впускной клапан, как раскрыто на ФИГ. 1А) каждого цилиндра. В результате, может возрасти завихрение (или закрутка) потока всасываемого воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, что обеспечивает возможность откачки за счет всасываемого воздуха большего количества отработавших газов из цилиндров двигателя в откачной выпускной коллектор.

Альтернативно, если условия для закрытия КРДЗ отсутствуют (или они уже закрыты), способ следует на шаг 722 для определения того, соблюдены ли условия для режима холостого хода с наддувом. В одном примере условием для вхождения в режим холостого хода является работа двигателя на холостом ходу (например, когда скорость транспортного средства ниже пороговой скорости транспортного средства, которая может быть равна нулю, и/или когда частота вращения двигателя ниже пороговой). Например, работа в режиме холостого хода с наддувом позволяет повысить давление в откачном коллекторе, в результате чего воздух удаляет некоторое количество отработавших газов, запертых в цилиндрах. Это позволяет повысить устойчивость горения и/или прогреть одного или нескольких каталитических нейтрализаторов в выпускном канале. Поэтому в одном примере одним из условий для входа в режим холостого хода с наддувом является необходимость продувки газов из цилиндров двигателя. Если на шаге 722 данные условия будут соблюдены, способ следует на шаг 724.

Способ на шаге 724 предусматривает закрытие перепускной заслонки турбонагнетателя (например, перепускной заслонки 76 на ФИГ. 1А) для повышения давления наддува и открытие клапана в трубе холостого хода с наддувом (например, клапана 59 во второй магистрали 58 РОГ на ФИГ. 1А). Труба холостого хода с наддувом также может именоваться «вторая магистраль РОГ среднего давления» и может быть установлена между откачным выпускным коллектором и заборным каналом ниже по потоку от компрессора. Открытие клапана в трубе холостого хода с наддувом, когда нагрузка двигателя ниже порога, обеспечивает возможность потока всасываемого воздуха из области ниже по потоку от компрессора по трубе холостого хода с наддувом в откачной выпускной коллектор. Далее, когда и откачной, и продувочный выпускные клапаны одного и того же цилиндра открыты, всасываемый воздух из трубы холостого хода с наддувом может течь в цилиндр двигателя через откачной выпускной клапан и далее в выпускной канал через продувочный выпускной клапан. Данный процесс может именоваться «продувка в выпускной канал». Она позволяет продувать остаточные отработавшие газы из цилиндров двигателя в выпускной канал в состояниях холостого хода, тем самым повышая устойчивость работы двигателя. Способ на шаге 724 может дополнительно предусматривать изменение положения клапана БОКСПВ для обеспечения необходимого количества продувочного воздуха во время периода перекрытия (например, одновременного нахождения в открытом состоянии) продувочного выпускного клапана и откачного выпускного клапана каждого цилиндра.

Например, необходимое количество продувочного воздуха в период перекрытия можно определять в зависимости от устойчивости работы двигателя. Например, продувка отработавших газов из цилиндров может улучшить скорость сгорания и позволяет подавать в цилиндры богатую смесь, что позволяет повысить устойчивость. При этом
5 излишнее количество продувочного воздуха может снизить топливную экономичность и температуры каталитических нейтрализаторов. Например, изменение положения клапана БОКСПВ включает в себя открытие и закрытие клапана БОКСПВ для регулирования давления в откачном выпускном коллекторе до уровня, обеспечивающему необходимое количество продувочного воздуха из откачного
10 выпускного клапана в продувочный выпускной клапан, когда и откачной, и продувочные выпускные клапаны открыты. Например, уменьшение величины прохода клапана БОКСПВ и/или закрытие клапана БОКСПВ на относительно длительный период могут привести к росту давления в откачном выпускном коллекторе (например, сверх давления в выпускном канале) и увеличить продувку в выпускной канал. В еще
15 одном примере контроллер может открыть перепускной клапан откачного коллектора (например, ПКЛОК 97 на ФИГ. 1А) и отрегулировать положение клапана БОКСПВ для повышения давления в откачном выпускном коллекторе сверх давления в выпускном канале. Наличие избыточного воздуха в отработавших газах, возникшее в связи с продувкой, обеспечивает возможность создания богатого воздушно-топливного
20 отношения в цилиндрах, что повышает устойчивость работы двигателя с одновременным поддержанием в целом стехиометрического воздушно-топливного отношения ниже по потоку от каталитического нейтрализатора для сокращения выбросов. В других примерах способ на шаге 724 может дополнительно предусматривать уменьшение величины прохода (или полное закрытие) впускного дросселя.

25 Далее, на шаге 726, способ предусматривает регулирование перекрытия выпускных и впускных клапанов для регулирования потока во впускной коллектор из откачного выпускного коллектора. Например, способ на шаге 726 может предусматривать изменение фаз газораспределения откачного выпускного клапана и впускного клапана цилиндра для регулирования величины перекрытия впускного клапана и откачного
30 выпускного клапана и регулирования потока воздуха из откачного выпускного коллектора во впускной коллектор до необходимому уровню. Необходимый уровень потока воздуха во впускной коллектор может зависеть от нагрузки двигателя. Например, если нагрузка двигателя возрастет, контроллер может направить сигналы приводам установки фаз газораспределения откачных выпускных клапанов и впускных клапанов
35 для увеличения величины перекрытия впускного клапана и откачного клапана каждого цилиндра и, тем самым, увеличения потока воздуха из откачного коллектора во впускной коллектор. Например, контроллер может выполнить логическое определение касательно фаз газораспределения откачного выпускного клапана и впускного клапана на основании логических формул, представляющих собой функцию от нагрузки двигателя.
40 Далее контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый приводам установки фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов.

Затем способ может перейти на шаг 728 для дополнительного регулирования наддува и продувки до необходимых уровней путем включения (и эксплуатации) электрического компрессора (например, электрического компрессора 60 на ФИГ. 1А), и/или увеличения
45 прохода перепускной заслонки турбонагнетателя, и/или регулирования запаздывания зажигания, и/или изменения фаз кулачкового распределения для регулирования перекрытия откачного клапана и продувочного клапана. Например, способ на шаге 728 может предусматривать увеличение величины прохода перепускной заслонки в

ответ на запрос на понижение давления в откачном выпускном коллекторе и уменьшения количества продувочного воздуха, текущего из откачного выпускного коллектора в продувочный выпускной коллектор. В качестве другого примера, работа электрического компрессора улучшает возможность продувки за счет повышения давления в откачном выпускном коллекторе. В еще одном примере можно увеличить запаздывание зажигания в ответ на запрос на увеличение продувки в выпускной канал. В еще одном примере, в системах с возможностью изменения перекрытия продувочных и откачных выпускных клапанов (например, посредством кулачка в системе кулачкового типа), можно увеличить перекрытие для увеличения продувки.

Вернемся на шаг 722: если условия для режима холостого хода с наддувом отсутствуют, способ следует на шаг 730 на ФИГ. 7В. Например, условия для режима холостого хода с наддувом могут отсутствовать, если будет установлено, что настало время для измерения РОГ, оттягиваемых в тракт откачного выпускного клапана. На шаге 730 способа определяют, работает ли двигатель на холостом ходу (например, то, что педаль акселератора не нажата, и/или двигатель отсоединен от силовой передачи транспортного средства). Если двигатель работает на холостом ходу, способ следует на шаг 732 для определения количества РОГ, оттягиваемых в тракт (например, выпускное окно) каждого откачного выпускного клапана, по уровню кислорода, измеренному кислородным датчиком, расположенным в выпускном тракте каждого откачного выпускного клапана. Например, в выпускном тракте каждого откачного выпускного клапана каждого цилиндра может быть расположен кислородный датчик (например, кислородные датчики 38 на ФИГ. 1А), поэтому по выходному сигналу каждого кислородного датчика можно оценивать оттягивание РОГ для каждого цилиндра. На шаге 734 способ предусматривает регулирование фаз газораспределения выпускных клапанов (например, откачных выпускных клапанов и продувочных выпускных клапанов) для регулирования потока РОГ в зависимости от оценочной величины оттягивания РОГ в каждом цилиндре двигателя. Например, это может включать в себя изменение в сторону опережения фаз газораспределения выпускных клапанов для увеличения потока РОГ в связи с ростом оценочной величины оттягивания РОГ. В качестве другого примера, контроллер может выполнить логическое определение (например, в отношении фаз газораспределения выпускных клапанов) на основании логических формул, представляющих собой функцию от оттягивания РОГ в трактах откачных выпускных клапанов. Далее контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый приводам установки фаз газораспределения выпускных клапанов. Альтернативно, если на шаге 730 двигатель не работает на холостом ходу, выполнение способа завершают.

На ФИГ. 18А-18В представлен график 1800 эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме частично открытого дросселя. А именно, график 1800 представляет нагрузку двигателя на кривой 1802, положение впускного дросселя (например, впускного дросселя 62 на ФИГ. 1А) на кривой 1804, положение клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) на кривой 1806, положение клапана горячей трубы (например, клапана 32 на ФИГ. 1А) на кривой 1808, ДВК относительно атмосферного давления (АТМ) на кривой 1810, состояние включения (например, включен и работает или выключен и не работает) впускных клапанов на кривой 1812, состояние включения откачных выпускных клапанов (например, клапанов 6 на ФИГ. 1А) на кривой 1814, положение КРДЗ (например, КРДЗ 24 на ФИГ. 1А) на кривой 1816, положение клапана трубы холостого хода с наддувом (например, клапана 59 на ФИГ. 1А) на кривой 1818, положение перепускной заслонки турбоагнетателя

(например, перепускной заслонки 76 на ФИГ. 1А) на кривой 1820, состояние включения электрического компрессора (например, электрического компрессора 60 на ФИГ. 1А, при этом «вкл.» означает, что электродвигатель электрического компрессора приводит в действие электрический компрессор), давление в откачном выпускном коллекторе (например, выходной сигнал от датчика 34 давления на ФИГ. 1А) на кривой 1824, давление на входе компрессора турбонагнетателя (например, выходной сигнал от датчика 31 давления на ФИГ. 1А) на кривой 1826, состояние включения первого продувочного выпускного клапана (ПК) первого цилиндра на кривой 1828 и состояние включения продувочных выпускных клапанов (ПК) второго, третьего и четвертого цилиндров на кривой 1830. Несмотря на то, что на ФИГ. 18А-18В могут быть показаны открытые и закрытые положения клапанов, в других вариантах клапаны можно устанавливать во множество положений между полностью открытым и полностью закрытым.

До момента t_1 нагрузка двигателя выше нижнего порога L_1 нагрузки, и дроссель полностью открыт. Нагрузка двигателя ниже нижнего порога L_1 нагрузки может быть признаком состояния низкой нагрузки, в котором дроссель как минимум частично закрыт (например, не открыт полностью). То есть до момента t_1 нагрузка двигателя выше данного порога низкой нагрузки. В момент t_1 нагрузка двигателя падает ниже нижнего порога нагрузки, и кривая положения дросселя падает (например, падает величина прохода дросселя). Кроме того, может происходить наддув двигателя в момент t_1 (например, ДВК выше АТМ). В связи с данным состоянием низкой нагрузки в момент t_1 , сразу после t_1 дроссель закрывают, клапан БОКСПВ открывают, и клапан горячей трубы открывают для эксплуатации двигателя в режиме горячей трубы. КРДЗ может быть оставлен закрытым во время состояния низкой нагрузки в момент t_1 . Кроме того, ПК первого цилиндра может быть отключен сразу после t_1 в связи с тем, что нагрузка двигателя ниже нижнего порога нагрузки. При этом ПК второго, третьего и четвертого цилиндров могут быть оставлены включенными. В результате отработавшие газы не текут в выпускной канал из первого цилиндра, пока ПК первого цилиндра отключен. В других вариантах могут быть отключены дополнительные ПК дополнительных цилиндров в связи с состоянием низкой нагрузки. Например, если бы нагрузка двигателя между моментами t_1 и t_2 была еще ниже нижнего порога L_1 нагрузки, контроллер мог бы отключить ПК двух или более цилиндров (а не только одного, как показано в момент t_1).

В момент t_2 нагрузка двигателя возрастает сверх нижнего порога L_1 нагрузки, и дроссель постепенно возвращается в полностью открытое положение (например, положение большого открытия дросселя). Поэтому клапан горячей трубы закрывают в момент t_2 . Кроме того, в момент t_2 КРДЗ открывают, и все ПК включают. В момент t_2 также включают электрический компрессор для увеличения наддува. В связи с тем, что давление на входе компрессора выше давления в откачном выпускном коллекторе в момент t_2 , клапан БОКСПВ закрыт. Клапан БОКСПВ вновь открывают перед t_3 . В связи с открытием БОКСПВ, КРДЗ закрывают.

В момент t_3 нагрузка двигателя вновь падает ниже нижнего порога L_1 нагрузки. В связи с данным состоянием низкой нагрузки и наличием условий для режима РЗВК, впускные клапаны всех цилиндров двигателя отключают в момент t_3 . В других примерах фазы кулачкового распределения ПК и ОК могут быть изменены в сторону запаздывания для пропуска всасываемого воздуха в цилиндры двигателя через ОК и выпуска его из ПК в режиме РЗВК. В момент t_4 нагрузка двигателя возрастает сверх нижнего порога L_1 нагрузки. Поэтому работу впускных клапанов возобновляют. Перед

t5 происходит открытие перепускной заслонки. В одном примере перепускная заслонка может быть открыта в ответ на превышение порогового числа оборотов турбины. Например, превышение порогового числа оборотов турбины может привести к превышению верхнего порога температуры на выходе компрессора (например, для 5 уменьшения ухудшения характеристик турбоагрегата).

В момент t5 нагрузка двигателя вновь падает ниже нижнего порога L1 нагрузки. В связи с данным состоянием низкой нагрузки и наличием условий для режима холостого хода с наддувом, клапан трубы холостого хода с наддувом открывают, а перепускную заслонку закрывают. Кроме того, клапан БОКСПВ регулируют для достижения 10 необходимого количества продувочного воздуха в период перекрытия ПК и ОК. В момент t6 нагрузка двигателя возрастает сверх нижнего порога нагрузки, и клапан трубы холостого хода с наддувом закрывают.

Так можно уменьшить обратный поток по магистрали РОГ в цилиндры двигателя через откатные выпускные клапаны в состоянии с частично открытым дросселем, 15 могущий ухудшить смешивания и баланс цилиндров. В другом варианте осуществления, в состоянии с частично открытым дросселем, способ содержит шаги, на которых: направляют всасываемый воздух из заборного канала в первый выпускной коллектор (откатной коллектор), соединенный с первой группой выпускных клапанов цилиндров (откатных выпускных клапанов), через магистраль рециркуляции отработавших газов 20 (РОГ); осуществляют нагрев всасываемого воздуха при прохождении через охладитель РОГ в магистрали РОГ; направляют нагретый всасываемый воздух во впускной коллектор ниже по потоку от впускного дросселя через проточный канал (горячую трубу), установленный между первым выпускным коллектором и впускным коллектором; и осуществляют выпуск газообразных продуктов сгорания через вторую 25 группу выпускных клапанов цилиндров (продувочные выпускные клапаны) во второй выпускной коллектор, соединенный с выпускным каналом. Технический эффект, достигаемый таким направлением всасываемого воздуха через горячую трубу в состоянии с частично открытым дросселем (или когда нагрузка двигателя ниже порога), состоит в увеличении смешивания РОГ из каждого цилиндра с поступающим 30 всасываемым воздухом, уменьшении работы на совершение насосных ходов цилиндров, нагреве всасываемого воздуха посредством охладителя РОГ для повышения ДВК и дальнейшего уменьшения работы на перекачку всасываемого воздуха, а также в повышении топливной экономичности. В еще одном варианте осуществления, в состоянии с частично открытым дросселем, способ содержит шаги, на которых: если 35 нагрузка двигателя ниже порога, отключают все впускные клапаны цилиндра двигателя, при этом эксплуатируя первый выпускной клапан (откатной выпускной клапан), соединенный с магистралью рециркуляции отработавших газов (РОГ), соединенной с заборным каналом, и второй выпускной клапан (продувочный выпускной клапан), соединенный с выпускным каналом, с разными фазами газораспределения; и направляют 40 всасываемый воздух из заборного канала по магистрали РОГ в цилиндр двигателя через первый выпускной клапан. Технический эффект, достигаемый отключением всех впускных клапанов в состоянии с частично открытым дросселем, состоит в нагреве всасываемого воздуха посредством охладителя РОГ, расположенного в магистрали РОГ, уменьшении работы на совершение насосных ходов и повышении топливной 45 экономичности. В еще одном варианте, в состоянии с частично открытым дросселем, способ содержит шаги, на которых: если нагрузка двигателя ниже нижнего порога нагрузки, регулируют первую группу вихревых клапанов (например, КРДЗ), установленных выше по потоку от первой группы впускных клапанов для как минимум

частичного блокирования потока всасываемого воздуха в первую группу впускных клапанов, причем каждый цилиндр содержит два впускных клапана, в том числе один - из первой группы впускных клапанов, и два выпускных клапана. Технический эффект, достигаемый регулированием первой группы вихревых клапанов для как минимум

5 частичного блокирования потока всасываемого воздуха в первую группу впускных клапанов, состоит в увеличении завихрения потока всасываемого воздуха, поступающего в цилиндры, через первую группу впускных клапанов, и, тем самым, увеличении откачки остаточных отработавших газообразных продуктов сгорания из камер сгорания. Это позволяет уменьшить выбросы от двигателя и повысить КПД двигателя. В еще одном

10 варианте осуществления, в состоянии с частично открытым дросселем, способ содержит шаги, на которых: если нагрузка двигателя ниже порога, и когда первая группа выпускных клапанов и вторая группа выпускных клапанов открыты одновременно: направляют всасываемый воздух через вспомогательный проточный канал (канал холостого хода с наддувом), расположенный между заборным каналом ниже по потоку

15 от компрессора и первым выпускным коллектором, при этом первый выпускной коллектор соединен с первой группой выпускных клапанов; осуществляют нагрев всасываемого воздуха, направляемого через вспомогательный проточный канал, посредством охладителя РОГ, соединенного с первым выпускным коллектором; и направляют нагретый всасываемый воздух через цилиндры двигателя во второй

20 выпускной коллектор, при этом второй выпускной коллектор соединен со второй группой выпускных клапанов и выпускным каналом, содержащим турбину, через первую группу выпускных клапанов и вторую группу выпускных клапанов. Технический эффект, достигаемый таким направлением всасываемого воздуха через вспомогательный проточный канал, когда нагрузка двигателя ниже порога, состоит в обеспечении

25 возможности вытеснения остаточных отработавших газов из цилиндра в выпускной канал до закрытия второго выпускного клапана. Это позволяет повысить КПД двигателя и топливную экономичность даже в состояниях с частично открытым дросселем.

ФИГ. 8 изображает способ 800 для эксплуатации системы двигателя в режиме

30 электронадува. К способу 800 можно перейти с шага 418 способа 400, раскрытого выше. При выполнении способа 800 электромотор электрического компрессора может приводить в действие электрический компрессор (например, приводить в действие ротор электрического компрессора для повышения давления всасываемого воздуха). На шаге 802 способ предусматривает определение того, выше ли давление на входе компрессора,

35 чем давление в откачном коллекторе. Например, давление на входе компрессора может представлять собой давление у входа (или непосредственно выше по потоку от) компрессора турбонагнетателя (например, компрессора 162 на ФИГ. 1А). В качестве другого примера, давление на входе компрессора может представлять собой давление у выхода магистрали РОГ (например, в месте соединения канала 50 с заборным каналом

40 на ФИГ. 1А выше по потоку от компрессора 162). В одном примере давление на входе компрессора можно измерять посредством датчика давления, расположенного в заборном канале выше по потоку от компрессора турбонагнетателя (например, датчика 31 давления на ФИГ. 1А). В другом примере давление на входе компрессора можно оценивать посредством контроллера по одному или нескольким другим параметрам

45 работы двигателя (например, давлению выше по потоку от места соединения электрического компрессора с заборным каналом). Кроме того, давление в откачном коллекторе может представлять собой давление в откачном выпускном коллекторе (например, откачном выпускном коллекторе 80 на ФИГ. 1А). В одном примере давление

в откачном коллекторе можно измерять посредством датчика давления, расположенного в откачном коллекторе (например, датчика 34 давления на ФИГ. 1А). В другом примере давление в откачном коллекторе можно оценивать или измерять посредством множества датчиков давления, расположенных в выпускных трактах откачных выпускных клапанов.

5 Если давление на входе компрессора выше давления в откачном коллекторе, способ следует на шаг 804 для регулирования (например, изменения) положения клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) и/или отключения откачных выпускных клапанов (ОК, например, выпускных клапанов 6 на ФИГ. 1А) для уменьшения продувки в выпускной канал. В одном примере способ на шаге 804 может предусматривать уменьшение величины прохода клапана БОКСПВ и/или отключение ОК, если давление в откачном коллекторе ниже давления на входе компрессора турбоагнетателя в то время, как электродвигатель приводит в действие электрический компрессор. В одном примере клапан БОКСПВ может представлять собой двухпозиционный клапан с возможностью установки в полностью открытое и полностью закрытое положения. В другом примере клапан БОКСПВ может представлять собой бесступенчато-регулируемый клапан с возможностью установки в полностью открытое положение, полностью закрытое положение и множество положений между полностью открытым и полностью закрытым. В данном примере степень уменьшения прохода клапана БОКСПВ может быть тем больше, чем больше величина, на которую давление в откачном коллекторе падает ниже давления на входе компрессора. В другом примере контроллер может отключить ОК, если давление в откачном коллекторе ниже давления на входе компрессора на пороговую величину. Например, способ предусматривает регулирование степени уменьшения прохода клапана БОКСПВ в зависимости от давления в откачном коллекторе. Например, контроллер может определить управляющий сигнал для направления приводе клапана БОКСПВ (или приводе ОК, управляющему состоянию включения ОК) в зависимости от результата определения давления в откачном коллекторе. Контроллер может определять положение клапана БОКСПВ (открытое, закрытое или положение между полностью открытым и полностью закрытым) путем определения, непосредственно учитывающего результат определения давления в откачном коллекторе, например, увеличивая проход по мере падения давления в откачном коллекторе. Альтернативно, контроллер может определять положение клапана БОКСПВ или состояние включения ОК путем вычисления по табулированной зависимости, входным параметром которой является давление в откачном коллекторе, а результатом - положение клапана БОКСПВ (или состояние включения ОК). В качестве другого примера, контроллер может выполнить логическое определение (например, в отношении положения клапана БОКСПВ) на основании логических формул, представляющих собой функцию от давления в откачном коллекторе. Затем контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый приводе клапана БОКСПВ (и/или ОК). Такое регулирование клапана БОКСПВ и/или ОК на шаге 804 позволяет уменьшить обратный поток газов из откачного коллектора в выпускной коллектор и выпускной канал через ОК и ПК, могущий возникнуть из-за того, что давление в откачном коллекторе ниже давления в заборном канале на входе компрессора.

45 Способ следует на шаг 808 для определения того, прекратил ли электродвигатель приводить в действие электрический компрессор (например, электрический компрессор прекратил работать и повышать давление всасываемого воздуха). Если электродвигатель прекратил приводить в действие электрический компрессор, способ следует на шаг 812

для возобновления работы ОК (если они были отключены на шаге 804) и/или открытия клапана БОКСПВ (если он был закрыт или величина его прохода была уменьшена на шаге 804). Способ на шаге 812 также предусматривает регулирование положение клапана БОКСПВ в зависимости от необходимой величины потока РОГ. Например, контроллер может выполнить логическое определение (например, в отношении положение клапана БОКСПВ) на основании логических формул, представляющих собой функцию от результата определения необходимой величины потока РОГ. Затем контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый приводу клапана БОКСПВ. Дополнительно или взамен на шаге 812, способ может предусматривать возврат на шаг 420 способа 400.

Вернемся на шаг 808: если электродвигатель продолжает приводить в действие электрический компрессор, способ следует на шаг 810 для продолжения регулирования клапана БОКСПВ и ОК в зависимости от давления в откачном коллекторе, как раскрыто выше и ниже. Затем способ может совершить возврат на шаг 802 для повторной проверки соотношения давления в откачном коллекторе и давления на входе компрессора. Если давление на входе компрессора уже не превышает давление в откачном коллекторе, способ может проследовать на шаг 806 для открытия клапана БОКСПВ, если он был закрыт и/или возобновления работы ОК, если они были отключены. Далее клапаном БОКСПВ управляют (например, регулируют его) для обеспечения требуемого (например, необходимого) потока РОГ и/или продувочного воздуха в заборный канал. Так можно уменьшить обратный поток по магистрали РОГ, через откачной коллектор, через цилиндры двигателя в выпускной канал, когда электрический компрессор работает для повышения давления всасываемого воздуха, и когда давление всасываемого воздуха на входе компрессора (и в месте соединения магистрали РОГ с заборным каналом) выше давления в откачном коллекторе.

ФИГ. 19 изображает график 1900 эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме электронаддува. А именно, график 1900 представляет состояние включения электрического компрессора (например, электрического компрессора 60 на ФИГ. 1А) на кривой 1902, давление в откачном выпускном коллекторе (например, выходной сигнал от датчика 34 давления на ФИГ. 1А, в настоящем описании именуемого «давление в откачном коллекторе») на кривой 1904, давление на входе компрессора турбоагнетателя (например, выходной сигнал от датчика 31 давления на ФИГ. 1А, в настоящем описании именуемого «давление на входе компрессора») на кривой 1906, состояние включения откачных выпускных клапанов (ОК) на кривой 1908 и положение (открытое, закрытое или какое-либо между полностью открытым и полностью закрытым) клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) на кривой 1910.

До момента t_1 электрический компрессор выключен (например, электродвигатель не приводит его в действие), и давление в откачном коллекторе выше давления на входе компрессора. В момент t_1 электродвигатель начинает приводить в действие электрический компрессор, в результате чего давление на входе компрессора (компрессора турбоагнетателя) начинает расти. При этом, поскольку давление в откачном коллекторе выше давления на входе компрессора между моментами t_1 и t_2 , клапан БОКСПВ и ОК регулируют в зависимости от необходимой величины потока РОГ и уровня продувки в заборный канал (например, в зависимости от параметров работы двигателя). В момент t_2 , когда электрический компрессор работает, давление в откачном коллекторе падает ниже давления на входе компрессора. В связи с этим уменьшают величину прохода клапана БОКСПВ. Как раскрыто на ФИГ. 19, величина прохода

клапана БОКСПВ уменьшена, но клапан БОКСПВ не закрыт полностью. В других вариантах клапан БОКСПВ может быть закрыт полностью или ОК может быть отключен в связи с возрастанием давления на входе компрессора сверх давления в откачном коллекторе. В момент t_3 давление в откачном коллекторе возрастает сверх давления на входе компрессора. Поэтому величину прохода клапана БОКСПВ возвращают на уровень, требуемый в зависимости от необходимой величины потока РОГ. В одном примере, как показано в момент t_3 , его положение может представлять собой полностью открытое положение. После t_3 (и после того, как клапан БОКСПВ полностью открыли), электродвигатель больше не приводит в действие электрический компрессор.

В момент t_4 электродвигатель вновь приводит в действие электрический компрессор. При этом, в это время давление на входе компрессора ниже давления в откачном коллекторе, поэтому текущее положение клапана БОКСПВ и состояние включения ОК оставляют без изменений. В связи с возрастанием давления на входе компрессора сверх давления в откачном коллекторе в момент t_5 , ОК (всех цилиндров двигателя) отключают. В момент t_5 работа электрического компрессора прекращена. В связи с тем, что электродвигатель больше не приводит в действие электрический компрессор, работу ОК возобновляют. Вскоре после этого давление на входе компрессора падает ниже давления в откачном коллекторе.

Таким образом, положение клапана БОКСПВ и/или состояние включения откачных выпускных клапанов можно регулировать в зависимости от работы электрического компрессора для уменьшения обратного потока по магистрали РОГ, в выпускной канал, через откачные выпускные клапаны. Технический эффект, достигаемый регулированием положения клапана БОКСПВ в зависимости от того, приводит ли электродвигатель в действие электрический компрессор, в зависимости от давления в откачном выпускном коллекторе, состоит в уменьшении обратного потока по магистрали РОГ в выпускной канал через откачной выпускной коллектор, когда давление на входе компрессора выше давления в откачном коллекторе, и, тем самым, повышении КПД двигателя и уменьшении выбросов от двигателя.

ФИГ. 9 изображает способ 900 для эксплуатации системы двигателя в режиме порогового состояния компрессора. К способу 900 можно перейти с шага 421 способа 400, раскрытого выше. Выполнение способа начинают на шаге 902 с определения того, соблюдены ли условия для РОГ среднего давления. В одном примере система двигателя может содержать магистраль РОГ среднего давления (например, вторую магистраль 58 РОГ на ФИГ. 1А), установленную между магистралью РОГ низкого давления (например, первой магистралью 50 РОГ на ФИГ. 1А) и заборным каналом ниже по потоку от компрессора турбонагнетателя. Направление отработавших газов из откачного коллектора в заборный канал по магистрали РОГ среднего давления позволяет подавать РОГ среднего давления во впускную систему двигателя. Подача отработавших газов ниже по потоку от компрессора по магистрали РОГ среднего давления позволяет снизить температуру в компрессоре и/или число оборотов компрессора, когда отработавшие газы подают во впускную систему из откачного выпускного коллектора по магистрали РОГ среднего давления. В одном примере в число условий для включения РОГ среднего давления (например, условий для направления отработавших газов из откачного коллектора в заборный канал ниже по потоку от компрессора по магистрали РОГ среднего давления) могут входить: потребность в РОГ (например, необходимый поток РОГ) выше порогового уровня (например, высокая потребность в РОГ), отсутствие охладителя РОГ в системе РОГ

(например, отсутствие охладителя РОГ в первой магистрали РОГ, например, охладителя 52 РОГ на ФИГ. 1А), отсутствие перепускного канала компрессора в системе двигателя (например, рециркуляционного канала 41 компрессора на ФИГ. 1А), температура отработавших газов из откатных выпускных клапанов выше верхнего порога

5 температура, и/или параметры потока через компрессор (например, если поток через компрессор превышает верхний порог, подача дополнительных РОГ во вход компрессора может привести к ухудшению работы/КПД компрессора). При наличии

одного или нескольких условий для включения РОГ среднего давления, способ следует на шаг 904 для закрытия клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) и

10 открытия клапана РОГ среднего давления (например, клапана 59 на ФИГ. 1А), расположенного в магистрали РОГ среднего давления. Например, открытие клапана РОГ среднего давления может включать в себя направление контроллером сигнала приводу клапана РОГ среднего давления полностью открыть клапан РОГ среднего

давления или увеличить величину прохода клапана РОГ среднего давления (например, из полностью закрытого положения). Закрытие клапана БОКСПВ может включать в

15 себя полное закрытие клапан БОКСПВ, чтобы не происходило направление каких-либо отработавших газов в заборный канал выше по потоку от компрессора. В другом варианте способ на шаге 904 может предусматривать открытие клапана РОГ среднего

давления и уменьшение величины прохода клапана БОКСПВ (но не закрытие его полностью) или поддержание клапана БОКСПВ открытым. Например, в связи с

20 состоянием помпажа в компрессоре, могут быть открыты и клапан БОКСПВ, и клапан РОГ среднего давления. В еще одном варианте способ на шаге 904 может предусматривать увеличение величины прохода клапана РОГ среднего давления с одновременным уменьшением величины прохода клапана БОКСПВ, причем степень

25 увеличения или уменьшения величины прохода этих клапанов зависит от параметров компрессора (например, температуры на входе, температуры на выходе и числа оборотов). Например, контроллер может определить управляющий сигнал для направления приводам клапана БОКСПВ и клапана РОГ среднего давления в зависимости от результата определения температуры на входе компрессора,

30 температуры на выходе компрессора и/или числа оборотов компрессора. Данные параметры компрессора можно измерять посредством одного или нескольких датчиков в системе (как раскрыто на ФИГ. 1А) или определять по таким параметрам работы, как частота вращения и нагрузка двигателя и/или воздушно-топливное отношение в камерах сгорания. Контроллер может определять необходимое положение БОКСПВ

35 и клапана РОГ среднего давления путем, непосредственно учитывающим результаты определения параметров компрессора, например, величина прохода клапана РОГ среднего давления может быть тем больше, а величина прохода клапана БОКСПВ тем меньше, чем выше температура на выходе компрессора, выше число оборотов

компрессора и/или чем ниже температура на входе компрессора (например, выше/ниже

40 порогов, раскрытых выше на примере шага 420 на ФИГ. 4А). Альтернативно, контроллер может определять положения клапанов путем вычисления по табулированной зависимости, входными параметрами которой являются параметры компрессора, а результатом - сигнал, направляемый приводу клапанов и соответствующий положению клапана БОКСПВ и клапана РОГ среднего давления.

45 После выполнения шага 904, выполнение способа завершают. В других вариантах способ может проследовать с шага 904 на шаг 906 для определения того, нужны ли дополнительные регулировки исполнительных устройств двигателя для вывода параметров работы компрессора из области пороговых рабочих состояний.

Вернемся на шаг 902: если условия для РОГ среднего давления отсутствуют, или нужны дополнительные регулировки исполнительных устройств для вывода параметров работы компрессора из области пороговых рабочих состояний или выше их, способ следует на шаг 906. На шаге 906 способа определяют, происходит ли образование конденсата в компрессоре (например, на входе компрессора). В одном примере то, что в компрессоре происходит образование конденсата, может быть установлено на основании того, что температура на входе компрессора (например, температура газов, поступающих во вход компрессора) ниже первой пороговой температуры. В другом примере то, что в компрессоре происходит (или ожидаемо) образование конденсата, может быть установлено, если влажность окружающей среды выше порогового значения влажности, и/или температура окружающей среды ниже пороговой. Если в компрессоре происходит (или, в некоторых примерах, ожидаемо) образование конденсата, способ следует на шаг 908 для изменения в сторону запаздывания фаз кулачкового распределения выпускных клапанов (например, распределительного вала) для уменьшения количества РОГ, текущих из откачного коллектора в заборный канал выше по потоку от компрессора по магистрали РОГ. Изменение в сторону запаздывания фаз кулачкового распределения выпускных клапанов может включать в себя изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения только откачных выпускных клапанов или и откачных, и продувочных выпускных клапанов в зависимости от технических средств установки фаз газораспределения клапанов системы двигателя. Изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения откачных выпускных клапанов обеспечивает возможность открытия и закрытия каждого откачного выпускного клапана в более поздние моменты в рабочем цикле двигателя (например, открытия в положении -90 градусов по углу поворота коленчатого вала относительно ВМТ, а не -135 градусов по углу поворота коленчатого вала, как раскрыто выше на ФИГ. 3В). Как разъяснялось выше на примере ФИГ. 1А-1В, можно применять различные системы изменения фаз кулачкового распределения (ИФКР) для изменения в сторону запаздывания фаз газораспределения откачных выпускных клапанов (и, возможно, продувочных выпускных клапанов). В одном примере, могущем представлять собой базовую систему двигателя, откачными выпускными клапанами и продувочными выпускными клапанами управляют совместно посредством одной системы распределительного вала. То есть изменение в сторону запаздывания фаз выпускного распределительного вала приводит к изменению в сторону запаздывания фаз газораспределения откачных выпускных клапанов и продувочных выпускных клапанов (даже если моменты открытия и закрытия откачных выпускных клапанов отличны от моментов продувочных выпускных клапанов). Таким образом, фазы газораспределения откачных и продувочных выпускных клапанов изменяют в сторону запаздывания на одну и ту же величину посредством единственной кулачковой системы. В другом примере система ИФКР для выпускных клапанов может представлять собой систему «распределительный вал в распределительном вале» (CAM in CAM), в которой фазы откачных выпускных клапанов и продувочных выпускных клапанов можно изменять независимо друг от друга относительно заданных фаз. В еще одном примере система ИФКР для выпускных клапанов может представлять собой систему типа «MultiAir» для откачных выпускных клапанов. В данной системе регулирование момента открытия и высоты подъема для откачных выпускных клапанов можно осуществлять индивидуально и независимо от продувочных выпускных клапанов (например, в данном случае - изменять в сторону запаздывания фазы газораспределения только откачных выпускных клапанов). В еще одном примере система ИФКР для выпускных клапанов

может быть выполнена с возможностью электрического регулирования высоты подъема откачных выпускных клапанов, при котором фазы газораспределения откачных выпускных клапанов можно устанавливать независимо от продувочных выпускных клапанов (например, изменять в сторону запаздывания, при этом оставляя фазы продувочных выпускных клапанов без изменений).

На шаге 910 способа определяют, достигнута ли максимальная величина запаздывания фаз газораспределения выпускных клапанов (откачных выпускных клапанов). Например, фазы газораспределения откачных выпускных клапанов можно изменять в сторону запаздывания только на заданное число градусов по углу поворота коленчатого вала. Как только будет достигнута максимальная величина запаздывания фаз газораспределения выпускных клапанов (например, максимальная величина регулирования), дальнейшее изменение фаз газораспределения выпускных клапанов в сторону запаздывания будет невозможно. Если максимальная величина запаздывания фаз газораспределения откачных выпускных клапанов не достигнута, когда происходит образование конденсата в компрессоре (например, когда температура на входе компрессора ниже первой пороговой температуры), способ следует на шаг 912 для продолжения изменения в сторону запаздывания фаз кулачкового распределения откачных выпускных клапанов. В других примерах это может включать в себя установку выпускного кулачка в положение максимальной величины запаздывания. В других примерах это может включать в себя установку выпускного кулачка в положение с величиной запаздывания меньше максимальной.

Альтернативно, если на шаге 910 была достигнута максимальная величина запаздывания для выпускного кулачка, и фазы газораспределения откачных выпускных клапанов не могут быть изменены дальше в сторону запаздывания, способ следует на шаг 914 для определения того, можно ли изменить положение кулачков впускных клапанов в сторону опережения. Результатом изменения в сторону опережения фаз газораспределения впускных клапанов может стать увеличение перекрытия впускного клапана и откачного выпускного клапана каждого цилиндра и, тем самым, увеличение количества горячего продувочного воздуха, рециркулируемого во вход компрессора. Это позволяет повысить температуру на входе компрессора и уменьшить образование конденсата в компрессоре. Положение впускного кулачка можно изменить в сторону опережения, если он уже не был установлен в положение максимального опережения (например, если еще не достигнута максимальная величина опережения). Если положение впускного кулачка можно изменить в сторону опережения для изменения в сторону опережения фаз газораспределения впускных клапанов, способ следует на шаг 916 для изменения в сторону опережения фаз газораспределения впускных клапанов. Это может включать в себя приведение в действие впускного кулачка (например, впускного кулачка 151 на ФИГ. 1В) посредством привода установки фаз газораспределения впускных клапанов (например, привода 101 установки фаз газораспределения впускных клапанов на ФИГ. 1В) для изменения в сторону опережения фаз газораспределения впускных клапанов и, как следствие, открытия и закрытия каждого впускного клапана в более ранний момент в рабочем цикле двигателя. Альтернативно, если положение впускного кулачка нельзя изменить дальше в сторону опережения, способ следует с шага 914 на шаг 918 для закрытия клапана БОКСПВ. Например, способ на шаге 918 может предусматривать полное закрытие клапана БОКСПВ для блокирования потока отработавших газов из откачного коллектора (например, откачного выпускного коллектора) во вход компрессора и, тем самым, уменьшения РОГ низкого давления и образования конденсата в компрессоре. Способ на шаге 918 также может

предусматривать открытие перепускного клапана откачного коллектора (ПКЛОК), расположенного в перепускном канале, установленном между откачным коллектором и выпускным каналом (например, ПКЛОК 97 в перепускном канале 98 на ФИГ. 1А). Например, контроллер может направить сигнал приводу ПКЛОК для открытия ПКЛОК в связи с закрытием клапана БОКСПВ. В результате, отработавшие газы из откачного коллектора могут быть направлены в выпускной канал, когда клапан БОКСПВ закрыт. В других вариантах способ на шаге 918 может предусматривать уменьшение величины прохода клапана БОКСПВ (без его полного закрытия) и увеличение величины прохода ПКЛОК (без его полного открытия). В других примерах степень увеличения прохода ПКЛОК может быть приблизительно равна (например, пропорциональна) степени уменьшения прохода клапана БОКСПВ.

Вернемся на шаг 906: если образование конденсата в компрессоре не происходит или не ожидается (например, если температура на входе компрессора не ниже первой пороговой температуры), способ следует на шаг 920 для определения того, выше ли температура на выходе компрессора, чем вторая пороговая температура. В одном примере температуру на выходе компрессора (например, температуру газов, выходящих из компрессора турбоагнетателя) можно измерять посредством датчика температуры, расположенного ниже по потоку от или у выхода компрессора (например, датчика температуры 43 на ФИГ. 1А). В других примерах температуру на выходе компрессора можно оценивать по выходным сигналам различных датчиков и таким параметрам работы двигателя, как температура на входе компрессора и частота вращения компрессора или температура во впускном коллекторе. Если температура на выходе компрессора выше второй пороговой температуры, способ следует на шаг 922.

На шаге 922 способ предусматривает регулирование клапана БОКСПВ для уменьшения величины потока отработавших газов во вход компрессора из откачного коллектора, открытие ПКЛОК и/или открытие перепускной заслонки турбины (например, перепускной заслонки 76 на ФИГ. 1А). В одном примере регулирование клапана БОКСПВ может включать в себя регулирование положения клапана БОКСПВ между полностью открытым и полностью закрытым положениями для уменьшения величины потока отработавших газов во вход компрессора по магистрали РОГ (по сравнению с тем, что было бы, если бы клапан БОКСПВ оставили полностью открытым) до первого уровня. Регулирование клапана БОКСПВ может включать в себя увеличение продолжительности закрытого состояния клапана БОКСПВ по сравнению с продолжительностью открытого состояния клапана БОКСПВ. Величина регулирования или средняя продолжительность закрытого состояния клапана БОКСПВ могут зависеть от температуры на выходе компрессора и/или необходимой величины потока РОГ. Например, чем больше температура на выходе компрессора превышает вторую пороговую температуру, тем больше может быть продолжительность закрытого состояния клапана БОКСПВ и/или средняя продолжительность закрытого состояния клапана БОКСПВ в период регулирования. В других примерах способ на шаге 922 может предусматривать полное закрытие клапана БОКСПВ. В еще одном примере способ на шаге 922 может предусматривать уменьшение величины прохода клапана БОКСПВ (например, установку в положение между полностью открытым и полностью закрытым без регулирования). Способ на шаге 922 может дополнительно предусматривать открытие ПКЛОК или увеличение величины прохода ПКЛОК, когда клапан БОКСПВ закрывают или регулируют его положение между открытым и закрытым положениями. Дополнительно или взамен, способ на шаге 922 может

предусматривать открытие перепускной заслонки турбины во время регулирования клапана БОКСПВ. Открытие клапана перепускной заслонки турбины снижает число оборотов турбонагнетателя и, тем самым, позволяет снизить нагрузку на компрессор.

Способ следует на шаг 924 для изменения в сторону опережения положения впускного кулачка впускных клапанов для уменьшения отношения давлений в компрессоре. Например, положение впускного кулачка можно изменить в сторону опережения во время регулирования положения клапана БОКСПВ для уменьшения потока РОГ во вход компрессора до первого уровня. Способ далее следует на шаг 926 для изменения в сторону запаздывания положения выпускного кулачка для изменения в сторону запаздывания момента открытия выпускных клапанов (например, как минимум откачных выпускных клапанов) для дополнительного уменьшения РОГ. Например, результатом изменения в сторону запаздывания положения выпускного кулачка может стать уменьшение потока РОГ во вход компрессора до второго уровня, более низкого, чем первый. На шаге 928 способ предусматривает увеличение холодной рециркуляции путем открытия клапана БОКСПВ. Так как поток РОГ уменьшен вследствие изменения в сторону запаздывания фаз газораспределения выпускных клапанов (например, откачного выпускного клапана) на шаге 926, открытие клапана БОКСПВ на шаге 928 увеличивает поток сжатого, более холодного, воздуха обратно во вход компрессора, тем самым снижая температуру компрессора.

Вернемся на шаг 920: если температура на выходе компрессора не выше второй пороговой температуры, способ следует на шаг 930 для определения того, работает ли компрессор в каком-либо другом предельном (например, пороговом) состоянии компрессора. Например, число оборотов компрессора (например, частота вращения компрессора) может быть выше порогового, результатом чего может стать ухудшение характеристик или снижение показателей работы компрессора. Если компрессор работает в указанном другом предельном состоянии, то есть число оборотов компрессора выше порогового, способ следует на шаг 932 для закрытия клапана БОКСПВ и открытия ПКЛОК. В одном примере это может включать в себя полное закрытие клапана БОКСПВ и полное открытие ПКЛОК. В другом примере способ на шаге 932 может предусматривать уменьшение величины прохода клапана БОКСПВ (без полного закрытия) и увеличение величины прохода ПКЛОК (без полного открытия). Степень уменьшения прохода клапана БОКСПВ и степень увеличения прохода ПКЛОК могут зависеть от необходимого давления в откачном коллекторе, причем необходимое давление в откачном коллекторе зависит от давления во впускном коллекторе и фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов. Например, от величины перекрытия откачного выпускного клапана и впускного клапана, когда они оба открыты, может зависеть время, в течение которого возможна продувка, при этом от разности давлений во впускном коллекторе (например, ДВК) и откачном коллекторе может зависеть давление, вызывающее поток продувочного воздуха. Когда ДВК выше давления в откачном коллекторе, в выпускной канал через перепускной канал откачного коллектора может поступать избыточное количество кислорода. Необходимое давление, вызывающее поток продувочного воздуха, может зависеть от необходимых уровней кислорода в отработавших газах, речь о которых шла выше на примере ФИГ. 2А-2В. Таким образом, чем выше давление во впускном коллекторе, тем меньше может быть необходимое давление в откачном коллекторе для заданных фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов и необходимого количества продувочного воздуха. Например, контроллер может определить необходимое давление в откачном коллекторе путем, непосредственно учитывающим результат определения давления во впускном

коллекторе и текущие фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов, а затем определить соответствующие положения клапана БОКСПВ и ПКЛОК, могущие обеспечить необходимое давление в откачном коллекторе. В качестве другого примера, контроллер может выполнить логическое определение (например, в отношении

5 положений клапана БОКСПВ и ПКЛОК) на основании логических формул, представляющих собой функцию от давления во впускном коллекторе, фаз газораспределения впускных клапанов и фаз газораспределения выпускных клапанов. Затем контроллер может сформировать управляющий сигнал, направляемый приводам клапана БОКСПВ и ПКЛОК.

10 На шаге 934 способ предусматривает изменение в сторону опережения фаз газораспределения откачных выпускных клапанов (например, момента открытия откачных выпускных клапанов), когда клапан БОКСПВ закрыт (или величина прохода клапана БОКСПВ уменьшена). Например, величина опережения для открытия откачного выпускного клапана может быть тем больше, чем меньше необходимая

15 величина продувки в выпускной канал (например, в второй, нижний по потоку, каталитический нейтрализатор в выпускном канале, как раскрыто на ФИГ. 1А). Способ далее следует на шаг 936 для увеличения прохода перепускной заслонки турбины и, тем самым, снижения числа оборотов турбоагнетателя.

Альтернативно, если на шаге 930 компрессор не работает в другом предельном

20 состоянии, способ следует на шаг 938, на котором перепускную заслонку на турбине оставляют закрытой. В некоторых вариантах закрытое положение может быть положением перепускной заслонки турбины по умолчанию. Перепускную заслонку можно открывать только при больших числах оборотов турбоагнетателя. Способ на шаге 938 может предусматривать возврат к способу 400 на ФИГ. 4А-4В.

25 ФИГ. 20 изображает график 2000 эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой в режиме порогового состояния компрессора. А именно, график 2000 представляет нагрузку двигателя на кривой 2002, потребность в РОГ (например, необходимый поток РОГ в заборный канал) на кривой 2004, температуру на выходе компрессора на кривой 2006, температуру на входе компрессора на кривой 2008, число

30 оборотов компрессора (например, турбоагнетателя) на кривой 2009, положение перепускной заслонки турбины на кривой 2010, положение клапана БОКСПВ на кривой 2012, положение клапана РОГ среднего давления на кривой 2014, положение ПКЛОК на кривой 2016, фазы газораспределения впускных клапанов на кривой 2018 и фазы газораспределения откачных выпускных клапанов на кривой 2020. В варианте

35 осуществления, где откачными и продувочными выпускными клапанами управляют посредством одной и той же кулачковой системы, фазы газораспределения выпускных клапанов на кривой 2020 могут представлять собой фазы и для откачных, и для продувочных выпускных клапанов. Несмотря на то, что на ФИГ. 20 клапаны могут быть представлены в открытых и закрытых положениях, в других вариантах клапаны

40 можно устанавливать во множество положений между полностью открытым и полностью закрытым.

До момента t_1 температура на входе компрессора выше первой пороговой температуры T_1 , температура на выходе компрессора ниже второй пороговой температуры T_2 , а число оборотов компрессора ниже порога S_1 . Поэтому клапан

45 БОКСПВ открыт, клапан РОГ среднего давления закрыт, и клапан предохранительной трубы закрыт. До момента t_1 фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов также представляют собой соответствующие фазы по умолчанию (обозначенные линий D_1 значений по умолчанию) для оптимальной топливной экономичности. В момент t_1

температура на входе компрессора падает ниже первой пороговой температуры T_1 , что указывает на возможность образования конденсата в компрессоре. В это время потребность в РОГ относительно высока, поэтому, в связи с тем, что температура на входе компрессора ниже первой пороговой температуры T_1 , а потребность в РОГ
5 относительно высока, клапан БОКСПВ закрывают, а клапан РОГ среднего давления открывают. Это позволяет уменьшить поток РОГ низкого давления во вход компрессора и, тем самым, образование конденсата. В момент t_2 температура на входе компрессора возрастает сверх первой пороговой температуры T_1 , поэтому клапан БОКСПВ вновь открывают, а клапан РОГ среднего давления закрывают вскоре после t_2 .

10 В момент t_3 температура на выходе компрессора возрастает сверх второй пороговой температуры T_2 , при этом уровень потребности в РОГ относительно низкий (например, ниже, чем в момент t_1). В связи с данными состояниями, клапан БОКСПВ регулируют для уменьшения потока РОГ, а ПКЛОК регулируют соответствующим образом так, чтобы его открытие происходило, когда происходит закрытие клапана БОКСПВ.
15 Кроме того, между моментами t_3 и t_4 фазы газораспределения впускных клапанов установлены с опережением, а фазы газораспределения выпускных клапанов - с запаздыванием. В момент t_4 , в связи с падением температуры на выходе компрессора ниже второй пороговой температуры T_2 , клапан БОКСПВ открывают, а ПКЛОК закрывают, а фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов возвращают
20 в соответствующие положения по умолчанию для оптимальной топливной экономичности.

В момент t_5 температура на входе компрессора вновь падает ниже первой пороговой температуры T_1 , уровень потребности в РОГ более низкий (по сравнению с более высоким уровнем потребности в РОГ в момент t_1). Поэтому фазы газораспределения
25 выпускных клапанов изменяют в сторону запаздывания сразу после t_5 для уменьшения потока РОГ во вход компрессора. В момент t_6 фазы газораспределения выпускных клапанов достигают максимальной величины запаздывания (например, их нельзя изменить дальше в сторону запаздывания). В ответ на достижение данного максимального уровня, фазы газораспределения впускных клапанов изменяют в сторону
30 опережения. В момент t_7 температура на входе компрессора возрастает сверх первой пороговой температуры, в связи с чем фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов возвращают к соответствующим значениям по умолчанию.

В момент t_8 , число оборотов компрессора возрастает сверх порогового числа S_1 . В связи с данным ростом числа оборотов компрессора, клапан БОКСПВ закрывают, а
35 ПКЛОК открывают. Кроме того, после t_8 фазы газораспределения откатных выпускных клапанов изменяют в сторону опережения, а перепускную заслонку на турбине открывают. После падения числа оборотов турбины ниже порога S_1 в момент t_9 , клапан БОКСПВ открывают, ПКЛОК закрывают, а фазы газораспределения откатных выпускных клапанов возвращают к фазам по умолчанию. Таким образом, фазы
40 газораспределения впускных клапанов, фазы газораспределения откатных выпускных клапанов и положение клапана БОКСПВ (а в других примерах - ПКЛОК) можно регулировать согласованно в зависимости от какого-либо параметра в компрессоре (например, достижения компрессором одного или нескольких пороговых рабочих состояний, раскрытых выше). Например, как видно в момент t_3 , клапан БОКСПВ
45 регулируют для уменьшения потока РОГ до первого уровня, а фазы газораспределения выпускных клапанов изменяют в сторону запаздывания для уменьшения потока РОГ до более низкого, второго, уровня. Одновременно изменяют в сторону опережения фазы газораспределения впускных клапанов для уменьшения отношения давлений в

компрессоре. В качестве другого примера согласованного регулирования фаз газораспределения впускных клапанов, фаз газораспределения выпускных клапанов и фаз газораспределения клапана БОКСПВ, как показано в моменты $t5-t7$, фазы газораспределения откатных выпускных клапанов изменяют в сторону запаздывания и, при достижении максимальной величины запаздывания, когда температура на входе компрессора все еще ниже первой пороговой температуры, фазы газораспределения впускных клапанов изменяют в сторону опережения. Технический эффект, достигаемый согласованным регулированием фаз газораспределения впускных клапанов, фаз газораспределения откатных выпускных клапанов и положения клапана БОКСПВ, состоит в уменьшении потока РОГ во вход компрессора и, тем самым, уменьшении образования конденсата в компрессоре, снижении температуры на выходе компрессора и/или числа оборотов компрессора для уменьшения ухудшения характеристик компрессора. В другом варианте, как видно в момент $t1$, в связи с тем, что температура на входе компрессора ниже пороговой, клапан РОГ среднего давления можно открыть для направления отработавших газов из откатных выпускных клапанов в заборный канал ниже по потоку от компрессора. Технический эффект, достигаемый направлением отработавших газов из откатных выпускных клапанов в заборный канал ниже по потоку от компрессора в связи с каким-либо состоянием компрессора, состоит в уменьшении потока РОГ во вход компрессора и, тем самым, уменьшении образования конденсата в компрессоре, повышении температуры на выходе компрессора и снижении числа оборотов компрессора. Это позволяет уменьшить ухудшение характеристик компрессора. В еще одном варианте, как видно в моменты $t3$ и $t8$, клапан БОКСПВ можно закрыть (или регулировать между открытым и закрытым положениями) с одновременным открытием (или регулированием) ПКЛОК для уменьшения потока РОГ во вход компрессора и направления отработавших газов из откатного коллектора не в него, а в выпускной канал. Технический эффект, достигаемый уменьшением потока газа из откатного выпускного коллектора в заборный канал выше по потоку от компрессора в зависимости от какого-либо параметра работы двигателя (например, температуры на выходе компрессора выше пороговой температуры на выходе и/или числа оборотов компрессора выше порогового) и, в связи с уменьшением потока газа, увеличением потока газа из откатного выпускного коллектора в выпускной канал через перепускной канал откатного коллектора, состоит в уменьшении ухудшения характеристик компрессора с одновременным снижением давления в откатном выпускном коллекторе и уменьшением запираания остаточных газов в цилиндрах.

ФИГ. 10 изображает способ 1000 для эксплуатации системы двигателя в базовом режиме БОКСПВ. К способу 1000 можно перейти с шага 430 способа 400, раскрытого выше. Выполнение способа 1000 начинают на шаге 1002 с установки фаз кулачкового распределения впускных клапанов и фаз кулачкового распределения откатных выпускных клапанов и продувочных выпускных клапанов для оптимальной топливной экономичности. Например, фазы газораспределения выпускных и впускных клапанов могут быть установлены для наилучшего удельного расхода топлива на тормозном стенде УРТТС (BSFC), достижимого при текущих параметрах работы двигателя. В одном примере это может включать в себя установку фаз газораспределения откатного выпускного клапана, продувочного выпускного клапана и впускного клапана каждого цилиндра в положения фаз на ФИГ. 3А, как раскрыто выше. В некоторых вариантах фазы газораспределения выпускных и впускных клапанов можно немного изменять относительно фаз на ФИГ. 3А в зависимости от частоты вращения и нагрузки двигателя. Например, фазы газораспределения впускных клапанов можно устанавливать в

положение полного запаздывания при более низких нагрузках двигателя и изменять в стороны опережения, когда имеют место ограничения, связанные с наддувом двигателя, или запрос увеличения продувки для уменьшения детонации. В другом варианте фазы газораспределения выпускных клапанов можно регулировать таким образом, чтобы

5 открытие выпускных клапанов происходило тем раньше, чем выше частота вращения двигателя. Фазы газораспределения выпускных клапанов можно впоследствии изменять в сторону запаздывания по мере снижения наддува (например, в состояниях с низкой частотой вращения двигателя и высокой нагрузкой двигателя), или когда частота вращения двигателя высокая, а температура РОГ выше пороговой.

10 На шаге 1004 способа определяют, находится ли отдача двигателя по крутящему моменту на требуемом уровне. В одном примере требуемый уровень крутящего момента может представлять собой требуемый водителем транспортного средства крутящий момент, определяемый по положению педали акселератора транспортного средства. В одном примере контроллер может определять требуемый крутящий момент по сигналу

15 положения педали от датчика положения педали акселератора. Если крутящий момент не находится на требуемом уровне, способ следует на шаг 1006 для оптимизации фаз кулачкового распределения и положения клапана БОКСРВ для создания требуемого крутящего момента. Например, это может включать в себя ограничение потока через откатной выпускной клапан для повышения отдачи по крутящему моменту и изменение

20 величины ограничения в зависимости от порога помпажа компрессора турбонагнетателя. Например, ограничение потока через откатной выпускной клапан может включать в себя изменение в сторону запаздывания фаз кулачкового распределения откатных выпускных клапанов для уменьшения потока РОГ. В еще одном примере это может включать в себя, дополнительно или взамен, изменение в сторону запаздывания фаз

25 кулачкового распределения впускных клапанов для уменьшения продувки из откатных выпускных клапанов в заборный канал. Кроме того, изменение величины ограничения потока через откатной выпускной клапан может включать в себя уменьшение величины ограничения при приближении параметров работы компрессора (например, расхода и перепада давления на компрессоре) к порогу помпажа или границе помпажа. В еще

30 одном примере способ на шаге 1006 может дополнительно или взамен включать в себя ограничение величины прохода клапана БОКСРВ (например, закрытие или уменьшение величины прохода).

Если отдача двигателя по крутящему моменту находится на требуемом уровне, способ следует на шаг 1008 для измерения содержания кислорода и давления газов в

35 откатном коллекторе (например, откатном выпускном коллекторе 80 на ФИГ. 1А). В другом варианте способ на шаге 1008 может дополнительно или взамен включать в себя измерение содержания кислорода и/или давления газов в выпускном тракте каждого откатного выпускного клапана. Например, способ на шаге 1008 может предусматривать получение измерений давления и содержания кислорода от одного или нескольких

40 датчиков давления и кислородных датчиков, расположенных в откатном коллекторе и/или трактах откатных выпускных клапанов (например, датчика 34 давления, кислородного датчика 36 и/или кислородных датчиков 38 на ФИГ. 1А).

Как раскрыто выше, и отработавшие газы (например, РОГ после срабатывания цилиндра путем сжигания в нем топливовоздушной смеси), и продувочный воздух (в

45 период перекрытия открытых впускного клапана и откатного выпускного клапана) можно удалять в откатной коллектор из цилиндров двигателя через откатные выпускные клапаны. Кроме того, каждый откатной выпускной клапан каждого цилиндра двигателя выполнен с возможностью удаления РОГ и продувочного воздуха в моменты, отличные

от моментов других цилиндров двигателя (например, в зависимости от установленного порядка работы цилиндров в одном и том же рабочем цикле двигателя). В контексте настоящего описания «рабочий цикл двигателя» означает период, в котором происходит одно срабатывание каждого цилиндра двигателя согласно порядку работы цилиндров.

5 Например, если порядок работы цилиндров предусматривает срабатывание цилиндров в следующем порядке: цилиндр 1, цилиндр 2, цилиндр 3, а затем цилиндр 4, в откатной выпускной коллектор могут поступать четыре отдельные порции РОГ и продувочного воздуха из каждого цилиндра согласно порядку работы цилиндров в каждом рабочем цикле двигателя. Поэтому на шаге 1010 способ предусматривает оценку продувочного

10 воздуха (ПВ (ВТ), например, количества негоревших газов, поступающих в откатной коллектор из откатного выпускного клапана в период перекрытия впускного клапана и откатного выпускного клапана каждого цилиндра) и РОГ (например, отработавших газов сгорания). Оценка ПВ и РОГ может включать в себя оценку количества ПВ и количества РОГ, направляемых в откатной выпускной коллектор для каждого цилиндра

15 и/или оценку общего количества ПВ и РОГ, поступающих в заборный канал для всех цилиндров за один рабочий цикл двигателя (например, общего количества ПВ и РОГ для четырех цилиндров в четырехцилиндровом двигателе или для того числа цилиндров, в которых были включены откатные выпускные клапаны). В первом варианте осуществления способа на шаге 1010, способ на шаге 1011 может предусматривать

20 оценку количества ПВ и РОГ по углу поворота коленчатого вала (например, положению двигателя) и давлению в откатном коллекторе (например, выходному сигналу датчика давления в откатном коллекторе). Во втором варианте способа на шаге 1010, способ на шаге 1013 может предусматривать оценку количества ПВ и РОГ по углу поворота коленчатого вала (или соответствующим моментам открытия и закрытия впускного

25 клапана и откатного выпускного клапана каждого цилиндра) и содержанию кислорода в откатном коллекторе (например, по выходному сигналу кислородного датчика в откатном коллекторе или каждом тракте откатного выпускного клапана).

ФИГ. 21 изображает график 2100 изменений давления и содержания кислорода в откатном коллекторе за один рабочий цикл двигателя, включающий в себя срабатывание

30 четырех цилиндров (например, цилиндров 1-4 на ФИГ. 21). А именно, график 2100 иллюстрирует положение двигателя по оси x в градусах по углу поворота коленчатого вала (ГУПКВ) для полного рабочего цикла двигателя (например, от -360 ГУПКВ до 360 ГУПКВ), в котором срабатывают четыре цилиндра типового четырехцилиндрового двигателя (например, двигателя на ФИГ. 1А-1В). Для каждого цилиндра представлены

35 фазы газораспределения, высота подъема и продолжительность открытого состояния (относительно положения двигателя) впускного клапана (ВК), откатного выпускного клапана (ОК) и продувочного выпускного клапана (ПК). Кривая 2102 представляет события клапанов цилиндра для первого цилиндра двигателя, цилиндра 1; кривая 2104 представляет события клапанов цилиндра для второго цилиндра двигателя, цилиндра

40 2; кривая 2106 представляет события клапанов цилиндра для третьего цилиндра двигателя, цилиндра 3; а кривая 2108 представляет события клапанов цилиндра для четвертого цилиндра двигателя, цилиндра 4. Изменения измеренного давления в откатном коллекторе за рабочий цикл двигателя представлены на кривой 2110, а изменения измеренного содержания кислорода в откатном коллекторе - на кривой

45 2112. Измеренное содержание кислорода в откатном коллекторе также может отражать воздушно-топливное отношение газов, поступающих в откатной выпускной коллектор из ОК.

Как видно из графика 2100, при каждом открытии ОК одного из цилиндров имеет

место положительный скачок давления в откачном коллекторе и отрицательный скачок содержания кислорода в откачном коллекторе. Например, при открытии ОК (например, при - 90 ГУПКВ для цилиндра 2), происходит удаление отработавших газов сгорания в откачной коллектор. Когда этот же ОК открыт и после открытия ВК того же цилиндра (например, в период перекрытия, обозначенного 2114 для цилиндра 2), происходит удаление продувочного воздуха в откачной коллектор. Таким образом, давление в откачном коллекторе возрастает после открытия ОК, а содержание кислорода в откачном коллекторе падает из-за поступления отработавших газов сгорания в откачной коллектор. Когда открыт ОК и до открытия ВК, содержание кислорода в откачном коллекторе отражает воздушно-топливное отношение отработавших газов сгорания (могущее быть более богатым). Затем его содержание в откачном коллекторе вновь возрастает в связи с поступлением продувочного воздуха (например, не содержащего газы сгорания и поэтому более богатого кислородом, чем отработавшие газы) в откачной коллектор. Когда и ОК, и ВК открыты одновременно для каждого цилиндра, содержание кислорода в откачном коллекторе отражает воздушно-топливное отношение продувочного воздуха, более бедного, чем газообразные продукты сгорания.

Таким образом, соотнеся скачки давления и/или содержания кислорода в откачном коллекторе с ГУПКВ, можно определять и отличать друг от друга изменения давления и/или содержания кислорода, обусловленные отработавшими газами и продувочным воздухом для каждого цилиндра. Отслеживание размера (например, величины) данных скачков за известный период (например, ГУПКВ или порядок работы) удаления отработавших газов или продувочного воздуха в откачной коллектор, можно определять количество РОГ и продувочного воздуха, текущих в заборный канал через откачной коллектор, для каждого цилиндра или для каждого рабочего цикла двигателя (например, путем суммирования скачков). В качестве другого примера, оценка содержания кислорода в потоке продувочного воздуха и/или РОГ из откачного коллектора может включать в себя измерение (посредством кислородного датчика) перехода от воздушно-топливного отношения, соответствующего содержанию продуктов сгорания в газах (например, газообразных продуктов сгорания), удаляемых из каждого ОК (например, от впадин или нижних точек кривой 2112), к более бедному воздушно-топливному отношению газов (например, продувочного воздуха), удаляемых из каждого ОК (например, пикам или верхним точкам кривой 2112). Переход или изменение между пиком (например, максимумом) и впадиной (например, минимумом) выходного сигнала кислородного датчика для каждого цилиндра может отражать количество РОГ и продувочного воздуха, выходящих из ОК для каждого цилиндра и текущих во впускную систему. Например, переход может представлять собой рост уровня кислорода в продувочном воздухе, удаляемом из ОК. Данный рост уровня кислорода может представлять собой рост от более низкого первого уровня кислорода (во впадинах) до более высокого второго уровня кислорода (на пиках). Переход между воздушно-топливным отношением, соответствующим содержанию продуктов сгорания в удаляемых газах, и более бедным воздушно-топливным отношением газов можно определять поцилиндрово для определения величин потока РОГ и продувочного воздуха для каждого цилиндра. Кроме того, можно определять общее количество продувочного воздуха, текущего в заборный канал из откачного коллектора за один рабочий цикл двигателя, по второму уровню кислорода для каждого ОК каждого цилиндра.

Вернемся на шаг 1010 на ФИГ. 10: таким образом, количество ПВ и РОГ можно определять по выходному сигналу датчика давления и/или кислородного датчика, расположенных в откачном коллекторе (или трактах откачных выпускных клапанов),

соотносимо с градусом по углу поворота коленчатого вала (например, положением двигателя). Например, контроллер может определить количество ПВ для первого цилиндра по выходному сигналу датчика давления, полученному между моментом открытия впускного клапана первого цилиндра и моментом закрытия откатного выпускного клапана первого цилиндра. Контроллер может повторить данный процесс для каждого цилиндра двигателя, а затем суммировать все значения с получением общего количества ПВ, поступающего в заборный канал, для полного рабочего цикла двигателя. В качестве другого примера, контроллер может определить величину потока РОГ для первого цилиндра по выходному сигналу датчика давления, полученному между моментом открытия откатного выпускного клапана первого цилиндра и моментом непосредственно перед открытием впускного клапана первого цилиндра (например, вплоть до открытия впускного клапана, то есть до того, как ПВ поступит в откатной коллектор). Тот же процесс можно выполнить с выходным сигналом кислородного датчика, а не датчиков давления. Например, контроллер может выполнить логическое определение в отношении количества РОГ или ПВ в откатном коллекторе на основании логических формул, представляющих собой функцию от давления (или содержания кислорода) в откатном коллекторе (для установленного периода ПВ или РОГ, речь о котором шла выше, для каждого цилиндра).

На шаге 1012 способ предусматривает регулирование клапан БОКСПВ (например, регулирование положения клапана БОКСПВ), фаз газораспределения откатного выпускного клапана (ОК), фаз газораспределения впускных клапанов (ВК) и/или ПКЛОК (например, регулирование положения ПКЛОК) в зависимости от оценочных величин потоков продувочного воздуха и РОГ (определенных на шаге 1010), необходимых величин потоков продувочного воздуха и РОГ, уровня наддува (например, давления наддува ниже по потоку от компрессора турбонагнетателя) и текущего положения и фаз газораспределения каждого из вышеперечисленных клапанов. Например, клапан БОКСПВ может быть открыт в связи с осуществлением наддува двигателя (например, когда компрессор турбонагнетателя работает и повышает ДВК сверх атмосферного давления). В качестве другого примера, если нужно увеличить или уменьшить поток РОГ или продувочного воздуха в заборный канал через откатной коллектор и магистраль РОГ относительно оценочных уровней (на шаге 1010), контроллер может отрегулировать положения или фазы газораспределения клапана БОКСПВ, и/или ОК, и/или ВК, и/или ПКЛОК для обеспечения необходимого потока РОГ и потока продувочного воздуха. Регулирование клапана БОКСПВ, ПКЛОК и фаз газораспределения ОК для обеспечения необходимого потока РОГ и продувочного воздуха подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 12-13. Кроме того, регулирование положений клапанов и фаз газораспределения на шаге 1012 может включать в себя регулирование положений клапанов и/или фаз газораспределения одних клапанов относительно положений и фаз газораспределения других клапанов. Например, если клапан БОКСПВ закрывают, а необходимое давление в откатном коллекторе ниже, чем текущее измеренное давление в откатном коллекторе, способ на шаге 1012 может предусматривать открытие или увеличение величины прохода ПКЛОК для понижения давления в откатном коллекторе.

В другом примере способа, на шаге 1012 управление клапаном БОКСПВ, ПКЛОК и/или впускным клапаном может быть изменено в зависимости от давления в откатном коллекторе при определенных фазах газораспределения ОК. Например, фазы газораспределения ОК могут быть отрегулированы в зависимости от измеренного давления в откатном коллекторе. В одном примере, если измеренное давление в

откачном коллекторе выше необходимого давления в откачном коллекторе, способ может предусматривать изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК для понижения давления в откачном коллекторе. Необходимое давление в откачном коллекторе может быть определено в зависимости (например, в функции) от давления во впускном коллекторе, и/или давления отработавших газов, и/или состояний наддува (например, происходит наддув двигателя или нет). Кроме того, в связи с регулированием фаз газораспределения ОК в зависимости от измеренного давления и давления в откачном коллекторе, могут быть отрегулированы положения клапана БОКСПВ и/или ПКЛОК. Например, после того, как будут отрегулированы фазы газораспределения ОК, может быть отрегулировано положение ПКЛОК для поддержания давления в откачном коллекторе на уровне необходимого (в зависимости от параметров работы двигателя), а положение клапана БОКСПВ может быть отрегулировано для поддержания потока РОГ на уровне необходимого потока РОГ (например, в зависимости от таких параметров работы двигателя, как нагрузка двигателя, детонация и таких параметров работы компрессора, как температура и число оборотов).

Способ следует на шаг 1014 для закрытия клапана-регулятора движения заряда (например, КРДЗ 24 на ФИГ. 1А), расположенного в как минимум одном впускном тракте каждого цилиндра. Например, закрытие КРДЗ может включать в себя включение контроллером привода КРДЗ для перемещения КРДЗ в закрытое положение, ограничивающее поток воздуха в цилиндр через впускные клапаны впускных трактов, в которых установлены КРДЗ. Например, закрытое положение может представлять собой положение, в котором КРДЗ полностью включены, и пластина клапана КРДЗ может быть полностью повернута в соответствующий впускной тракт (например, канал), создавая максимальное препятствие потоку заряда воздуха. Это может уменьшить переток воздуха из впускного клапана непосредственно в ОК без полной откачки отработавших газов из цилиндров. Результатом закрытия КРДЗ в базовом режиме БОКСПВ может стать увеличение откачки отработавших газов и, как следствие, улучшение работы двигателя и отдачи по крутящему моменту во время последующих событий сгорания в цилиндрах.

На шаге 1016 способа определяют, соблюдены ли условия для проведения диагностики клапана БОКСПВ, и/или ПКЛОК, и/или ОК. В одном примере в число условий для диагностики клапанов могут входить: истечение определенного периода с предыдущей диагностики клапанов, и/или определенного периода работы двигателя, и/или числа рабочих циклов двигателя. Например, диагностику клапанов можно проводить через равные интервалы (например, по прошествии установленного периода работы двигателя или установленного числа рабочих циклов двигателя), после каждого события глушения (например, после перезапуска двигателя) или в связи с наличием диагностического флажкового индикатора, установленного в контроллере. Например, диагностический флажковый индикатор может быть установлен, если измеренные давления в откачном коллекторе на пороговую величину отличаются от ожидаемых для текущих положений клапанов и фаз газораспределения клапана БОКСПВ, ПКЛОК, и/или ОК. Если условия для проведения диагностики клапанов соблюдены, способ следует на шаг 1018 для проведения диагностики клапанов и диагностирования положения или фаз газораспределения клапана БОКСПВ, ПКЛОК и ОК по давлению в откачном коллекторе. Выполнение данного диагностического алгоритма подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 11. Альтернативно, если на шаге 1016 условия для проведения диагностики клапанов отсутствуют, способ следует на шаг 1020, на котором не проводят диагностику, а продолжают эксплуатировать двигатель с текущими

положениями/фазами газораспределения клапанов. Затем выполнение способа 1000 завершают.

Таким образом, клапан БОКСПВ, фазы газораспределения ОК, фазы газораспределения ВК и/или ПКЛОК можно регулировать в зависимости от оценки потока продувочного воздуха и РОГ, определяемого по измерению (или оценке) 5 давления или содержания кислорода в откачном коллекторе. Например, способ предусматривает регулирование величины перекрытия открытых впускных клапанов и откачных выпускных клапанов (например, путем изменения в сторону опережения или запаздывания фаз газораспределения ОК и ВК, как разъяснялось выше) в 10 зависимости от перехода поцилиндровой оценки воздушно-топливного отношения от воздушно-топливного отношения, соответствующего содержанию продуктов сгорания, к более бедному воздушно-топливному отношению, соответствующему содержанию продувочного воздуха. Как разъяснялось выше, для каждого цилиндра может иметь место переход оценки от воздушно-топливного отношения, соответствующего 15 содержанию продуктов сгорания, к более бедному воздушно-топливному отношению, соответствующему событию открытия ОК для каждого цилиндра. Технический эффект, достигаемый регулированием перекрытия открытых клапанов в зависимости от данного перехода, состоит в подаче необходимого количества продувочного воздуха в заборный канал и, тем самым, повышении КПД двигателя и уменьшении детонации в двигателе. 20 В качестве другого примера, способ предусматривает регулирование клапана БОКСПВ, ПКЛОК, фаз газораспределения ОК и/или фаз газораспределения ВК в зависимости от измеренного давления в откачном выпускном коллекторе. Технический эффект, достигаемый регулированием этих клапанов и/или фаз газораспределения клапанов в зависимости от давления в откачном коллекторе, состоит в повышении точности 25 регулирования величин потоков продувочного воздуха и РОГ в заборный канал и, тем самым, повышении КПД двигателя, сокращении выбросов от двигателя и уменьшении детонации в двигателе.

На ФИГ. 11 раскрыт способ 1100 для диагностики одного или нескольких клапанов системы двигателя с разветвленной выпускной системой по давлению в откачном 30 коллекторе. К способу 1100 можно перейти с шага 1018 способа 1000, раскрытого выше. Выполнение способа начинают на шаге 1102 с определения ожидаемого перепада давления на клапане БОКСПВ и на ПКЛОК и определения ожидаемых фаз газораспределения откачных выпускных клапанов (ОК). Например, ожидаемый перепад (например, разность) давления на клапане БОКСПВ и ПКЛОК можно определять по 35 заданному командой положению клапана БОКСПВ и ПКЛОК и дополнительным параметрам работы двигателя. Например, заданное командой положение клапанов может представлять собой полностью открытое положение, полностью закрытое положение или одно из множества положений между полностью открытым и полностью закрытым. В случае ожидаемого перепада давления на клапане БОКСПВ, в число 40 дополнительных параметров работы двигателя могут входить: давление в заборном канале выше по потоку от компрессора (например, в месте соединения магистрали РОГ и заборного канала), атмосферное давление (например, если отсутствует электрический компрессор выше по потоку от компрессора или электрический компрессор не работает), положение ПКЛОК (например, открытое или закрытое), давление отработавших газов 45 в выпускном канале в месте соединения перепускного канала откачного коллектора и выпускного канала, и/или фазы газораспределения ОК. Например, контроллер может определить ожидаемый перепад давления на клапане БОКСПВ по табулированной зависимости в памяти контроллера, причем табулированная зависимость содержит

заданное командой положение клапана БОКСПВ, и/или давление во впускной системе, атмосферное давление, давление отработавших газов, положение ПКЛОК и фазы газораспределения ОК в качестве входных параметров, и ожидаемый перепад давления на клапане БОКСПВ в качестве результата. В другом примере контроллер может определять ожидаемый перепад давления по зависимости в памяти контроллера, представляющей собой функцию от заданного командой положения клапана БОКСПВ, давления во впускной системе, атмосферного давления, давления отработавших газов, положения ПКЛОК и/или фаз газораспределения ОК. Аналогичным образом, контроллер может определять ожидаемый перепад давления на ПКЛОК по заданному командой положению ПКЛОК и параметрам работы двигателя, в число которых могут входить: положение клапана БОКСПВ, и/или фазы газораспределения ОК, и/или давление отработавших газов в выпускном канале в месте соединения перепускного канала откачного коллектора и выпускного канала, (например, по табулированным зависимостям и сохраненным зависимостям, как разъяснялось выше). В одном примере давление отработавших газов в выпускном канале в месте соединения перепускного канала откачного коллектора и выпускного канала может представлять собой давление, измеренное датчиком давления, расположенном в выпускном канале, например, датчиком 96 давления на ФИГ. 1А. В другом примере давление во впускной системе в месте соединения магистрали РОГ и заборного канала можно измерять посредством датчика давления, расположенного в заборном канале выше по потоку от компрессора, например, датчика 31 давления на ФИГ. 1А. Ожидаемые фазы газораспределения ОК могут представлять собой текущие установленные (или последние из заданных командой) фазы газораспределения ОК. Например, контроллер найти или определить последние из заданных командой или базовые фазы газораспределения для ОК и использовать их в качестве ожидаемых фаз газораспределения ОК.

На шаге 1104 способа определяют фактические перепады давления на клапане БОКСПВ и на ПКЛОК и фактические фазы газораспределения ОК по измеренному давлению в откачном коллекторе. Например, давление в откачном коллекторе можно измерять посредством датчика давления, расположенного в откачном коллекторе (например, датчика 34 давления на ФИГ. 1А). Контроллер может получать переменный по времени сигнал датчика давления в откачном коллекторе, а затем определять либо текущее, либо среднее давление в откачном коллекторе (например, усредненное за рабочий цикл двигателя или за множество рабочих циклов двигателя). Например, фактический перепад давления на клапане БОКСПВ можно определять по выходному сигналу датчика давления в откачном коллекторе и атмосферному давлению (или по выходному сигналу датчика давления, расположенного в заборном канале в месте соединения магистрали РОГ и заборного канала выше по потоку от компрессора). Например, контроллер может определять фактический перепад давления на клапане БОКСПВ по табулированной зависимости, сохраненной в контроллере, причем входными параметрами табулированной зависимости являются измеренное давление в откачном коллекторе и атмосферное давление (или давление во впускной системе), а результатом - фактическое положение клапана БОКСПВ. Аналогичным образом, контроллер может определять фактический перепад давления на ПКЛОК по выходному сигналу датчика давления, расположенного в откачном коллекторе, и выходному сигналу датчика давления, расположенного в выпускном канале у выхода откачного коллектора в перепускной канал (например, датчика 96 давления на ФИГ. 1А). Кроме того, контроллер может определять фактические фазы газораспределения (например, момент открытия) ОК по скачку выходного сигнала датчика давления в откачном

коллекторе за один рабочий цикл двигателя. Например, как раскрыто выше на примере ФИГ. 21, может происходить выброс (или скачок) сигнала давления от датчика давления в откатном коллекторе при каждом открытии ОК. Контроллер может соотнести данный скачок с ГУПКВ (или положением двигателя), при котором происходит данный скачок, для определения моментов открытия и закрытия ОК.

Способ далее следует на шаг 1106 для определения того, превышает ли абсолютное значение разности фактических перепада давления или фаз газораспределения, определенных на шаге 1104, и ожидаемых перепада давления или фаз газораспределения, определенных на шаге 1102, пороговую разность. Способ на шаге 1106 может предусматривать определение данной разности для каждого из клапанов БОКСПВ, ПКлОК и ОК. Пороговая разность может представлять собой разность, не равную нулю и указывающую на то, что клапаны находятся в положении, отличном от необходимого, или их фазы газораспределения отличны от необходимых. Например, данная разность может представлять собой разность, указывающую на то, что клапан БОКСПВ находится в неправильном положении (например, открыт вместо того, чтобы быть закрытым, или закрыт вместо того, чтобы быть открытым). В другом примере данная разность может представлять собой разность, указывающую на то, что фазы газораспределения ОК отличны от необходимых (или заданных командой) на пороговое число ГУПКВ. Данные разности могут привести к ухудшению работы двигателя, например, снижению отдачи по крутящему моменту, росту выбросов и/или ухудшению характеристик турбоагнетателя или устройств снижения токсичности выбросов.

Если абсолютное значение разности фактических перепада давления или фаз газораспределения и ожидаемых перепада давления или фаз газораспределения не превышает пороговую разность, способ следует на шаг 1110 для продолжения эксплуатации клапанов с установленными положениями и/или фазами газораспределения в зависимости от текущих параметров работы двигателя (например, по способу 400, раскрытому выше на примере ФИГ. 4А-4В). Например, если разность фактических перепада давления или фаз газораспределения и ожидаемых перепада давления или фаз газораспределения не превышает пороговую, клапаны могут быть исправны и находиться в своих заданных командой или установленных положениях.

Альтернативно, если на шаге 1106 разность фактических перепада давления или фаз газораспределения и ожидаемых перепада давления или фаз газораспределения выше пороговой, способ следует на шаг 1108, на котором регулируют заданные командой положение/фазы газораспределения выявленного клапана (клапанов), указывают наличие неисправности выявленного клапана (клапанов), и/или регулируют другой клапан для подачи необходимых количеств РОГ и продувочного воздуха в заборный канал. Как раскрыто выше, способ 1100 можно выполнять для одного, нескольких или каждого из клапанов ОК, БОКСПВ и ПКлОК. Поэтому способ следует на шаг 1108, на котором выполняют вышеуказанные действия для всех или любого из клапанов, разность фактических перепада давления или фаз газораспределения и ожидаемых перепада давления или фаз газораспределения которых выше соответствующей пороговой разности. В одном примере контроллер может указать наличие неисправности выявленного клапана (клапанов) путем установки диагностического флажкового индикатора и/или извещения водителя транспортного средства о необходимости ремонта или замены выявленного клапана (клапанов) (например, посредством звукового или визуального сигнала). В другом примере контроллер может установить выявленный клапан (клапаны) в необходимые (например, изначально заданные командой) положения или фазы газораспределения. Например, если будет диагностировано, что клапан

БОКСПВ находится в неправильном положении, способ на шаге 1108 может предусматривать установку клапана в необходимое положение (например, открытое или закрытое), после чего контроллер может повторно провести диагностику для проверки того, был ли клапан БОКСПВ перемещен в необходимое положение. В другом
5 примере, если выявленным клапаном является ОК, способ на шаге 1108 может предусматривать дополнительное изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК за пределы необходимого или ранее заданного командой уровня, если фактические фазы газораспределения установлены с большим опережением, чем необходимые фазы. Таким образом, регулирование положений или фаз
10 газораспределения клапанов на шаге 1108 может включать в себя компенсацию разности, определенной на шаге 1106 и, таким образом, обеспечение необходимого положения или фаз газораспределения клапанов. В еще одном примере, как будет подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 12-13, способ на шаге 1108 может включать в себя регулирование другого клапана, отличного от выявленного клапана, (например, одного
15 из исправных или правильно расположенных клапанов) для подачи необходимого потока РОГ или продувочного воздуха. Например, если будет выявлено, что клапан БОКСПВ находится в неправильном положении, на основании разности, определенной на шаге 1106, способ может предусматривать регулирование фаз газораспределения ОК для подачи необходимых РОГ и продувочного воздуха, но не регулирование клапана
20 БОКСПВ. В другом примере, если разность фактического и ожидаемого перепадов давления на БОКСПВ выше пороговой, поток РОГ в заборный канал можно привести к необходимому уровню за счет регулирования положения ПКЛОК и/или фаз газораспределения ОК, а не за счет регулирования положения клапана БОКСПВ. В еще одном примере, если будет установлено, что ПКЛОК находится в неправильном
25 положении, контроллер может вместо него отрегулировать клапан БОКСПВ для подачи необходимого потока РОГ и продувочного воздуха. В еще одном примере способ на шаге 1108 может предусматривать регулирование потока отработавших газов из ОК в заборный канал за счет регулирования только клапана БОКСПВ, но не фаз газораспределения ОК, если фактический момент открытия ОК отличен от ожидаемого
30 на пороговую величину. Так можно обеспечить необходимый поток РОГ и продувочного воздуха в заборный канал, даже если один или несколько из вышеуказанных клапанов неисправны или находятся в неправильном положении.

Таким образом, положение клапана БОКСПВ и/или ПКЛОК, и/или фазы газораспределения ОК можно диагностировать по выходному сигналу датчика давления,
35 расположенного в откатном выпускном коллекторе. Если будет диагностировано то, что какой-либо клапан неисправен или находится в неправильном положении, может быть выдана команда установить его в другое положение, и/или можно отрегулировать другой клапан для обеспечения необходимых параметров работы (например, необходимого потока РОГ или давления в первом выпускном коллекторе). Технический эффект, достигаемый за счет диагностики клапана БОКСПВ, ПКЛОК и/или ОК по давлению в откатном коллекторе, состоит в упрощении выявления неисправности клапанов (например, определения того, что может быть нужно отремонтировать или
40 заменить клапан) и в возможности подачи необходимого потока РОГ или количества продувочного воздуха в заборный канал, даже если один или несколько из этих клапанов находятся в неправильном положении или неисправны, за счет регулирования другого клапана. Так можно поддержать КПД двигателя и топливную экономичность, даже если будет диагностировано, что один или нескольких клапанов неисправны или находятся в неправильном положении.

В вариантах осуществления, где система двигателя с разветвленной выпускной системой содержит клапан горячей трубы или клапан РОГ среднего давления (например, клапан 32 горячей трубы и клапан 59 РОГ среднего давления на ФИГ. 1А), способ 1100 может дополнительно предусматривать диагностирование положений этих клапаны аналогично диагностированию клапана БОКСПВ и ПКЛОК, как раскрыто выше.

На ФИГ. 12 раскрыт способ 1200 для регулирования потока РОГ и продувочного воздуха в заборный канал из откачного коллектора путем регулирования работы одного или нескольких клапанов системы двигателя. К способу 1200 можно перейти с шага 1012 способа 1000 или шага 1108 способа 1100, раскрытых выше. Например, способ 1200 можно выполнять в связи с изменением параметров работы двигателя (в том числе - с изменением положений клапанов, фаз газораспределения клапанов цилиндров, давлений в системе и т.п.), приводящих к изменению необходимой величины или расхода потока РОГ или необходимой величины или расхода потока продувочного воздуха в заборный канал из откачного выпускного коллектора (например, откачного коллектора). К выполнению способа 1200 можно, дополнительно или взамен, переходить от одного или нескольких других раскрытых в настоящем описании (например, на примерах ФИГ. 4-10) способов, в которых речь идет об изменении (например, увеличении или уменьшении) потока РОГ или потока продувочного воздуха в заборный канал.

Выполнение способа 1200 начинают на шаге 1202 с определения наличия запроса увеличения РОГ. В одном примере запрос увеличения РОГ (например, из откачного коллектора 80, через магистраль 50 РОГ, в заборный канал, как раскрыто на ФИГ. 1А) может быть в наличии, если оценочный расход потока РОГ меньше необходимого расхода потока РОГ (речь о котором шла выше на примере ФИГ. 10). В другом примере запрос увеличения РОГ может быть в наличии после холодного пуска двигателя, когда клапан БОКСПВ был закрыт или как минимум частично закрыт. Кроме того, запрос увеличения РОГ может быть сформирован в связи с падением температуры на выходе компрессор турбонагнетателя ниже пороговой, возрастанием температуры на входе компрессор турбонагнетателя выше пороговой, и/или падением числа оборотов компрессора ниже порогового. Если запрос увеличения РОГ (например, увеличения величины потока отработавших газов из цилиндров двигателя в заборный канал через откачные выпускные клапаны (ОК) и откачной коллектор) в наличии, способ следует на шаг 1204 для регулирования одного или нескольких исполнительных устройств двигателя для увеличения потока РОГ из откачного коллектора в заборный канал. Увеличение РОГ на шаге 1204 может включать в себя открытие клапана БОКСПВ на шаге 1206, и/или изменение в сторону опережения фаз газораспределения (например, моментов открытия и закрытия) ОК на шаге 1208, и/или закрытие ПКЛОК на шаге 1210. Открытие клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А) может включать в себя направление контроллером сигнала приводу клапана БОКСПВ полностью открыть или увеличить величину прохода (но не открывать полностью) клапана БОКСПВ. Аналогичным образом, закрытие ПКЛОК (например, ПКЛОК 97 на ФИГ. 1А) может включать в себя направление контроллером сигнала приводу ПКЛОК полностью закрыть или уменьшить величину прохода (но не закрывать полностью) ПКЛОК. Кроме того, изменение в сторону опережения фаз газораспределения ОК может включать в себя направление контроллером сигнала приводу ОК (например, ОК 6 на ФИГ. 1А) изменить в сторону опережения фазы газораспределения только ОК или всех выпускных клапанов (например, если ОК и ПК управляют посредством одного и того же привода и системы изменения фаз кулачкового распределения). Способ на шаге 1204 может предусматривать выбор одной или нескольких из регулировок на

шагах 1206, 1208 и 1210 для увеличения РОГ до необходимого уровня в зависимости от параметров работы двигателя, как подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 13.

Если на шаге 1202 отсутствует запрос увеличения РОГ, способ следует на шаг 1212 для определения наличия запроса уменьшения РОГ. В одном примере запрос уменьшения РОГ (например, из откачного коллектора 80 через магистраль 50 РОГ, как раскрыто на ФИГ. 1А) может быть в наличии, если оценочный расход потока РОГ превышает необходимый расход потока РОГ (речь о котором шла выше на примере ФИГ. 10). Например, в связи с каким-либо состоянием компрессора турбонагнетателя, в том числе - образованием конденсата в компрессоре, и/или тем, что температура на входе компрессора ниже нижней пороговой температуры, и/или температура на выходе компрессора выше верхнего порога температура, и/или число оборотов компрессора выше порогового), может быть запрошено уменьшение потока РОГ в заборный канал выше по потоку от компрессора. Если запрос уменьшения РОГ (например, уменьшения величины потока отработавших газов из цилиндров двигателя в заборный канал через откачные выпускные клапаны (ОК) и откачной коллектор) в наличии, способ следует на шаг 1214 для регулирования одного или нескольких исполнительных устройств двигателя для уменьшения потока РОГ из откачного коллектора в заборный канал. Уменьшение РОГ на шаге 1214 может включать в себя закрытие (или уменьшения величины прохода) клапана БОКСПВ на шаге 1216, и/или изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения (например, моментов открытия и закрытия) ОК на шаге 1218, и/или открытие (или увеличение величины прохода) ПКЛОК на шаге 1220. Способ на шаге 1214 может предусматривать выбор одной или нескольких из регулировок на шагах 1216, 1218 и 1220 для уменьшения РОГ до необходимого уровня в зависимости от параметров работы двигателя, как подробнее раскрыто ниже на примере ФИГ. 13.

Если запрос уменьшения РОГ отсутствует, способ следует на шаг 1222 для определения наличия запроса увеличения продувки (ПВ). Как разъяснялось выше, увеличение продувки может включать в себя увеличение количества свежего негоревшего воздуха (или смеси всасываемого воздуха из впускного коллектора, в которой как минимум некоторое количество всасываемого воздуха не участвовало в сгорании), текущего из впускного клапана в ОК в период перекрытия впускного клапана и ОК и далее в заборный канал через откачной коллектор и магистраль РОГ. В одном примере запрос увеличения продувки может быть в наличии в связи с превышением пороговой температуры на выходе компрессора, детонацией в двигателе и/или помпажем компрессора. Если запрос увеличения продувки в наличии, способ следует на шаг 1224 для увеличения продувки путем изменения в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК на шаге 1226, и/или изменения в сторону опережения фаз газораспределения впускных клапанов (ВК) на шаге 1228, и/или закрытия ПКЛОК, и/или открытия клапана БОКСПВ на шаге 1230. Например, результатом увеличения перекрытия открытых ОК и ВК одного и того же цилиндра (например, увеличение количества времени, в течение которого ОК и ВК одного и того же цилиндра открыты одновременно) может стать увеличение количества продувочного воздуха, подаваемого во впускную систему. А именно, увеличение перекрытия открытых ВК и ОК может включать в себя изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК (например, изменение в сторону запаздывания момента закрытия ОК) и/или изменение в сторону опережения фаз газораспределения ВК (например, изменение в сторону опережения момента открытия ВК). В одном примере увеличение величины прохода (или полное открытие) клапана БОКСПВ и/или уменьшение величины прохода (или

полное закрытие) ПКЛОК позволяет увеличить количество продувочного воздуха, текущего из цилиндров двигателя в заборный канал. При этом, если клапан БОКСПВ уже полностью открыт, а ПКЛОК уже полностью закрыт, способ на шаге 1224 может включать в себя изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК и/или изменение в сторону опережения фаз газораспределения ВК. Кроме того, если величина запаздывания фаз газораспределения ОК уже является максимальной, способ на шаге 1224 может включать в себя изменение в сторону опережения фаз газораспределения ВК для увеличения продувки во впускную систему. Аналогичным образом, если фазы газораспределения впускных клапанов уже находятся в положении полного опережения, способ на шаге 1224 может включать в себя изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК для увеличения продувки. Кроме того, способ на шаге 1224 может предусматривать первое изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК, а затем изменение в сторону опережения фаз газораспределения ВК, если необходимый уровень продувки не будет достигнут, когда будет достигнута максимальная величина запаздывания фаз газораспределения ОК. В еще одном примере решение о регулировании нескольких исполнительных устройств двигателя на шаге 1224 может зависеть от величины запрашиваемого изменения количества продувочного воздуха. Например, если запрашиваемая продувка продолжает возрастать сверх текущего уровня, способ на шаге 1224 может предусматривать увеличение величины регулирования фаз газораспределения ОК, фаз газораспределения ВК и положений клапанов и/или регулирование не менее двух исполнительных устройств на шаге 1224 (например, одновременное изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК и изменение в сторону опережения фаз газораспределения ВК для обеспечения необходимого количества продувочного воздуха). Таким образом, увеличение продувки на шаге 1224 может включать в себя регулирование фаз газораспределения ОК, и/или фаз газораспределения ВК, и/или ПКЛОК, и/или клапана БОКСПВ в зависимости от их текущих фаз газораспределения и положений и величины запрашиваемого увеличения продувки.

Если запрос увеличения продувки отсутствует, способ следует на шаг 1232 для определения наличия запроса уменьшения продувки. В одном примере уменьшение продувки может запрошено в связи с тем, что турбина работает с числом оборотов ниже порогового и с нагрузкой выше пороговой, и/или расход через компрессор выше порогового (причем пороговый расход может представлять собой расход, при котором КПД компрессора падает, что приводит к нагреву наддувочного воздуха). Если запрос уменьшения продувки в наличии, способ следует на шаг 1234 для уменьшения продувки путем изменения в сторону опережения фаз газораспределения ОК на шаге 1236, и/или изменения в сторону запаздывания фаз газораспределения ВК на шаге 1238, и/или открытия ПКЛОК, и/или закрытия клапана БОКСПВ на шаге 1240. Например, уменьшение величины перекрытия открытых ОК и ВК одного и того же цилиндра (например, уменьшения количества времени, в течение которого ОК и ВК одного и того же цилиндра открыты одновременно) позволяет уменьшить количество продувочного воздуха, подаваемого во впускную систему. А именно, уменьшение величины перекрытия открытых ВК и ОК может включать в себя изменение в сторону опережения фаз газораспределения ОК (например, изменение в сторону опережения момента закрытия ОК) и/или изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ВК (например, изменение в сторону запаздывания момента открытия ВК). В одном примере уменьшение величины прохода (или полное закрытие) клапана БОКСПВ и/или увеличение величины прохода (или полное открытие) ПКЛОК позволяет уменьшить

количество продувочного воздуха, текущего из цилиндров двигателя в заборный канал. При этом, если клапан БОКСПВ необходимо оставить открытым для подачи запрашиваемого количества РОГ в заборный канал, способ на шаге 1234 может включать в себя изменение в сторону опережения фаз газораспределения ОК и/или изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ВК. Кроме того, если величина опережения фаз газораспределения ОК уже является максимальной, способ на шаге 1234 может включать в себя изменение в сторону запаздывания фаз газораспределения ВК для уменьшения продувки во впускную систему. Аналогичным образом, если фазы газораспределения впускных клапанов уже находятся в положении полного запаздывания, способ на шаге 1234 может включать в себя изменение в сторону опережения фаз газораспределения ОК для уменьшения продувки. Кроме того, способ на шаге 1234 может предусматривать первое изменение в сторону опережения фаз газораспределения ОК с последующим изменением в сторону запаздывания фаз газораспределения ВК, если запрашиваемый уровень продувки не будет достигнут при достижении максимальной величины опережения фаз газораспределения ОК. В еще одном примере решение о регулировании нескольких исполнительных устройств двигателя на шаге 1234 может зависеть от величины запрашиваемого изменения количества продувочного воздуха.

Например, в случае дальнейшего падения запрашиваемой продувки ниже текущего уровня, способ на шаге 1234 предусматривать увеличение величины регулирования фаз газораспределения ОК и фаз газораспределения ВК, или одновременное регулирование фаз газораспределения и ОК, и ВК для достижения необходимого количества продувочного воздуха.

Если запрос уменьшения продувки отсутствует, способ следует на шаг 1242 для поддержания без изменений текущих положений и фаз газораспределения клапанов. Затем выполнение способа 1200 завершают.

ФИГ. 13 изображает способ 1300 для выбора рабочего режима для регулирования потока отработавших газов (например, потока РОГ) из цилиндров двигателя в заборный канал через откатные выпускные клапаны и откатной выпускной коллектор. К способу 1300 можно перейти с шагов 1204 и 1214 способа 1200, раскрытого выше. Выполнение способа 1300 начинают на шаге 1302 с определения наличия условий для первого режима. В одном варианте условия для первого режима регулирования потока РОГ могут включать в себя запрашиваемое изменение потока РОГ во впускную систему выше порогового уровня. Пороговый уровень может представлять собой ненулевую пороговую величину потока РОГ, которую нельзя обеспечить за счет регулирования только одного исполнительного устройства. В другом варианте условия для первого режима регулирования потока РОГ во впускную систему могут включать в себя диагностирование того, что ни клапан БОКСПВ, ни ОК не находятся в неправильном положении и исправны (например, при выполнении способа 1100, раскрытого выше на примере ФИГ. 11). Если на шаге 1302 условия для первого режима соблюдены, способ следует на шаг 1304 для регулирования и клапана БОКСПВ, и фаз газораспределения ОК для регулирования величины потока РОГ в заборный канал. Например, способ на шаге 1304 может предусматривать совместное и одновременное регулирование положения клапана БОКСПВ и фаз газораспределения ОК для регулирования потока РОГ до необходимого уровня (например, для увеличения или уменьшения потока РОГ, как раскрыто выше на примере ФИГ. 12). В другом примере способ на шаге 1304 может предусматривать сначала регулирование только положения клапана БОКСПВ или только фаз газораспределения ОК, а затем, непосредственно

после регулирования первого исполнительного устройства, регулирование соответственно либо положения клапана БОКСПВ, либо фаз газораспределения ОК. Таким образом, регулирование (например, открытие) клапана БОКСПВ позволяет отрегулировать (например, увеличить или уменьшить) поток РОГ на первую величину, а регулирование фаз газораспределения ОК (например, изменение в сторону опережения или запаздывания) позволяет отрегулировать поток РОГ на вторую величину. Так можно отрегулировать поток РОГ в большей степени путем регулирования и положения клапана БОКСПВ, и фаз газораспределения ОК в первом режиме.

Если на шаге 1302 условия для первого режима отсутствуют, способ следует на шаг 1306 для определения наличия условий для второго режима регулирования потока РОГ. В одном варианте в число условий для второго режима могут входить: невозможность дальнейшего регулирования фаз газораспределения ОК для запрашиваемого в текущий момент направления регулирования потока РОГ и/или нахождение клапана БОКСПВ в частично открытом положении и наличие запроса и увеличения потока РОГ, и увеличения количества продувочного воздуха из ОК в заборный канал. Например, дополнительное регулирование фаз газораспределения ОК может не быть возможно, если уже достигнута максимальная величина их запаздывания (в случае уменьшения потока РОГ) или опережения (в случае увеличения потока РОГ). В другом варианте условия для второго режима могут дополнительно или взамен включать в себя превышение пороговой разности фактических и ожидаемых фаз газораспределения ОК (например, как разъяснялось выше на примере способа 1100 на ФИГ. 11). Таким образом, если будет диагностировано, что фазы газораспределения ОК не являются правильными или ОК неисправны, их можно не использовать для регулирования потока РОГ. В данном случае можно регулировать клапан БОКСПВ для регулирования потока РОГ до необходимого уровня в зависимости от фактических фаз газораспределения ОК. Если условия для второго режима будут соблюдены на шаге 1306, способ следует на шаг 1308 для регулирования только клапана БОКСПВ для регулирования потока РОГ до необходимого уровня. Например, способ на шаге 1308 может предусматривать регулирование только положения клапана БОКСПВ (например, увеличение или уменьшение величины прохода или регулирование положения между полностью открытым и полностью закрытым положениями) для регулирования потока РОГ до необходимого уровня, но не регулирование фаз газораспределения ОК.

Если на шаге 1306 условия для второго режима отсутствуют, способ следует на шаг 1310 для определения наличия условий для третьего режима регулирования потока РОГ. В одном варианте в число условий для третьего режима могут входить: клапан БОКСПВ уже в полностью открытом положении и запрос увеличения потока отработавших газов из ОК в заборный канал. В другом варианте в число условий для третьего режима может дополнительно или взамен входить разность фактического и ожидаемого перепадов давления на клапане БОКСПВ выше порога (например, как разъяснялось выше на примере способа 1100 на ФИГ. 11). Таким образом, если будет диагностировано, что клапан БОКСПВ находится в неправильном положении или неисправен, его можно не использовать для регулирования потока РОГ. Если на шаге 1310 условия для третьего режима будут соблюдены, способ следует на шаг 1312 для регулирования только фаз газораспределения ОК для регулирования потока РОГ. Например, способ на шаге 1312 может предусматривать изменение в сторону опережения или запаздывания фаз газораспределения ОК для регулирования потока РОГ до необходимого уровня, но не регулирование клапана БОКСПВ. Например, если клапан БОКСПВ уже полностью открыт и имеет место запрос увеличения потока РОГ, способ

на шаге 1312 предусматривает поддержание клапана БОКСПВ в полностью открытом положении и регулирование фаз газораспределения ОК для регулирования потока РОГ до необходимого уровня.

Если на шаге 1310 условия для третьего режима отсутствуют, способ следует на шаг 1314 для оставления без изменений текущих фаз газораспределения ОК и текущего положения клапана БОКСПВ. Затем выполнение способа 1300 завершают.

ФИГ. 22 изображает график 2200 управления одним или несколькими исполнительными устройствами двигателя для регулирования потока РОГ и потока продувочного воздуха в заборный канал из откачных выпускных клапанов. А именно, график 2200 представляет изменения потока РОГ на кривой 2202, изменения потока продувочного воздуха (ПВ) на кривой 2204, изменения положения клапана БОКСПВ на кривой 2206, изменения фаз газораспределения ОК на кривой 2208 (относительно фаз по умолчанию D1 для оптимальной топливной экономичности, максимальной величины опережения МО (МА) и максимальной величины запаздывания (МЗ) MR), изменения положения ПКЛОК на кривой 2210, изменения фаз газораспределения ВК на кривой 2212 (относительно фаз по умолчанию D2 для оптимальной топливной экономичности, максимальной величины опережения МО и максимальной величины запаздывания МЗ), изменения разности фактического и ожидаемого перепадов давления на клапане БОКСПВ (например, во время диагностики клапанов) на кривой 2214 и изменения разности фактических и ожидаемых фаз газораспределения ОК на кривой 2216.

До момента t_1 клапан БОКСПВ полностью открыт, ПКЛОК полностью закрыт, фазы газораспределения ВК представляют собой фазы по умолчанию D2, а фазы газораспределения ОК - фазы по умолчанию D1. В момент t_1 может иметь место запрос увеличения потока РОГ в заборный канал до первого уровня. В связи с данным запросом и тем, что клапан БОКСПВ уже находится в полностью открытом положении, фазы газораспределения ОК изменяют в сторону опережения для увеличения потока РОГ до первого уровня. Изменение в сторону опережения фаз газораспределения ОК также может увеличить продувку. Таким образом, в момент t_2 имеет место запрос увеличения продувки. При этом, поскольку потребность в потоке РОГ может все еще оставаться на первом уровне, фазы газораспределения впускных клапанов изменяют в сторону опережения в момент t_2 , а фазы газораспределения ОК оставляют в положении опережения.

До момента t_3 разность фактических и ожидаемых фаз газораспределения ОК возрастает сверх порога T2. Далее, в момент t_3 , может быть запрошено уменьшение потока РОГ и продувочного воздуха. Поэтому, в связи с этим запросом и результатом диагностики фаз газораспределения ОК, в момент t_3 клапан БОКСПВ закрывают для уменьшения потока РОГ и ПВ. Кроме того, поскольку клапан БОКСПВ закрыт, фазы газораспределения впускных клапанов можно вернуть в положение фаз по умолчанию D2. Между моментами t_3 и t_4 положение клапана БОКСПВ можно регулировать между полностью открытым и полностью закрытым положениями для обеспечения необходимого потока РОГ во впускную систему. В других вариантах, где клапан БОКСПВ является бесступенчато-регулируемым с возможностью установки во множество положений между полностью открытым и полностью закрытым положениями и в них, клапан БОКСПВ может быть установлен и оставлен в частично закрытом положении, обеспечивающем необходимый поток РОГ во впускную систему (например, вместо регулирования). До момента t_4 разность фактических и ожидаемых фаз газораспределения ОК может вновь упасть ниже порога T2. В момент t_4 может

вновь иметь место запрос увеличения РОГ, но до второго уровня, который выше первого уровня, запрашиваемого в момент t_1 . В связи с тем, что запрос возрос и может превышать пороговое увеличение потока РОГ, в момент t_4 клапан БОКСПВ открывают, а фазы газораспределения ОК изменяют в сторону опережения. В момент t_4 также можно изменить в сторону опережения фазы газораспределения ВК для поддержания ПВ на необходимом уровне. Таким образом, одновременно регулируют и клапан БОКСПВ, и фазы газораспределения ОК для регулирования потока РОГ до запрашиваемого второго уровня.

В момент t_5 может быть запрошено уменьшение потока РОГ. При этом непосредственно перед моментом t_5 разность фактического и ожидаемого перепадов давления на клапане БОКСПВ может превысить порог T_1 . В соответствии с указанным запросом и результатом диагностики клапана БОКСПВ, фазы газораспределения ОК изменяют в сторону запаздывания. При этом в момент t_6 может быть достигнута максимальная величина запаздывания фаз газораспределения ОК, при этом может быть нужно дальнейшее уменьшение потока РОГ. Поэтому можно открыть ПКЛОК для дальнейшего уменьшения потока РОГ в заборный канал. Таким образом, в разных рабочих режимах можно регулировать одно или несколько исполнительных устройств (например, клапан БОКСПВ, фазы газораспределения ОК, фазы газораспределения ВК и/или ПКЛОК) для обеспечения необходимого потока РОГ и потока ПВ. Например, в первом режиме, как видно в момент t_4 , регулируют и фазы газораспределения ОК, и клапан БОКСПВ для подачи необходимого потока РОГ в заборный канал. В качестве другого примера, во втором режиме, как видно в момент t_3 , регулируют только клапан БОКСПВ для подачи необходимого потока РОГ, так как было диагностировано, что фазы газораспределения ОК не находятся в правильном положении (и клапаны могут функционировать неисправно). В это время также регулируют фазы газораспределения ВК для поддержания необходимого потока ПВ. Кроме того, в третьем режиме, как видно в момент t_5 , поток РОГ регулируют только за счет регулирования фаз газораспределения ОК, так как было диагностировано, что клапан БОКСПВ функционирует неисправно и/или находится в неправильном положении. При этом в момент t_6 , при достижении максимальной величины запаздывания фаз газораспределения ОК, в дополнение к изменению в сторону запаздывания фаз газораспределения ОК открывают ПКЛОК для достижения более высокого запрашиваемого уровня РОГ. Согласованное регулирование приводов различных клапанов (например, с учетом текущего положения, фаз газораспределения и/или неисправности или неправильного положения другого клапана) позволяет эффективно обеспечивать необходимые величины и потока РОГ, и потока ПВ в заборный канал через ОК. Технический эффект, достигаемый регулирование потока отработавших газов из откатных выпускных клапанов в заборный канал выше по потоку от компрессора за счет регулирования клапана БОКСПВ и/или фаз газораспределения откатных выпускных клапанов в различных режимах, раскрытых выше, состоит в возможности подачи необходимых потоков РОГ и продувочного воздуха во впускную систему, даже при отсутствии возможности регулирования клапана БОКСПВ или фаз газораспределения ОК. Кроме того, управление потоком РОГ в третьем режиме путем регулирования только фаз газораспределения ОК обеспечивает возможность подачи более равномерного потока РОГ, при котором происходит нагнетание фиксированного количества РОГ в заборный канал в каждом рабочем цикле двигателя. Например, такое управление потоком РОГ обеспечивает возможность применения двухпозиционного клапана РОГ, что упрощает управление клапаном РОГ и снижает себестоимость системы

двигателя.

ФИГ. 14 изображает способ 1400 для эксплуатации транспортного средства в режиме электрической тяги (например, режиме только электрической тяги). К способу 1400 можно перейти с шага 405 способа 400, раскрытого выше. Выполнение способа 1400 начинают на шаге 1402, на котором гибридно-электрическое транспортное средство приводят в движение только за счет крутящего момента мотора. Например, можно изменить положение одной или нескольких муфт для отсоединения коленчатого вала двигателя от электрической машины и соединенных с нею компонентов и соединения электрической машины с трансмиссией и колесами транспортного средства (например, электрической машины 161, трансмиссии 167 и муфт 166 на ФИГ. 1В). Таким образом, электрическая машина (например, мотор) может обеспечивать подвод крутящего момента колесам транспортного средства (за счет электропитания от тяговой аккумуляторной батареи).

На шаге 1404 способа определяют, ожидаем ли пуск двигателя. Например, контроллер может определить, что пуск двигателя (например, когда двигатель должен быть запущен для начала сгорания для создания крутящего момента для приведения транспортного средства в движение) ожидаем, по степени заряженности аккумуляторной батареи и требуемому водителем крутящему моменту. Например, если требуемый крутящий момент не может быть обеспечен за счет аккумуляторной батареи (при текущей степени заряженности), может быть сформирован запрос пуска двигателя и эксплуатации транспортного средства в режиме тяги от двигателя. В другом примере, если требуемый крутящий момент может быть обеспечен за счет аккумуляторной батареи только на ограниченный период, может быть сформирован запрос пуска двигателя по прошествии данного ограниченного периода. В основе данного периода может лежать количество времени, необходимое для повышения давления во впускном коллекторе и/или температуры поршня сверх пороговых уровней для пуска двигателя с меньшим количеством выбросов, как подробнее раскрыто ниже. При этом, если требуемый крутящий момент может быть обеспечен за счет только аккумуляторной батареи (например, на период дольше ограниченного периода), в связи с чем пуск двигателя не ожидаем, способ может проследовать на шаг 1406 для определения того, происходит ли замедление транспортного средства. В одном примере замедление транспортного средства может происходить, если педаль акселератора отпущена и/или тормозная педаль нажата. В другом примере замедление транспортного средства может происходить, если падает частота вращения двигателя. Если замедление транспортного средства не происходит, способ следует на шаг 1407, на котором продолжают приводить транспортное средство в движение только за счет крутящего момента мотора. При этом, если контроллер установит, что замедление транспортного средства происходит, способ следует на шаг 1408 для отключения всех продувочных выпускных клапанов (например, первых выпускных клапанов 8 на ФИГ. 1А) цилиндров двигателя и вращения двигателя (посредством коленчатого вала) за счет крутящего момента от колес транспортного средства вместо зарядки аккумуляторной батареи. В одном примере отключение всех продувочных выпускных клапанов может включать в себя отключение контроллером одной или нескольких приводных систем продувочных выпускных клапанов для удержания продувочных выпускных клапанов закрытыми для предотвращения прохода каких-либо газов в выпускной канал через цилиндры. В результате, никакие газы могут не проходить через выпускной канал, что обеспечивает снижение выбросов от двигателя. Результатом вращения (например, прокрутки коленчатого вала) двигателя во время замедления может стать прогрев двигателя и,

как следствие, увеличение работы двигателя и уменьшение выбросов от двигателя после его пуска.

Вернемся на шаг 1404: если пуск двигателя ожидаем, способ следует на шаг 1410 для определения того, осуществлять ли эксплуатацию в режиме с отключенными продувочными клапанами до пуска двигателя (например, до начала зажигания в двигателе). В одном варианте контроллер может решить эксплуатировать двигатель в режиме с отключенной продувкой, если давление во впускном коллекторе выше порогового. В основе порогового давления может лежать давление во впускном коллекторе, при котором возможны повышенные выбросы сразу после пуска двигателя. В одном примере пороговое давление может представлять собой давление не ниже атмосферного. В другом варианте контроллер может решить эксплуатировать двигатель не в режиме с отключенной продувкой, а в режиме продленной прокрутки коленчатого вала, если температура поршня ниже пороговой. Пороговая температура может представлять собой пороговую температура для перезапуска двигателя с меньшим количеством выбросов. Например, результатом пуска двигателя, когда температура поршня ниже пороговой, может стать возросшее количество выбросов. В одном примере решение об эксплуатации в режиме с отключенными продувочными клапанами или в режиме продленной прокрутки коленчатого вала можно принимать в зависимости от пороговой температуры цилиндра (или поршня), при которой происходит испарение топлива. То есть решение на шаге 1410 также может зависеть от типа топлива. Если температура поршня (или цилиндра) ниже пороговой температуры, могущей представлять собой температуру, нужную для испарения используемого в текущий момент типа топлива, контроллер может решить эксплуатировать двигатель в режиме продленной прокрутки коленчатого вала на шаге 1410

Если на шаге 1410 будет выбран режим с отключенными продувочными клапанами, способ следует на шаг 1412 для отключения всех продувочных выпускных клапанов (например, отключения продувочного выпускного клапана 8 каждого цилиндра, как раскрыто на ФИГ. 1А) до начала прокрутки коленчатого вала двигателя. В результате, газы, проходящие через цилиндры двигателя, могут не течь в выпускной канал. На шаге 1414 способ предусматривает циркуляцию газов через цилиндры двигателя и обратно во вход компрессора турбонагнетателя (например, компрессора 162 на ФИГ. 1А) через откачной выпускной коллектор (например, второй выпускной коллектор 80 на ФИГ. 1А) и откачные выпускные клапаны (например, откачные выпускные клапаны 6 на ФИГ. 1А) для понижения давления во впускном коллекторе. Таким образом, газы могут поступать в цилиндры двигателя через впускной коллектор, покидать цилиндры двигателя через откачной выпускной клапан каждого цилиндра и далее течь в откачной выпускной коллектор, по магистрали РОГ, в заборный канал, и обратно во впускной коллектор. Этот процесс можно повторять в течение нескольких оборотов коленчатого вала. Например, способ на шаге 1414 можно повторно выполнять до тех пор, пока давление в коллекторе не упадет ниже нижнего порогового давления, или до появления какого-либо указания на то, что двигатель нужно запустить. На шаге 1416, если будет решено, что настало время для пуска двигателя (например, на основании того, что давление во впускном коллекторе упало ниже нижнего порогового давления для пуска двигателя, и/или того, что аккумуляторная батарея больше не способна обеспечивать требуемый крутящий момент), способ следует на шаг 1418 для определения того, находится ли каталитический нейтрализатор в выпускном канале (например, устройство 70 и/или 72 снижения токсичности выбросов на ФИГ. 1А) при температуре активации. Если каталитический нейтрализатор не находится при температуре активации, способ

следует на шаг 1420 для возобновления работы продувочных выпускных клапанов внутренних цилиндров, при этом оставляя продувочные выпускные клапаны наружных цилиндров выключенными и осуществляя зажигание в цилиндрах. Например, внутренние цилиндры могут представлять собой цилиндры, ориентированные внутрь и
5 расположенные между наружными цилиндрами двигателя (например, как раскрыто на ФИГ. 1А, цилиндры 14 и 16 представляют собой внутренние цилиндры, а цилиндры 12 и 18 - наружные цилиндры). Это может способствовать ускорению достижения каталитическим нейтрализатором (нейтрализаторами) соответствующих температур активации. Альтернативно, если на шаге 1418 каталитический нейтрализатор находится
10 при температуре активации, способ следует на шаг 1422 для возобновления работы всех продувочных выпускных клапанов всех цилиндров, впрыска топлива в каждый из цилиндров и возобновления сгорания в каждом из цилиндров. В результате, транспортное средство может начать работу в режиме тяги от двигателя (например, в режиме тяги только от двигателя или в режиме с поддержкой) и перестать работать в
15 режиме только электрической тяги.

Вернемся на шаг 1410: если будет установлено, что двигатель следует эксплуатировать в режиме продленной прокрутки коленчатого вала, а не в режиме с отключенными продувочными клапанами, способ следует с шага 1410 на шаг 1424. На шаге 1424 способ предусматривает работу в режиме продленной прокрутки коленчатого вала путем
20 медленного вращения двигателя без подачи топлива посредством мотора (например, электромотора). Способ на шаге 1424 также предусматривает нагрев каждого цилиндра во время такта сжатия в цилиндре. Например, способ на шаге 1424 может предусматривать, во время приведения в движение гибридного транспортного средства только за счет крутящего момента мотора и до перезапуска двигателя, вращение
25 двигателя без подачи топлива за счет крутящего момента мотора с частотой вращения ниже пороговой. В данном случае электромотор транспортного средства может приводить в движение транспортное средство и вращать двигатель. В одном примере пороговая частота вращения может представлять собой частоту прокрутки коленчатого вала двигателя. То есть двигатель можно вращать с частотой, ниже частоты, при
30 которой происходило бы вращение двигателя стартером во время прокрутки коленчатого вала и перезапуска двигателя. Например, во время прокрутки коленчатого вала двигателя двигатель можно вращать без подачи топлива посредством стартера с частотой 150 об./мин. Для сравнения, во время медленного вращения для нагрева цилиндров, двигатель можно вращать с частотой 10-30 об./мин посредством
35 электромотора/генератора гибридного транспортного средства. В других примерах пороговая частота, при которой или ниже которой двигатель медленно вращают, может быть выше или ниже в зависимости от таких параметров работы, как температура масла, температура окружающей среды или ШВП (NVH). В одном примере медленное вращение двигателя можно начать с цилиндра (например, первого цилиндра),
40 выбранного в зависимости от близости положения поршня цилиндра к ВМТ такта сжатия. Например, контроллер может выявить цилиндр, чей поршень расположен наиболее близко к ВМТ такта сжатия или в положении, в котором происходит сжатие на как минимум пороговом уровне. Затем двигатель вращают так, чтобы происходил нагрев последовательно каждого цилиндра во время такта сжатия в нем. В ходе
45 вращения может происходить охлаждение каждого цилиндра во время рабочего такта в нем, следующего непосредственно за тактом сжатия. При этом нагрев цилиндра во время такта сжатия может быть больше, чем охлаждение цилиндра во время рабочего такта, благодаря чему в итоге происходит нагрев каждого цилиндра за счет эффекта

теплового насоса. Во время такта сжатия в каждом цилиндре происходит сжатие заряда воздуха и, как следствие, выработка тепла. Вращение двигателя таким образом, чтобы происходило удержание цилиндра в такте сжатия, позволяет осуществлять передачу тепла от сжатого воздуха стенкам цилиндра, головке блока цилиндров и поршню цилиндра, повышая температуру двигателя.

Далее, на шаге 1426, способ предусматривает дросселирование клапана БОКСПВ (например, первого клапана 54 РОГ на ФИГ. 1А) или клапана горячей трубы (например, третьего клапана 32 на ФИГ. 1А) для повышения крутящего момента при прокрутке коленчатого вала и, в результате, дополнительного нагрева двигателя. В одном примере дросселирование клапана БОКСПВ или клапана горячей трубы может включать в себя как минимум частичное закрытие (или уменьшение величины прохода) клапана БОКСПВ или клапана горячей трубы. В некоторых примерах, на шаге 1426 впускной дроссель и клапан БОКСПВ можно закрыть для рециркуляции газов через цилиндры через горячую трубу (а не магистраль РОГ), когда клапан горячей трубы частично закрыт (например, дросселирован) для повышения крутящего момента при прокрутке коленчатого вала. В другом примере впускной дроссель может быть оставлен открытым, а клапан горячей трубы можно полностью закрыть для рециркуляции газов через цилиндры по магистрали РОГ (например, первой магистрали 50 РОГ на ФИГ. 1А), когда клапан БОКСПВ частично закрыт (например, дросселирован) для повышения крутящего момента при прокрутке коленчатого вала. На шаге 1428 способа определяют, настало ли время для пуска (например, перезапуска) двигателя. В одном примере двигатель не может быть запущен до тех пор, пока температура поршня не превысит пороговую. Если время для пуска двигателя не настало, способ совершает возврат на шаг 1424 и 1426 для продолжения работы в режиме продленной прокрутки коленчатого вала. Альтернативно, если время для пуска двигателя настало, способ следует на шаг 1422 для перезапуска двигателя, как раскрыто выше.

ФИГ. 23 изображает график 2300 эксплуатации гибридно-электрического транспортного средства в режиме электрической тяги для нагрева системы двигателя до пуска двигателя. А именно, график 2300 представляет скорость транспортного средства на кривой 2302, степень заряженности аккумуляторной батареи ЗС (SOC) на кривой 2304, давление во впускном коллекторе (ДВК) на кривой 2306, температуру поршня на кривой 2308, температуру каталитического нейтрализатора на кривой 2310, частоту вращения двигателя на кривой 2312, состояние включения продувочных выпускных клапанов (ПК) цилиндров на кривой 2314, положение клапана БОКСПВ (например, первого клапана 54 РОГ на ФИГ. 1А) на кривой 2316, положение клапана горячей трубы (например, клапана 32 на ФИГ. 1А) на кривой 2318 и положение впускного дросселя (например, дросселя 62 на ФИГ. 1А) на кривой 2320. Кривые построены по времени, значения которого указаны на оси х.

Транспортное средство может работать в режиме электрической тяги с возможностью приведения его в движение только за счет крутящего момента мотора до момента t_1 . Например, до момента t_1 условия для пуска двигателя могут отсутствовать. Между моментами t_1 и t_2 , по мере изменения требуемого водителем крутящего момента и, соответственно, скорости транспортного средства, может меняться СЗ аккумуляторной батареи, при этом СЗ аккумуляторной батареи падает тем быстрее, чем выше скорость транспортного средства. Когда транспортное средство приводят в движение за счет крутящего момента мотора между моментами t_1 и t_2 , температура поршня может быть ниже пороговой температуры T_1 , а ДВК может быть выше порогового давления P_1 .

В момент t_2 требуемый водителем крутящий момент и скорость транспортного

средства падают. Поэтому СЗ аккумуляторной батареи может перестать падать или падать с низким темпом. Вскоре после t_2 происходит событие замедления транспортного средства. Во время данного события, вместо рассеивания крутящего момента колес в виде тепла или зарядки за счет него аккумуляторной батареи, осуществляют ситуативное вращение двигателя без подачи топлива за счет колес, а продувочные выпускные клапаны всех цилиндров двигателя отключают. Например, как минимум некоторое количество крутящего момента колес применяют для вращения двигателя посредством мотора/генератора транспортного средства с кратковременным повышением частоты вращения двигателя. В результате вращения двигателя и отключения продувочных клапанов, происходит рециркуляция воздуха через двигатель через откатные выпускные клапаны, магистраль РОГ и открытый клапан БОКСПВ и, как следствие, повышение температуры поршня. Когда скорость транспортного средства падает, ситуативное вращение двигателя прекращают. В других вариантах, в системе двигателя, содержащей горячую трубу (например, горячую трубу 30 на ФИГ. 1А) между откатным выпускным коллектором и впускным коллектором ниже по потоку от впускного дросселя, впускной дроссель и клапан БОКСПВ можно закрыть, а клапан в горячей трубе - открыть, для рециркуляции воздуха через цилиндры двигателя через откатные выпускные клапаны и горячую трубу.

В момент t_3 событие замедления заканчивается, и скорость транспортного средства вновь возрастает. В момент t_4 может иметь место указание на, что ожидаем пуск двигателя. Если ДВК выше порогового давления P_1 , а температура поршня выше пороговой температуры T_1 , когда имеется указание на то, что пуск двигателя ожидаем, все ПК всех цилиндров двигателя вновь отключают. Когда клапан БОКСПВ открыт, происходит циркуляция газов через цилиндры двигателя и обратно в заборный канал через откатные выпускные клапаны, откатной выпускной коллектор и магистраль РОГ. В результате, давление во впускном коллекторе падает. В момент t_5 давление во впускном коллекторе падает ниже порогового давления P_1 . В результате, двигатель может быть запущен. При этом, поскольку температура каталитического нейтрализатора ниже температуры активации T_2 , может быть возобновлена работа ПК только внутренних цилиндров двигателя, а ПК наружных цилиндров оставляют отключенными. Затем, когда температура каталитического нейтрализатора превысит температуру активации T_2 в момент t_6 , работу ПК наружных цилиндров возобновляют.

По прошествии некоторого периода времени (например, после глушения двигателя и/или выключения зажигания транспортного средства), транспортное средство может возобновить работу в режиме электрической тяги с возможностью приведения его в движение полностью за счет крутящего момента мотора. В момент t_7 может появиться указание на то, что ожидаем пуск двигателя, при этом температура поршня ниже пороговой температуры T_1 . Поэтому транспортное средство можно эксплуатировать в режиме продленной прокрутки коленчатого вала, в котором двигатель медленно вращают без подачи топлива посредством электромотора (например, с частотой вращения ниже частоты вращения при прокрутке коленчатого вала). Во время вращения двигателя, клапан БОКСПВ может быть закрыт, клапан горячей трубы как минимум частично открыт, а впускной дроссель закрыт. Кроме того, клапан горячей трубы можно не открывать полностью (чтобы он был частично дросселирован) для повышения крутящего момента при прокрутке коленчатого вала и дополнительного нагрева двигателя. В результате данной операции, происходит нагрев воздуха в цилиндрах во время такта сжатия и его последующая рециркуляция по системе двигателя через откатные выпускные клапаны, откатной выпускной коллектор, горячую трубу и

впускной коллектор, в результате чего возрастает температура поршня. В момент t_8 температура поршня превышает пороговую температуру T_1 . Поэтому двигатель перезапускают, клапан БОКСПВ и впускной дроссель открывают, а клапан горячей трубы закрывают.

- 5 Таким образом, двигатель гибридного транспортного средства можно медленно прокручивать посредством мотора во время перехода из режима электрической тяги в режим тяги от двигателя для нагрева двигателя перед пуском двигателя. Медленное вращение двигателя без подачи топлива в течение периода до перезапуска двигателя обеспечивает возможность передачи тепла, выработавшегося из воздуха, сжатого в
- 10 цилиндре во время такта сжатия, стенкам и поршням цилиндров и обеспечивает преимущество, состоящее в возможности нагрева двигателя. Кроме того, дросселирование клапана горячей трубы (или клапана БОКСПВ, если осуществляют рециркуляцию газов по магистрали РОГ, а не по горячей трубе) позволяет повысить крутящий момент при прокрутке коленчатого вала и, тем самым, прогреть двигатель.
- 15 Таким образом, технический эффект, достигаемый вращением двигателя без подачи топлива за счет крутящего момента мотора при частоте ниже частоты вращения при прокрутке коленчатого вала с одновременным как минимум частичным дросселированием клапана БОКСПВ или клапана горячей трубы, состоит в повышении температуры поршня и остальных частей двигателя и, тем самым, уменьшении выбросов
- 20 при холодном пуске и ускорении пуска двигателя. В другом примере, отключение продувочных выпускных клапанов и рециркуляция воздуха через цилиндры двигателя, откачной выпускной коллектор и магистраль РОГ позволяет понизить давление во впускном коллекторе и/или повысить температуру двигателя. Таким образом, двигатель может быть запущен быстрее и, в целом, могут быть улучшены показатели двигателя
- 25 в части выбросов отработавших газов при холодном пуске и работа двигателя. Технический эффект, достигаемый отключением продувочных выпускных клапанов и циркуляцией воздуха через цилиндры двигателя в режиме электрической тяги, состоит в понижении давления во впускном коллекторе, повышении температуры двигателя и, как следствие, в ускорении пуска двигателя с одновременным уменьшением выбросов.
- 30 ФИГ. 15 иллюстрирует способ для эксплуатации системы двигателя в режиме глушения. К способу 1500 можно перейти с шага 426 способа 400, раскрытого выше. Выполнение способа 1500 начинают на шаге 1502 с определения того, выявлено ли или имеется ли указание на то, что событие глушения представляет собой глушение при выключении зажигания. В одном примере на то, что событие глушения является
- 35 событием глушения при выключении зажигания, может указывать получение контроллером сигнала выключения зажигания двигателя (водителем). В другом примере на то, что событие глушения является событием глушения при выключении зажигания, может указывать получение контроллером сигнала о том, что двигатель выключен (например, путем выключения зажигания), а транспортное средство поставлено на
- 40 стоянку. Таким образом, глушение при выключении зажигания может представлять собой глушение, при котором ожидают, что двигатель будет выключен на пороговое количество времени и не будет перезапущен в течение некоторого периода. Если глушение на шаге 1502 является глушением при выключении зажигания, способ следует на шаг 1504 для закрытия впускного дросселя (например, дросселя 62 на ФИГ. 1А) и
- 45 открытия клапана горячей трубы (например, клапана 32 на ФИГ. 1А) для перекачки несгоревших углеводородов в каталитический нейтрализатор (например, одно из устройств 70 и 72 снижения токсичности выбросов на ФИГ. 1А) в выпускном канале двигателя. В это время продувочные выпускные клапаны могут быть оставлены

включенными. Кроме того, способ на шаге 1504 может также предусматривать, во время закрытия впускного дросселя и открытия первого клапана горячей трубы, закрытие клапана БОКСПВ (например, клапана 54 на ФИГ. 1А). Это обеспечивает возможность рециркуляции несгоревших углеводородов из цилиндров двигателя обратно во впускной коллектор через откачные выпускные клапаны, откачной выпускной коллектор и горячую трубу (например, канал 30 на ФИГ. 1А). Затем рециркулируемые несгоревшие углеводороды могут быть перекачаны из цилиндров двигателя в выпускной канал, содержащий каталитический нейтрализатор, через продувочные выпускные клапаны. Это позволяет снизить количество углеводородов во время заглушенного состояния двигателя и поддерживать стехиометрическое воздушно-топливное отношение в каталитическом нейтрализаторе во время глушения и для последующего перезапуска.

На шаге 1506 способ предусматривает, во время прекращения вращения двигателя, открытие клапан БОКСПВ с последующим открытием дросселя. Например, в связи с прекращением вращения коленчатого вала двигателя, контроллер может задействовать привод клапана БОКСПВ для открытия клапана БОКСПВ и привод дросселя для открытия дросселя. Это позволяет уменьшить количество отработавших газов, оттягиваемых во впускную систему (например, в заборный канал) двигателя. Кроме того, способ на шаге 1506 может предусматривать сначала открытие клапана БОКСПВ, а затем, в связи с открытием клапана БОКСПВ, открытие дросселя.

Вернемся на шаг 1502: если глушение не является глушением при выключении зажигания, способ может определить, что глушение является глушением при частых пусках и остановках и в связи с этим перейти на шаг 1508. Например, контроллер может установить, что глушение представляет собой запрос глушения при частых пусках и остановках, на основании того, что транспортное средство останавливают на пороговый период, но зажигание не выключают (например, когда транспортное средство останавливают на красный сигнал светофора). На шаге 1508 способ предусматривает запуск глушения при частых пусках и остановках. Способ далее следует на шаг 1510 для блокирования (например, отключения) всех продувочных выпускных клапанов (например, клапанов 8 на ФИГ. 1А) двигателя и открытия клапана БОКСПВ после того, как произойдет срабатывание последнего из всех цилиндров двигателя. Иначе говоря, как только сработает последний цилиндр (например, последний цилиндр, в котором происходит сгорание, после чего будет прекращено срабатывание остальных цилиндров, и двигатель будет заглушен), контроллер может отключить привод продувочных выпускных клапанов, чтобы продувочные выпускные клапаны оставались закрытыми и не осуществляли сброс в выпускной канал. В результате, происходит рециркуляция газов из всех цилиндров двигателя во впускной коллектор через откачные выпускные клапаны и магистраль РОГ. Это понизит давление во впускном коллекторе во время выбега двигателя (например, когда частота вращения коленчатого вала падает до полной остановки).

На шаге 1512 способ предусматривает определение наличия запроса на перезапуск двигателя. В одном примере запрос на перезапуск двигателя может быть сформирован в связи с ростом требуемого крутящего момента из неподвижного положения транспортного средства. Например, если отпускают тормозную педаль и/или нажимают педаль акселератора транспортного средства, может быть сформирован запрос на перезапуск. Если запрос на перезапуск двигателя отсутствует, способ следует на шаг 1516, на котором продувочные выпускные клапаны оставляют заблокированными, а клапан БОКСПВ - в открытом положении. Альтернативно, при наличии запроса на перезапуск двигателя, способ следует на шаг 1514 для возобновления работы

продувочных выпускных клапанов сразу после начала операции начальной прокрутки коленчатого вала. Затем возобновляют нормальную работу двигателя. Например, выполнение способа можно завершить и/или вернуться к способу 400. Как разъяснялось выше, возобновление работы продувочных выпускных клапанов может включать в себя направление контроллером сигнала приводу продувочных выпускных клапанов для возобновления открытия и закрытия продувочных выпускных клапанов в заданные для них моменты.

ФИГ. 24 изображает график 2400 эксплуатации системы двигателя с разветвленной выпускной системой транспортного средства в режиме глушения. А именно, график 2400 представляет, включено ли или выключено ли зажигание транспортного средства, на кривой 2402, скорость транспортного средства на кривой 2404, положение дросселя на кривой 2406, положение клапана БОКСПВ на кривой 2408, положение клапана горячей трубы на кривой 2410, частоту вращения двигателя на кривой 2412 и состояние включения (например, «вкл.»/«откл.» или «разблокирован»/«блокирован») продувочных выпускных клапанов (ПК) на кривой 2414. Кривые построены по времени, значения которого указаны на оси х.

До момента t_1 двигатель работает, и скорость транспортного средства выше уровня неподвижности (например, уровня, при котором транспортное средство может быть неподвижно и не перемещаться). Кроме того, до момента t_1 все ПК всех цилиндров двигателя включены и срабатывают в заданные для них моменты (отличные от моментов открытия откатных выпускных клапанов). В момент t_1 скорость транспортного средства падает почти до нуля, что указывает на то, что транспортное средство остановлено. Зажигание двигателя в момент t_1 остается включенным. В связи с остановкой транспортного средства происходит запуск глушения при частых пусках и остановках. Это может включать в себя осуществление срабатывания последнего цилиндра двигателя в момент t_2 . Далее, в связи со срабатыванием последнего цилиндра двигателя, все ПК (например, каждый ПК каждого цилиндра) блокируют в момент t_2 , а клапан БОКСПВ открывают. В это время откатные выпускные клапаны могут быть оставлены включенными, поэтому газы из цилиндров двигателя направляют в заборный канал через откатной выпускной коллектор и магистраль РОГ. Когда ПК заблокированы, они могут оставаться закрытыми, поэтому не происходит направление никаких газов из цилиндров двигателя в выпускной канал двигателя. Непосредственно перед моментом t_3 в контроллер может поступить запрос на перезапуск двигателя (например, путем отпущения водителем тормозной педали и нажатия педали акселератора, что указывает на рост требуемого крутящего момента из остановленного положения). В момент t_3 прокручивают коленчатый вал, поэтому частота вращения двигателя начинает расти. При начальной прокрутке коленчатого вала в момент t_3 возобновляют работу ПК. Цилиндры начинают вновь срабатывать, и как минимум некоторое количество отработавших газов может быть направлено в выпускной канал через ПК. Нормальная работа двигателя возобновлена.

По прошествии некоторого периода времени, в момент t_4 скорость транспортного средства падает по существу до нуля, что указывает на то, что транспортное средство остановлено. В момент t_5 выключают зажигание двигателя (например, вручную выключает водитель транспортного средства). В связи с остановкой транспортного средства (например, на стоянке) и выключением двигателя посредством зажигания (например, выключения зажигания), дроссель закрывают, клапан БОКСПВ закрывают, а клапан горячей трубы открывают. В результате, происходит рециркуляция газов двигателя через откатной выпускной коллектор и горячую трубу и, как следствие,

падает давление во впускном коллекторе. При прекращении вращения двигателя (когда частота вращения двигателя достигает приблизительно нуля), открывают и дроссель, и клапан БОКСПВ.

Таким образом, во время глушения двигателя при выключении зажигания (как видно в момент t_5) или глушения при частых пусках и остановках (как видно в момент t_1), дроссельную заслонку, клапан БОКСПВ, ПК и/или клапан горячей трубы можно регулировать для уменьшения количества углеводородов во впускной системе двигателя, понижения давления во впускном коллекторе и регулирования воздушно-топливного отношения в каталитическом нейтрализаторе до стехиометрического или почти стехиометрического. Это позволяет уменьшить выбросы от двигателя во время глушения и улучшить работу двигателя (и уменьшить выбросы) во время последующего пуска или перезапуска двигателя. Технический эффект, достигаемый закрытием впускного дросселя и открытием клапана горячей трубы в ответ на запрос глушения двигателя (например, запросом выключения зажигания), состоит в уменьшении реверсирования двигателя и направлении несгоревших углеводородов в каталитический нейтрализатор в выпускной системе, тем самым уменьшая количество углеводородов в системе двигателя, и поддержании стехиометрического воздушно-топливного отношения в каталитическом нейтрализаторе. Технический эффект, достигаемый отключением ПК и открытием клапана БОКСПВ, состоит в рециркуляции газов через двигатель и, тем самым, снижении давления во впускном коллекторе, перед глушением двигателя.

ФИГ. 25 изображает график 2500 примера работы двигателя с разветвленной выпускной системой от пуска до глушения. А именно, график 2500 представляет состояние включения откачных выпускных клапанов (ОК, где «вкл.» означает «включен», а «откл.» - отключен) на кривой 2502, положение клапана БОКСПВ на кривой 2504, поток РОГ (например, по магистрали 50 РОГ и во вход компрессора, как раскрыто на ФИГ. 1А) на кривой 2506, температуру каталитического нейтрализатора отработавших газов (например, каталитического нейтрализатора одного из устройств 70 и 72 снижения токсичности выбросов на ФИГ. 1А) относительно температуры T_1 активации на кривой 2508, температуру у выхода компрессора турбонагнетателя (например, компрессора 162 на ФИГ. 1А) относительно пороговой температуры 12 на выходе на кривой 2509, положение впускного дросселя (например, дросселя 62 на ФИГ. 1А) на кривой 2510, состояние включения продувочных выпускных клапанов (ПК) наружных цилиндров (например, цилиндров 12 и 18 на ФИГ. 1А) на кривой 2512, состояние включения ПК внутренних цилиндров (например, цилиндров 14 и 16 на ФИГ. 1А) на кривой 2513, фазы кулачкового распределения впускных клапанов на кривой 2514 и выпускных клапанов (в число которых могут входить продувочные выпускные клапаны и откачные выпускные клапаны, если ими управляют посредством одной и той же системы изменения фаз кулачкового распределения) на кривой 2516 относительно их базовых фаз газораспределения В1 (примером базовых фаз кулачкового распределения впускных и выпускных клапанов может служить ФИГ. 3В, раскрытая выше), положение клапана горячей трубы (например, клапана 32 на ФИГ. 1А) на кривой 2518, положение ПКЛОК (например, ПКЛОК 97 на ФИГ. 1А), частоту вращения двигателя на кривой 2522 и нагрузку двигателя на кривой 2524. Кривые построены по времени, значения которого указаны на оси х.

До момента t_1 происходит пуск двигателя (например, в связи с включением зажигания водителем транспортного средства), при этом откачные выпускные клапаны включены по умолчанию. Поэтому может происходить открытие и закрытие откачных выпускных клапанов в заданные для них моменты в рабочем цикле двигателя. В момент t_1 клапан

БОКСПВ открывают для начальной прокрутки коленчатого вала. Поэтому поток РОГ начинает расти после t_1 (и может расти и падать с течением времени при открытии и закрытии клапана БОКСПВ соответственно). После срабатывания первого цилиндра, клапан БОКСПВ регулируют для регулирования потока РОГ до необходимого уровня.

5 Кроме того, между t_1 и t_2 клапан горячей трубы и ПКЛОК закрыты, а фазы газораспределения впускных и выпускных клапанов представляют собой соответствующие базовые фазы В1. В момент t_2 откатные выпускные клапаны могут быть отрегулированы (например, в связи с тем, что давление масла достигло порога для регулирования клапанов), поэтому откатные выпускные клапаны отключают
10 (например, выключают). После t_2 температура каталитического нейтрализатора все еще ниже его температуры T_1 активации. Поэтому ПК наружных цилиндров (например, цилиндров 12 и 18 на ФИГ. 1А) отключают для уменьшения потери тепла во время активации каталитического нейтрализатора. Кроме того, может происходить прогрев цилиндра за счет тепла от сжатия, так как во время отключенного состояния ПК
15 поддерживают поток воздуха во все цилиндры. Благодаря этому каталитический нейтрализатор может быть прогрет до температуры выше температуры T_1 активации.

В момент t_3 температура каталитического нейтрализатора превышает его температуру T_1 активации, а также может иметь место запрос увеличения потока РОГ в заборный канал через магистраль РОГ и откатной коллектор. В ответ на запрос на
20 увеличение потока РОГ, в момент t_3 клапан БОКСПВ оставляют открытым, а фазы газораспределения ОК изменяют в сторону опережения. Непосредственно перед моментом t_4 , нагрузка двигателя падает ниже пороговой L_1 , при этом дроссель установлен в частично закрытое положение (например, частично открытое положение дросселя). В связи с данным состоянием низкой нагрузки, в момент t_4 дроссель
25 закрывают, клапан БОКСПВ открывают, и клапан горячей трубы открывают для эксплуатации двигателя в режиме горячей трубы. В момент t_5 возрастает требуемый крутящий момент (и, как следствие, нагрузка двигателя). Поэтому можно включить электрический компрессор для повышения давления наддува. В связи с включением электрического компрессора, клапан БОКСПВ может быть закрыт. В момент t_6
30 электрический компрессор может быть выключен после того, как будет достигнуто целевое давление наддува, а также может иметь место запрос увеличения РОГ. В связи с данным запросом (который может превышать пороговую величину потока РОГ), клапан БОКСПВ открывают, а фазы газораспределения ОК изменяют в сторону опережения для увеличения потока РОГ. Кроме того, фазы газораспределения ВК
35 могут быть изменены в сторону опережения в момент t_6 для поддержания продувки во впускную систему на необходимом уровне с одновременным изменением в сторону опережения фаз газораспределения ОК для увеличения потока РОГ. Между моментами t_6 и t_7 нагрузка двигателя продолжает расти, поэтому поток РОГ в заборный канал выше по потоку от компрессора также растет.

40 В момент t_7 температура на выходе компрессора превышает пороговую температуру T_2 на выходе. В связи с этим, положение клапана БОКСПВ регулируют для уменьшения потока РОГ, ПКЛОК открывают, фазы газораспределения ОК изменяют в сторону запаздывания, а фазы газораспределения ВК изменяют в сторону опережения. В результате, происходит уменьшение потока РОГ в заборный канал выше по потоку от компрессора и падение температуры на выходе компрессора. В момент t_8 резко падает нагрузка двигателя, что может быть результатом снятия водителем стопы с педали акселератора. Поэтому может произойти событие отсечки топлива при замедлении (ОТЗ), при котором прекращают подачу топлива во все цилиндры двигателя. В связи

с прекращением подачи топлива во время события ОТЗ, все ПК всех цилиндров двигателя отключают. В других вариантах может быть отключена только часть ПК (например, ПК только внутренних или только наружных цилиндров, или трех из четырех цилиндров двигателя). В связи с окончанием события ОТЗ из-за возрастания нагрузки в момент t_9 , работу ПК и впрыск топлива в цилиндры двигателя возобновляют.

В момент t_{10} происходит остановка транспортного средства, поэтому нагрузка двигателя падает до нуля. В это время водитель транспортного средства может поставить транспортное средство на стоянку и выключить зажигание двигателя. В связи событием глушения при выключении зажигания в момент t_{10} , дроссель закрывают, клапан БОКСПВ закрывают, а клапан горячей трубы открывают. В результате происходит рециркуляция газов двигателя через откачной выпускной коллектор и горячую трубу и, как следствие, падение давления во впускном коллекторе. При прекращении вращения двигателя (когда частота вращения двигателя приблизительно достигает нуля) в момент t_{11} , дроссель и клапан БОКСПВ вновь открывают.

Таким образом, двигатель с разветвленной выпускной системой с откачным, первым, выпускным коллектором, направляющим РОГ и продувочный воздух во впускную систему двигателя выше по потоку от компрессора турбонагнетателя, и продувочным, вторым выпускным коллектором, направляющим отработавшие газы в турбину турбонагнетателя в выпускном канале двигателя (например, двигателя на ФИГ. 1А-1В), можно эксплуатировать в различных режимах работы двигателя для уменьшения выбросов, повышения отдачи по крутящему моменту, уменьшения детонации и повышения КПД двигателя.

В одном варианте осуществления способ содержит шаги, на которых: регулируют первый клапан, расположенный в магистрали рециркуляции отработавших газов (РОГ), при этом магистраль РОГ установлена между заборным каналом и первым выпускным коллектором, соединенным с первой группой выпускных клапанов цилиндров, и/или второй клапан, расположенный в проточном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом, в зависимости от измеренного давления в первом выпускном коллекторе, при этом выпускной канал соединен со вторым выпускным коллектором, соединенным со второй группой выпускных клапанов цилиндров. В первом примере способ дополнительно содержит шаги, на которых дополнительно регулируют первый клапан и второй клапан в зависимости от необходимого давления в первом выпускном коллекторе и определяют необходимое давление в зависимости от давления во впускном коллекторе, фаз газораспределения впускных клапанов цилиндров и фаз газораспределения первой и второй групп выпускных клапанов цилиндров. Вторым пример способа необязательно включает в себя первый пример и отличается тем, что регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя уменьшение величины прохода первого клапана в ответ на запрос уменьшения РОГ и на то, что определенное необходимое давление превышает измеренное давление в первом выпускном коллекторе. Третий пример способа необязательно включает в себя первый и/или второй примеры и дополнительно содержит шаг, на котором дополнительно регулируют первый клапан и второй клапан в зависимости от частоты вращения двигателя, и/или необходимого количества РОГ, и/или давления наддува. Четвертый пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по третий и отличается тем, что регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя уменьшение величины прохода первого клапана до первой величины прохода в ответ на увеличение нагрузки двигателя сверх пороговой, когда частота вращения двигателя ниже пороговой, причем первая

величина прохода обеспечивает увеличение измеренного давления в первом выпускном коллекторе до некоторого давления во впускном коллекторе, и дополнительно содержит шаг, на котором сохраняют первую величину прохода первого клапана до тех пор, пока давление во впускном коллекторе не достигнет необходимого давления во впускном коллекторе в зависимости от нагрузки двигателя. Пятый пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по четвертый и отличается тем, что регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя уменьшение величины прохода второго клапана в ответ на запрос увеличения потока РОГ по магистрали РОГ, когда первый клапан находится в полностью открытом положении, причем степень уменьшения зависит от необходимого давления в первом выпускном коллекторе, зависящего от запрашиваемого увеличения потока РОГ и измеренного давления в первом выпускном коллекторе. Шестой пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по пятый и отличается тем, что регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя полное открытие второго клапана и регулирование величины прохода первого клапана для увеличения измеренного давления в первом выпускном коллекторе сверх давления отработавших газов в выпускном канале, если впускной дроссель как минимум частично закрыт во время работы двигателя с наддувом. Седьмой пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по шестой и дополнительно содержит шаг, на котором оценивают величину потока продувочного воздуха из впускных клапанов цилиндров в первый выпускной коллектор через первую группу выпускных клапанов цилиндров и величину потока отработавших газов из первой группы выпускных клапанов цилиндров в первый выпускной коллектор по измеренному давлению в первом выпускном коллекторе. Восьмой пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по седьмой и отличается тем, что регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя регулирование положения первого клапана и/или второго клапана для подачи необходимого количества продувочного воздуха и потока отработавших газов необходимой величины в зависимости от параметров работы двигателя. Девятый пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по восьмой и дополнительно содержит шаг, на котором регулируют фазы газораспределения первой группы выпускных клапанов цилиндров в зависимости от измеренного давления в первом выпускном коллекторе. Десятый пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по девятый и дополнительно содержит шаг, на котором дополнительно регулируют первый клапан и/или второй клапан в ответ на то, что отрегулированные фазы газораспределения первой группы выпускных клапанов цилиндров соответствуют измеренному давлению в первом выпускном коллекторе. Одиннадцатый пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по десятый и отличается тем, что измеренное давление определяют по выходному сигналу датчика давления, расположенного в первом выпускном коллекторе.

В другом варианте осуществления способ содержит шаги, на которых: оценивают количество продувочного воздуха из впускного клапана цилиндра в первый выпускной коллектор через первый выпускной клапан цилиндра по выходному сигналу датчика давления, расположенного в первом выпускном коллекторе, при этом первый выпускной коллектор соединен с заборным каналом через магистраль рециркуляции отработавших газов (РОГ), причем второй выпускной клапан того же цилиндра соединен со вторым выпускным коллектором, соединенным с выпускным каналом; и регулируют работу

двигателя в зависимости от оцененного количества продувочного воздуха. В первом примере способа количество продувочного воздуха также оценивают по выходному сигналу датчика давления в период с момента открытия впускного клапана того же цилиндра и до момента закрытия первого выпускного клапана цилиндра. Второй пример способа необязательно включает в себя первый пример и дополнительно содержит шаг, на котором оценивают величину потока РОГ по выходному сигналу датчика давления и регулируют работу двигателя в зависимости от оцененного потока РОГ, причем величину потока РОГ также оценивают по выходному сигналу датчика давления в период с момента открытия первого выпускного клапана цилиндра до момента непосредственно перед открытием впускного клапана того же цилиндра. Третий пример способа необязательно включает в себя первый и/или второй примеры и дополнительно содержит шаги, на которых закрывают клапан РОГ, расположенный в магистрали РОГ, в ответ на то, что частота вращения двигателя ниже пороговой, и поддерживают клапан РОГ закрытым до тех пор, пока оцененный поток РОГ не упадет до необходимого уровня потока РОГ, зависящего от частоты вращения двигателя. Четвертый пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по третий и дополнительно содержит шаг, на котором регулируют положение клапана РОГ, расположенного в магистрали РОГ, причем величина регулирования зависит от необходимого потока РОГ, зависящего от параметров работы двигателя, и оцененного потока РОГ. Пятый пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по четвертый и дополнительно содержит шаги, на которых открывают клапан, расположенный в перепускном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом, в ответ на превышение порогового уровня мощности двигателя и поддерживают клапан открытым до тех пор, пока оцененный поток РОГ не упадет до необходимого уровня потока РОГ, зависящего от мощности двигателя. Шестой пример способа необязательно включает в себя один или несколько примеров с первого по пятый и отличается тем, что регулирование работы двигателя в зависимости от оцененного количества продувочного воздуха включает в себя регулирование положения первого клапана, расположенного в магистрали РОГ, и/или положения второго клапана, расположенного в перепускном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом ниже по потоку от турбины, и/или фаз газораспределения первого выпускного клапана цилиндра, и/или фаз газораспределения впускного клапана того же цилиндра.

В еще одном варианте осуществления способ содержит шаги, на которых: в ответ на увеличение нагрузки двигателя сверх пороговой, когда частота вращения двигателя ниже пороговой, уменьшают проход первого клапана, расположенного в первом канале, при этом первый канал установлен между заборным каналом и первым выпускным коллектором, соединенным только с первой группой выпускных клапанов цилиндров, причем степень уменьшения зависит от давления в первом выпускном коллекторе и давления во впускном коллекторе, и при этом направляют часть отработавших газов в выпускной канал через вторую группу выпускных клапанов.

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, многопоточковые 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 эксплуатации двигателя с разветвленной выпускной системой, в котором: регулируют первый клапан, расположенный в магистрали рециркуляции отработавших газов (РОГ), при этом магистраль рециркуляции отработавших газов установлена между заборным каналом и первым выпускным коллектором, соединенным с первой группой выпускных клапанов цилиндров, и/или второй клапан, расположенный в проточном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом, в зависимости от измеренного давления в первом выпускном коллекторе, при этом выпускной канал соединен со вторым выпускным коллектором, соединенным со второй группой выпускных клапанов цилиндров.

2. Способ по п. 1, дополнительно содержащий шаги, на которых: дополнительно

регулируют первый клапан и второй клапан в зависимости от необходимого давления в первом выпускном коллекторе и определяют необходимое давление в зависимости от давления во впускном коллекторе, фаз газораспределения впускных клапанов цилиндров и фаз газораспределения первой и второй групп выпускных клапанов цилиндров.

3. Способ по п. 2, в котором регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя уменьшение величины прохода первого клапана в ответ на запрос уменьшения РОГ и на то, что определенное необходимое давление превышает измеренное давление в первом выпускном коллекторе.

4. Способ по п. 1, дополнительно содержащий шаг, на котором дополнительно регулируют первый клапан и второй клапан в зависимости от частоты вращения двигателя, и/или необходимого количества РОГ, и/или давления наддува.

5. Способ по п. 1, в котором регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя уменьшение величины прохода первого клапана до первой величины прохода в ответ на увеличение нагрузки двигателя сверх пороговой, когда частота вращения двигателя ниже пороговой, причем первая величина прохода обеспечивает увеличение измеренного давления в первом выпускном коллекторе до некоторого давления во впускном коллекторе, причем способ дополнительно содержит шаг, на котором сохраняют первую величину прохода первого клапана до тех пор, пока давление во впускном коллекторе не достигнет необходимого давления во впускном коллекторе в зависимости от нагрузки двигателя.

6. Способ по п. 1, в котором регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя уменьшение величины прохода второго клапана в ответ на запрос увеличения потока РОГ по магистрали РОГ, когда первый клапан находится в полностью открытом положении, причем степень уменьшения зависит от необходимого давления в первом выпускном коллекторе, зависящего от запрашиваемого увеличения потока РОГ и измеренного давления в первом выпускном коллекторе.

7. Способ по п. 1, в котором регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя полное открытие второго клапана и регулирование величины прохода первого клапана для увеличения измеренного давления в первом выпускном коллекторе сверх давления отработавших газов в выпускном канале, если впускной дроссель как минимум частично закрыт во время работы двигателя с наддувом.

8. Способ по п. 1, дополнительно содержащий шаг, на котором оценивают величину потока продувочного воздуха из впускных клапанов цилиндров в первый выпускной коллектор через первую группу выпускных клапанов цилиндров и величину потока отработавших газов из первой группы выпускных клапанов цилиндров в первый выпускной коллектор по измеренному давлению в первом выпускном коллекторе.

9. Способ по п. 8, в котором регулирование первого клапана и/или второго клапана включает в себя регулирование положения первого клапана и/или второго клапана для подачи необходимого количества продувочного воздуха и потока отработавших газов необходимой величины в зависимости от параметров работы двигателя.

10. Способ по п. 1, дополнительно содержащий шаг, на котором регулируют фазы газораспределения первой группы выпускных клапанов цилиндров в зависимости от измеренного давления в первом выпускном коллекторе.

11. Способ по п. 10, дополнительно содержащий шаг, на котором дополнительно регулируют первый клапан и/или второй клапан в ответ на то, что отрегулированные фазы газораспределения первой группы выпускных клапанов цилиндров соответствуют измеренному давлению в первом выпускном коллекторе.

12. Способ по п. 1, в котором измеренное давление определяют по выходному сигналу датчика давления, расположенного в первом выпускном коллекторе.

13. Способ эксплуатации двигателя с разветвленной выпускной системой, содержащий шаги, на которых:

5 оценивают количество продувочного воздуха из впускного клапана цилиндра в первый выпускной коллектор через первый выпускной клапан цилиндра по выходному сигналу датчика давления, расположенного в первом выпускном коллекторе, при этом первый выпускной коллектор соединен с заборным каналом через магистраль рециркуляции отработавших газов (РОГ), причем второй выпускной клапан того же
10 цилиндра соединен со вторым выпускным коллектором, соединенным с выпускным каналом; и

регулируют работу двигателя в зависимости от оцененного количества продувочного воздуха.

14. Способ по п. 13, в котором количество продувочного воздуха также оценивают
15 по выходному сигналу датчика давления в период с момента открытия впускного клапана того же цилиндра и до момента закрытия первого выпускного клапана цилиндра.

15. Способ по п. 13, дополнительно содержащий шаги, на которых оценивают
20 величину потока РОГ по выходному сигналу датчика давления и регулируют работу двигателя в зависимости от оцененного потока РОГ, причем величину потока РОГ также оценивают по выходному сигналу датчика давления в период с момента открытия первого выпускного клапана цилиндра до момента непосредственно перед открытием
впускного клапана того же цилиндра.

16. Способ по п. 15, дополнительно содержащий шаги, на которых закрывают клапан
25 РОГ, расположенный в магистрали РОГ, в ответ на то, что частота вращения двигателя ниже пороговой, и поддерживают клапан РОГ закрытым до тех пор, пока оцененный поток РОГ не упадет до необходимого уровня потока РОГ, зависящего от частоты вращения двигателя.

17. Способ по п. 15, дополнительно содержащий шаг, на котором регулируют
30 положение клапана РОГ, расположенного в магистрали РОГ, причем величина регулирования зависит от необходимого потока РОГ, зависящего от параметров работы двигателя, и оцененного потока РОГ.

18. Способ по п. 15, дополнительно содержащий шаги, на которых открывают клапан,
35 расположенный в перепускном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом, в ответ на превышение порогового уровня мощности двигателя и поддерживают клапан открытым до тех пор, пока оцененный поток РОГ не упадет до необходимого уровня потока РОГ, зависящего от мощности двигателя.

19. Способ по п. 13, в котором регулирование работы двигателя в зависимости от
40 оцененного количества продувочного воздуха включает в себя регулирование положения первого клапана, расположенного в магистрали РОГ, и/или положения второго клапана, расположенного в перепускном канале, установленном между первым выпускным коллектором и выпускным каналом ниже по потоку от турбины, и/или фаз газораспределения первого выпускного клапана цилиндра, и/или фаз газораспределения
45 впускного клапана того же цилиндра.

20. Способ эксплуатации двигателя с разветвленной выпускной системой, в котором:
в ответ на увеличение нагрузки двигателя сверх пороговой, когда частота вращения двигателя ниже пороговой, уменьшают проход первого клапана, расположенного в

первом канале, при этом первый канал установлен между заборным каналом и первым
выпускным коллектором, соединенным только с первой группой выпускных клапанов
цилиндров, причем степень уменьшения зависит от давления в первом выпускном
коллекторе и давления во впускном коллекторе, и при этом направляют часть
5 отработавших газов в выпускной канал через вторую группу выпускных клапанов.

10

15

20

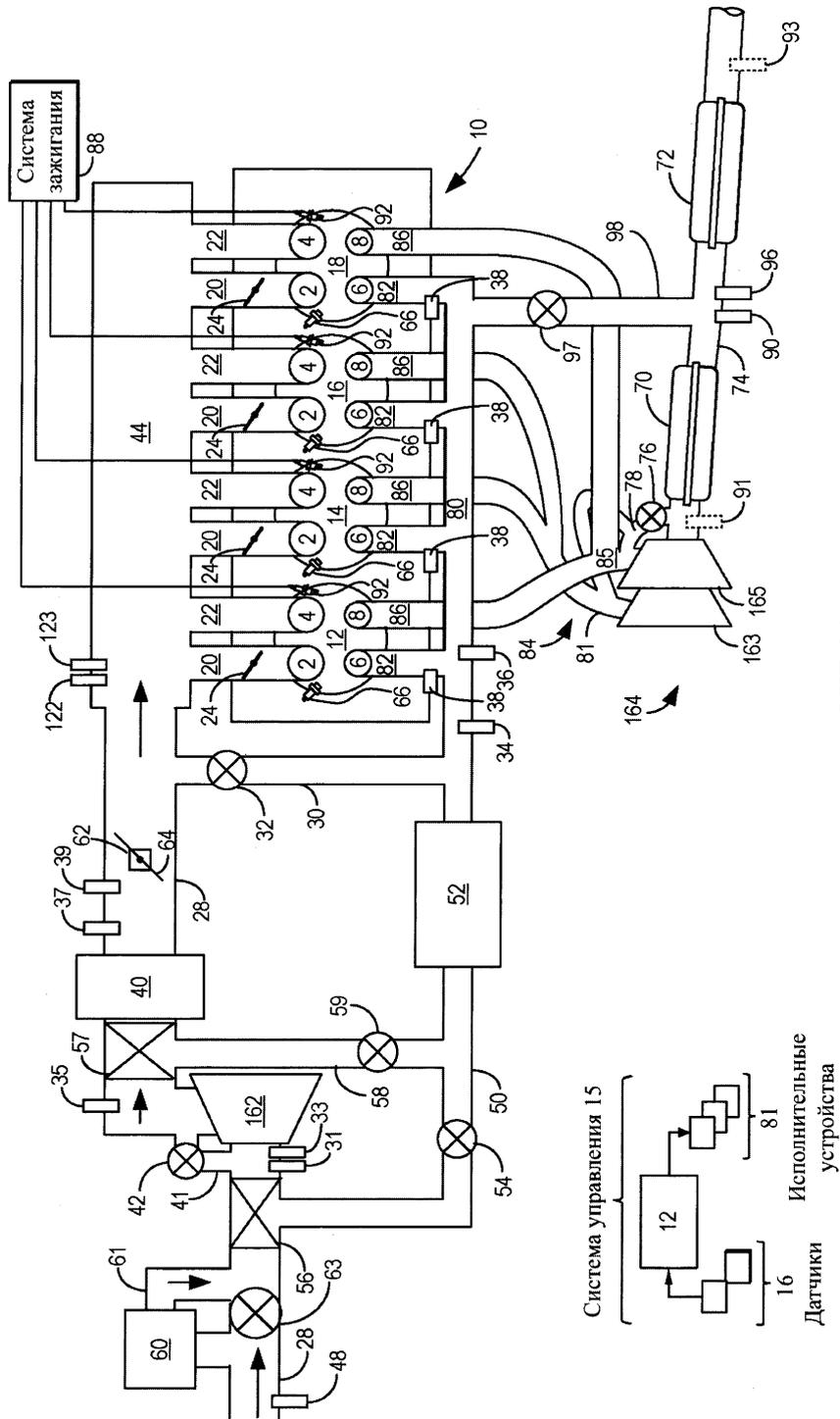
25

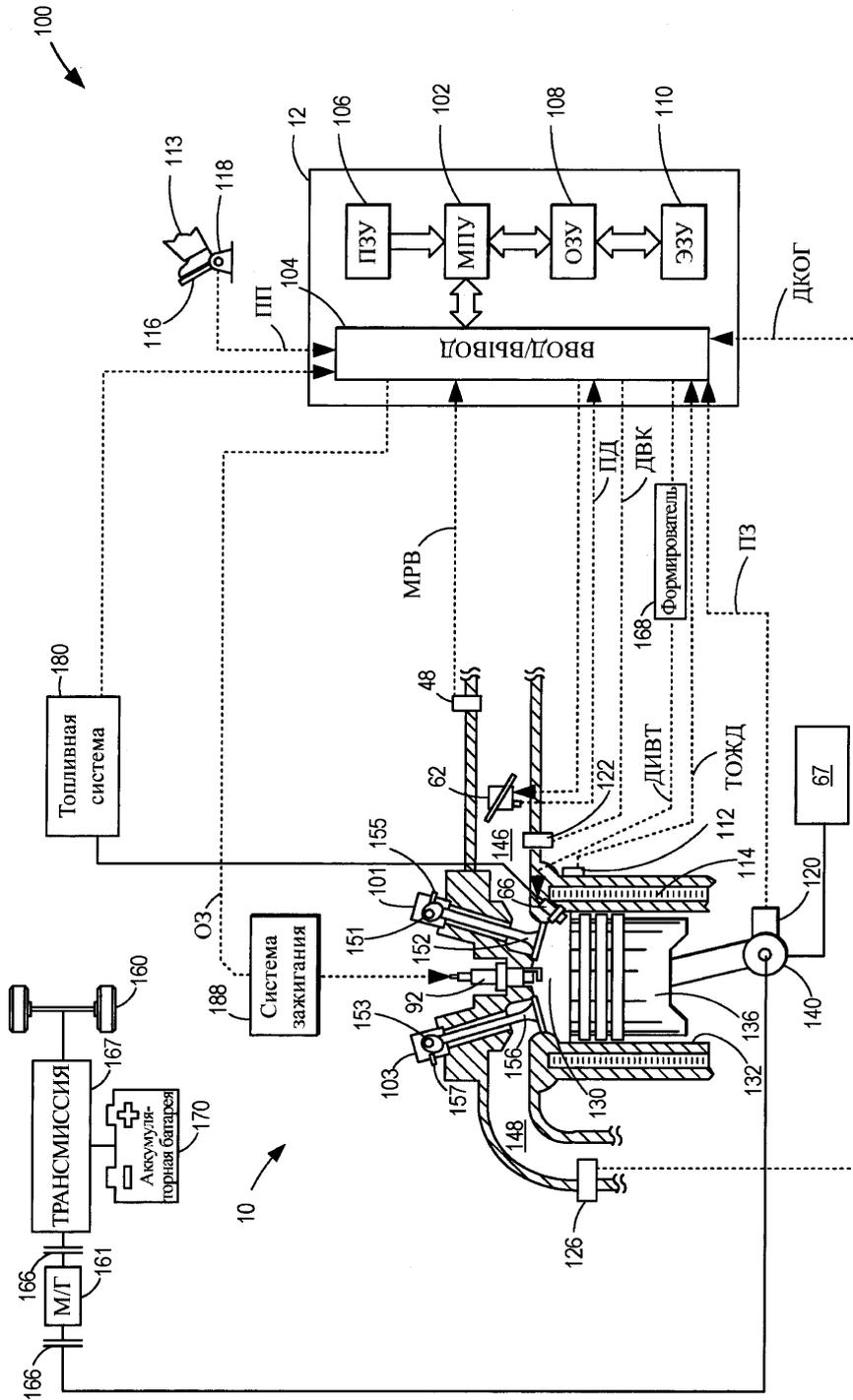
30

35

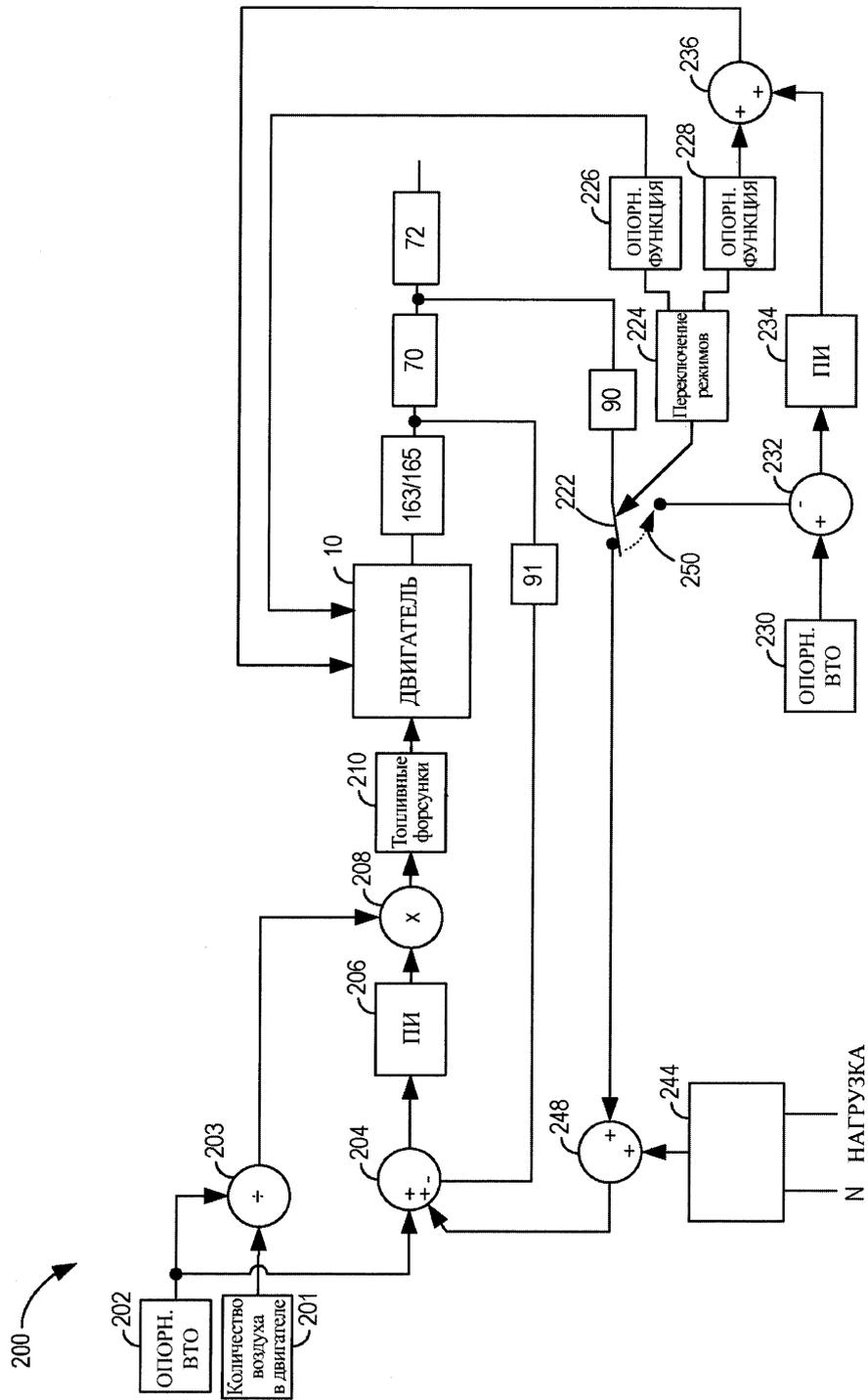
40

45

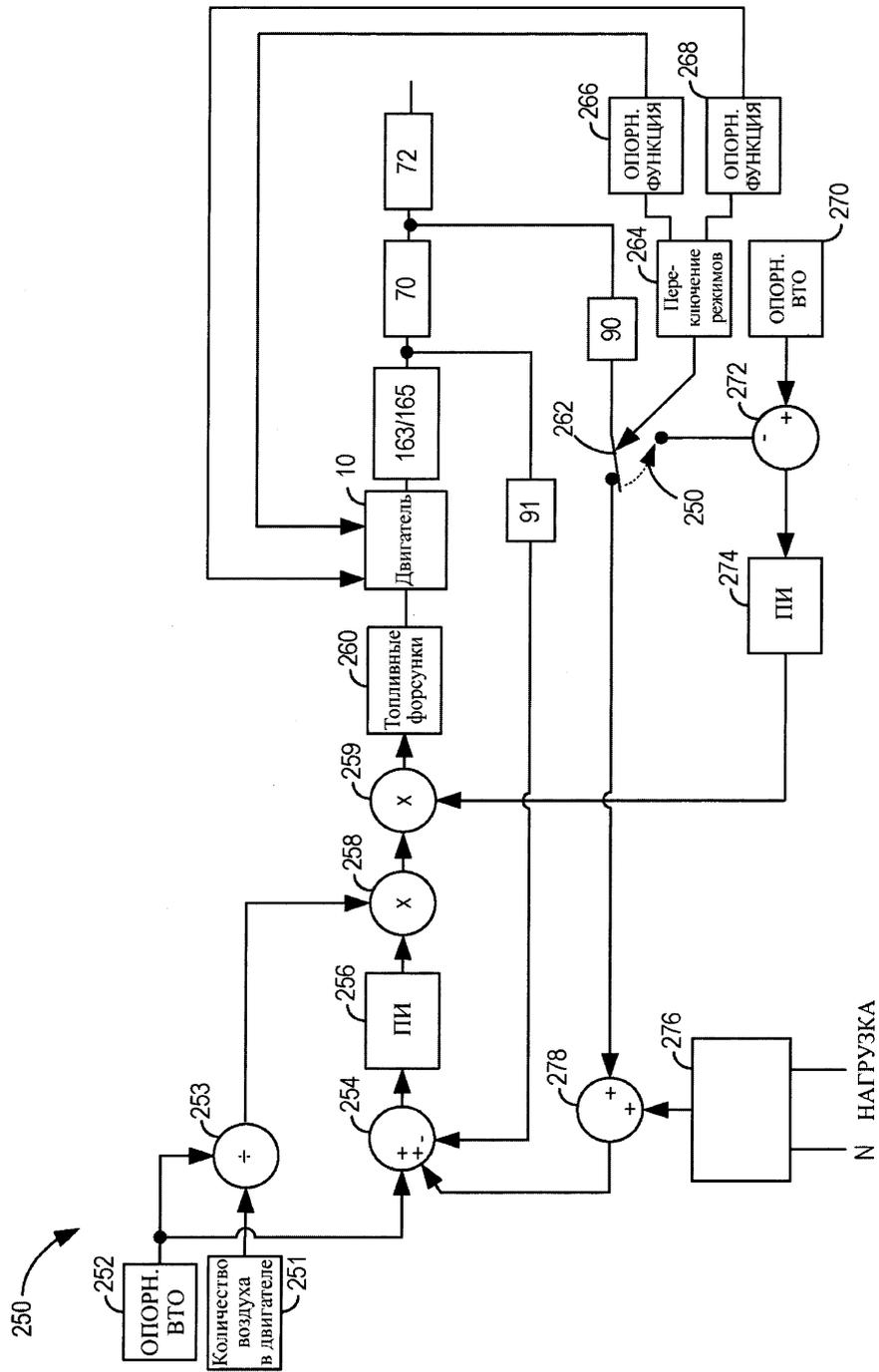




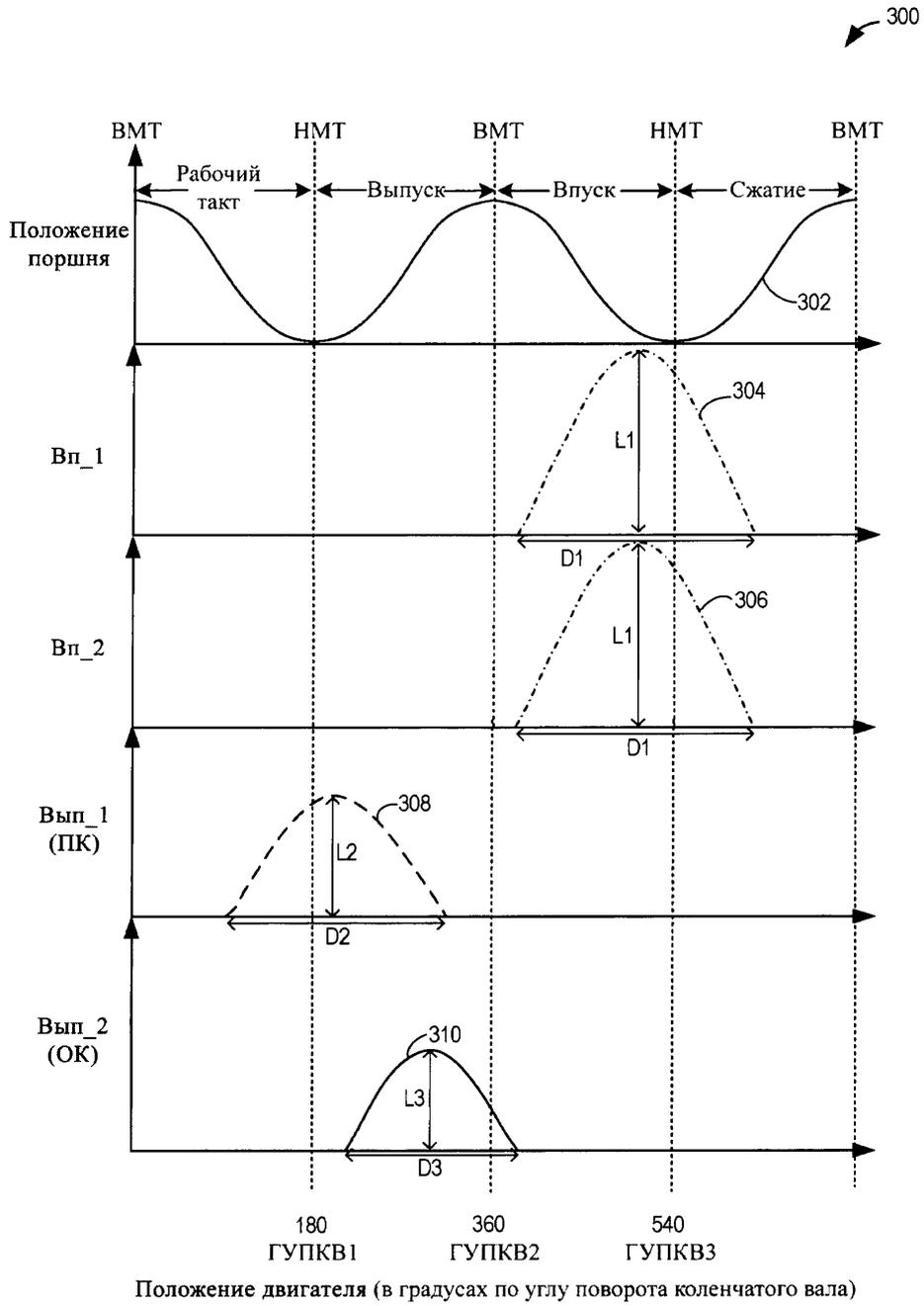
ФИГ. 1В



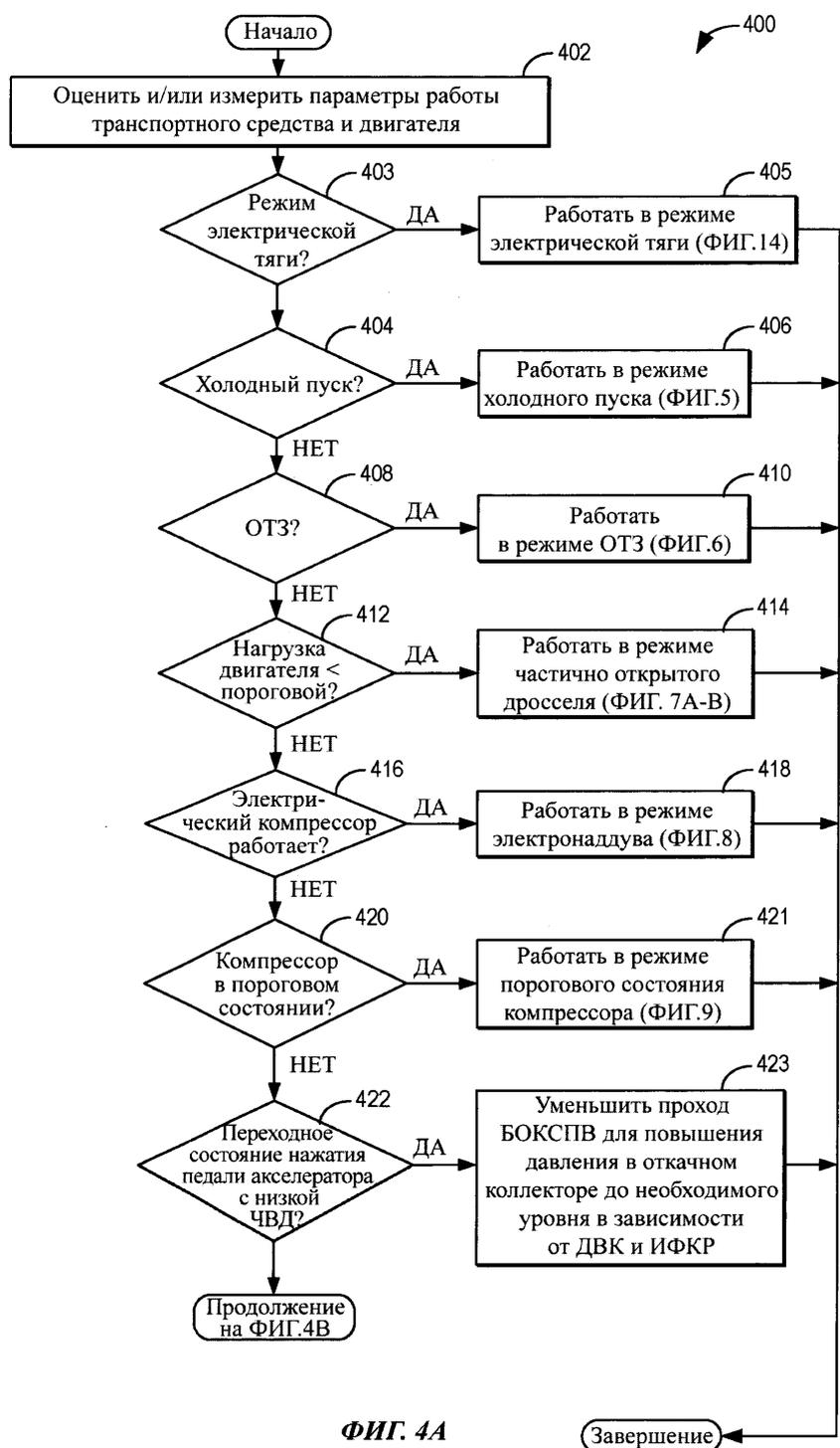
ФИГ. 2А



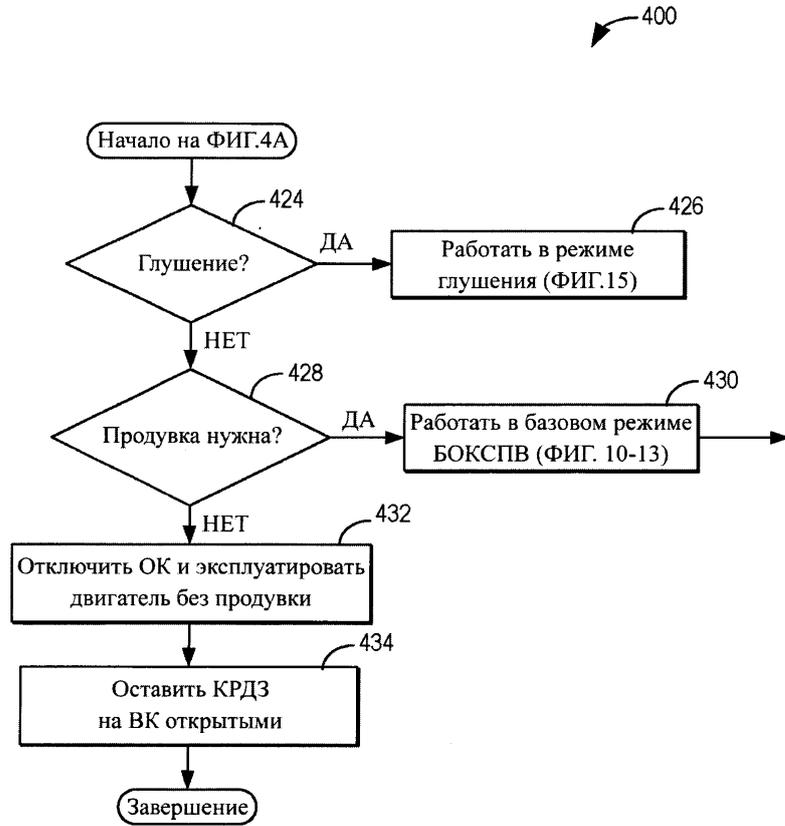
ФИГ. 2В



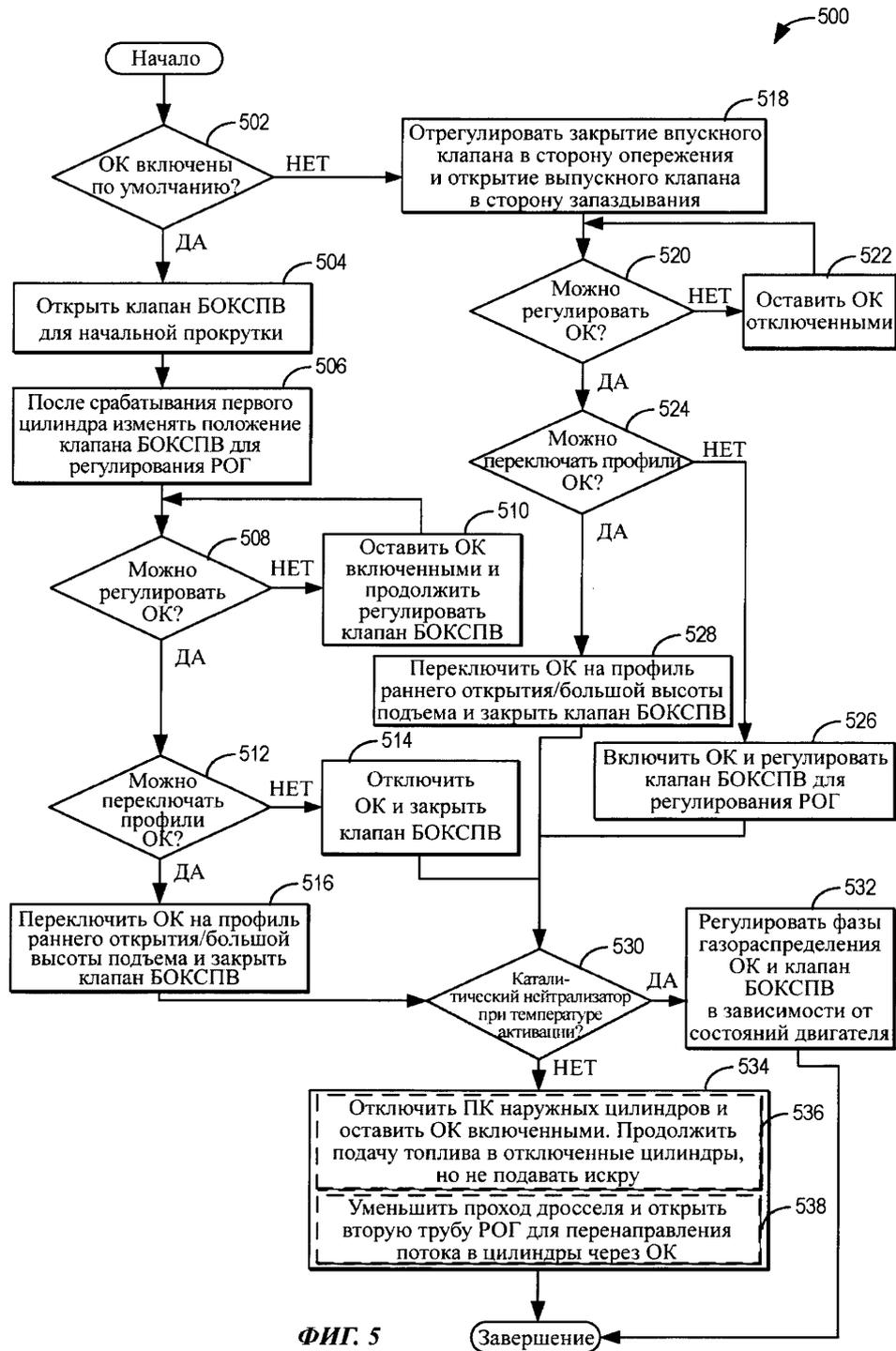
ФИГ. 3А



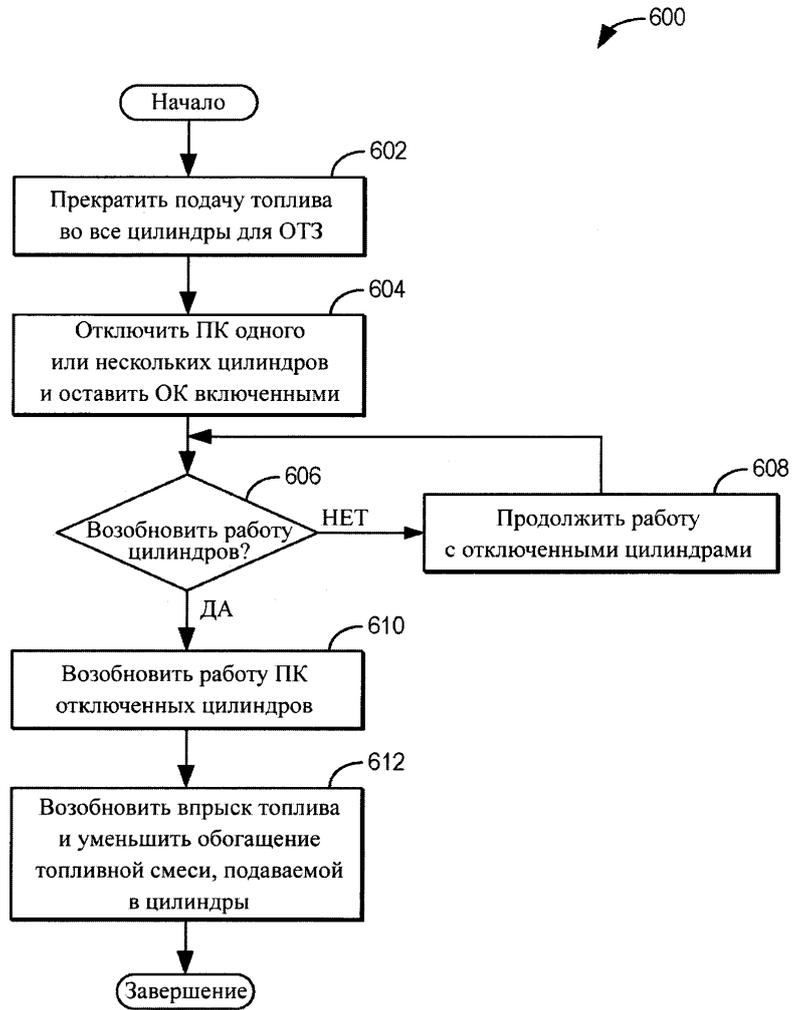
ФИГ. 4А



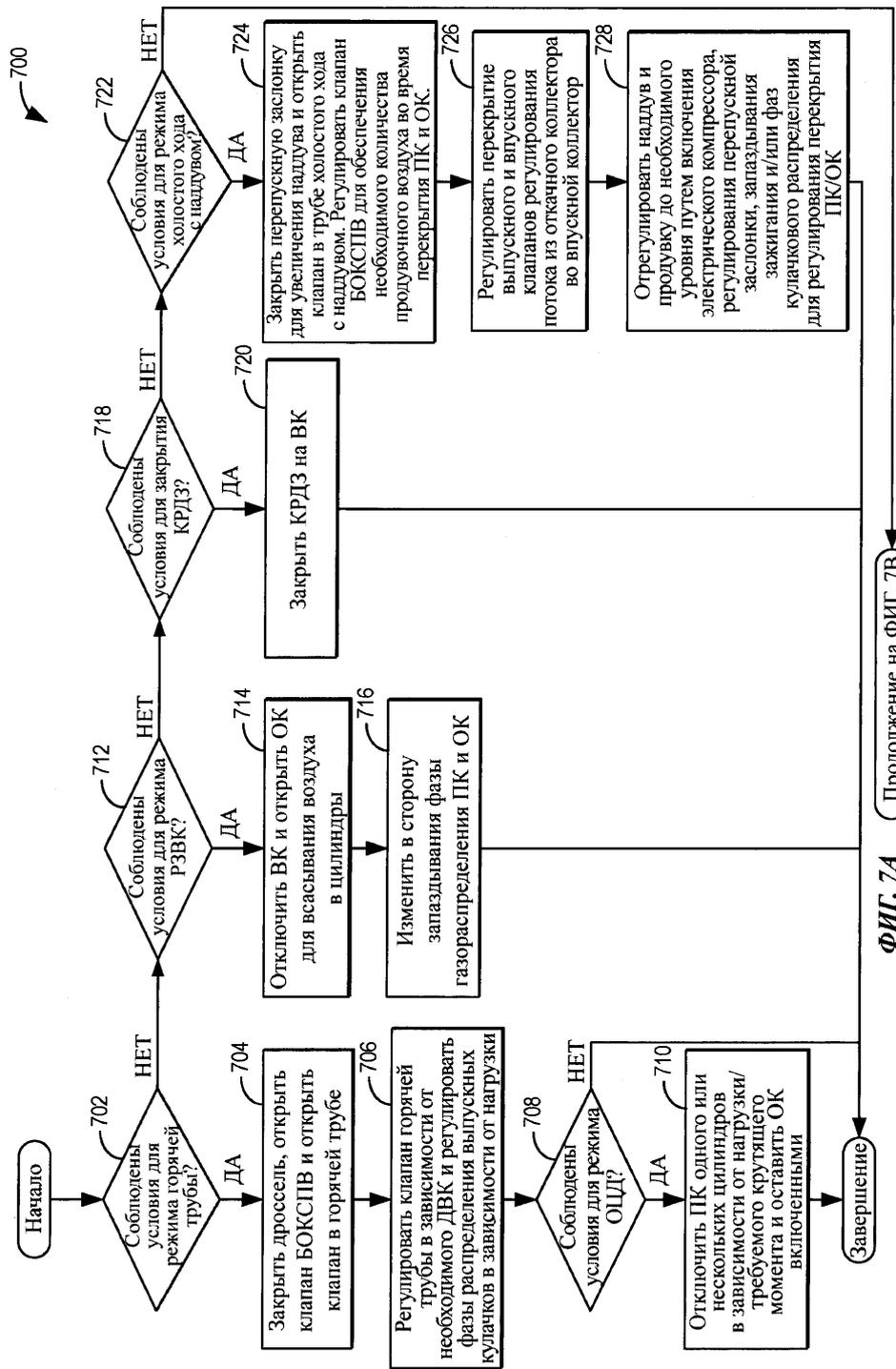
ФИГ. 4В



ФИГ. 5



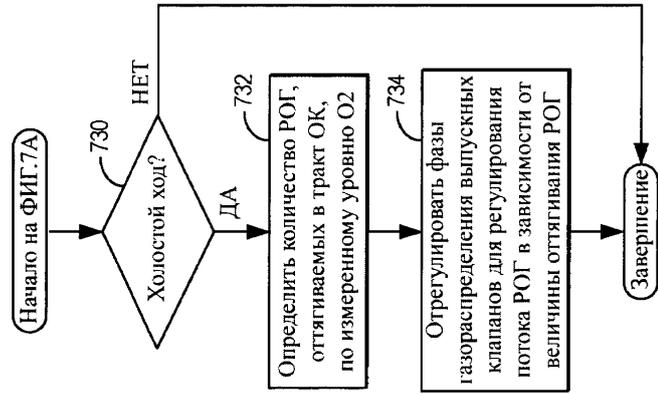
ФИГ. 6



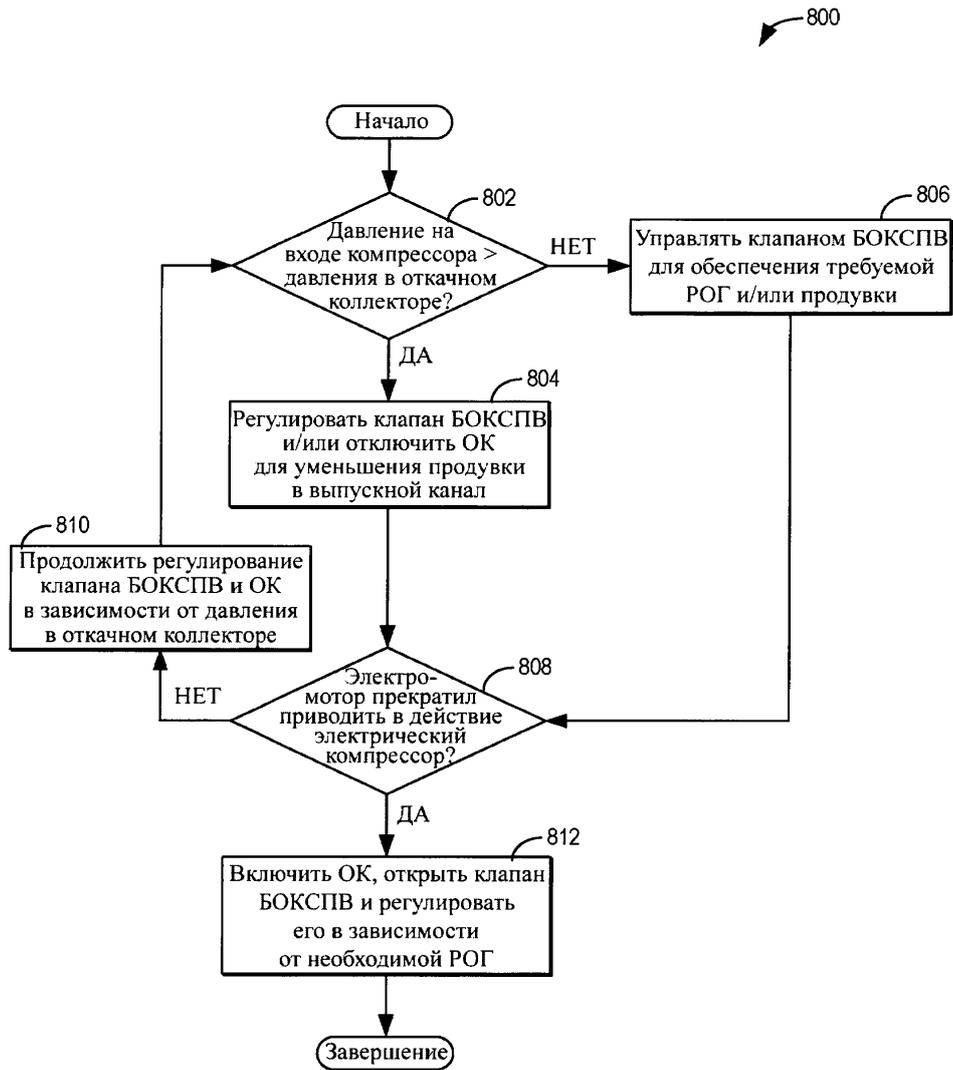
ФИГ. 7А

Продолжение на ФИГ. 7В

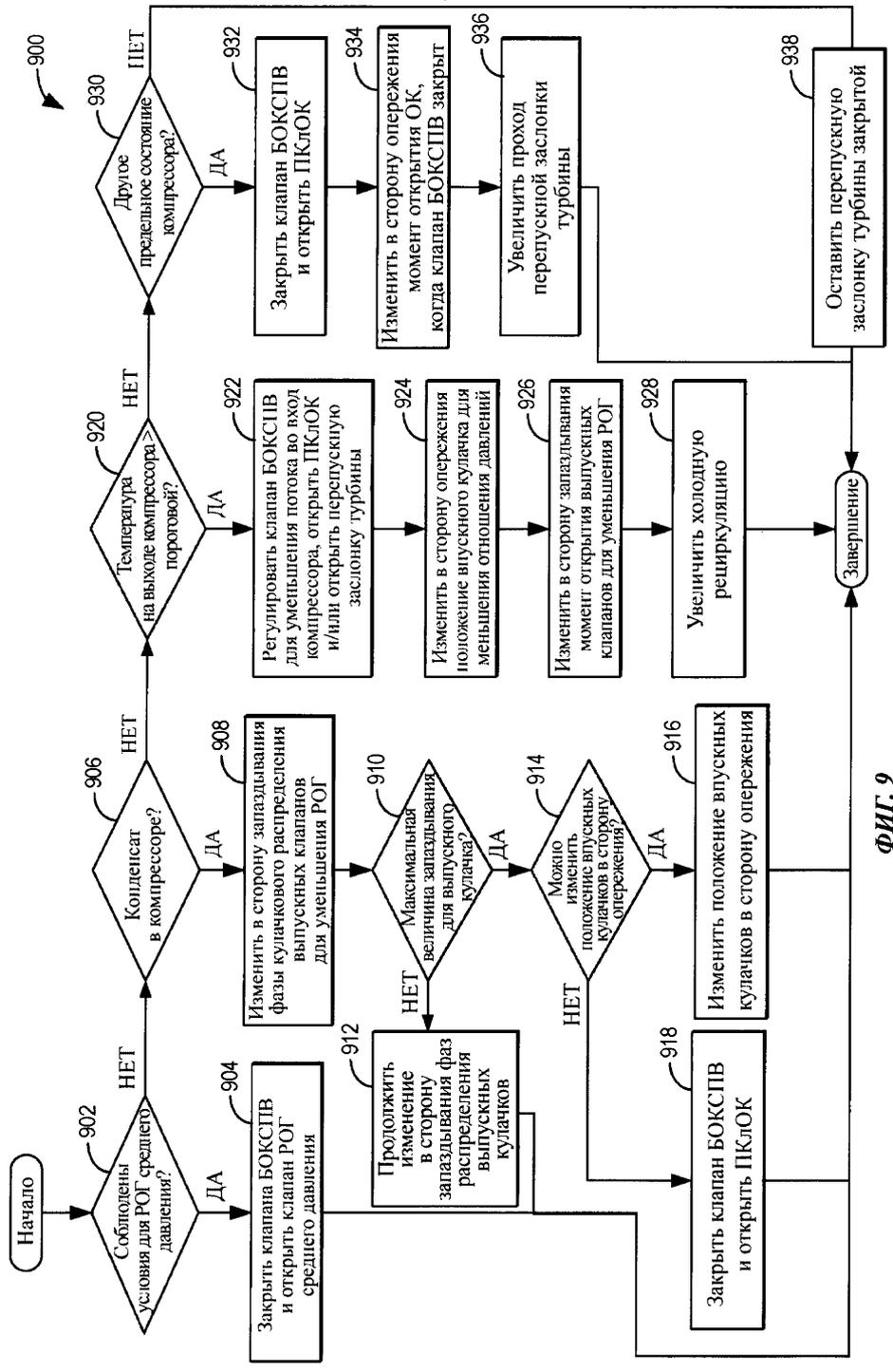
700



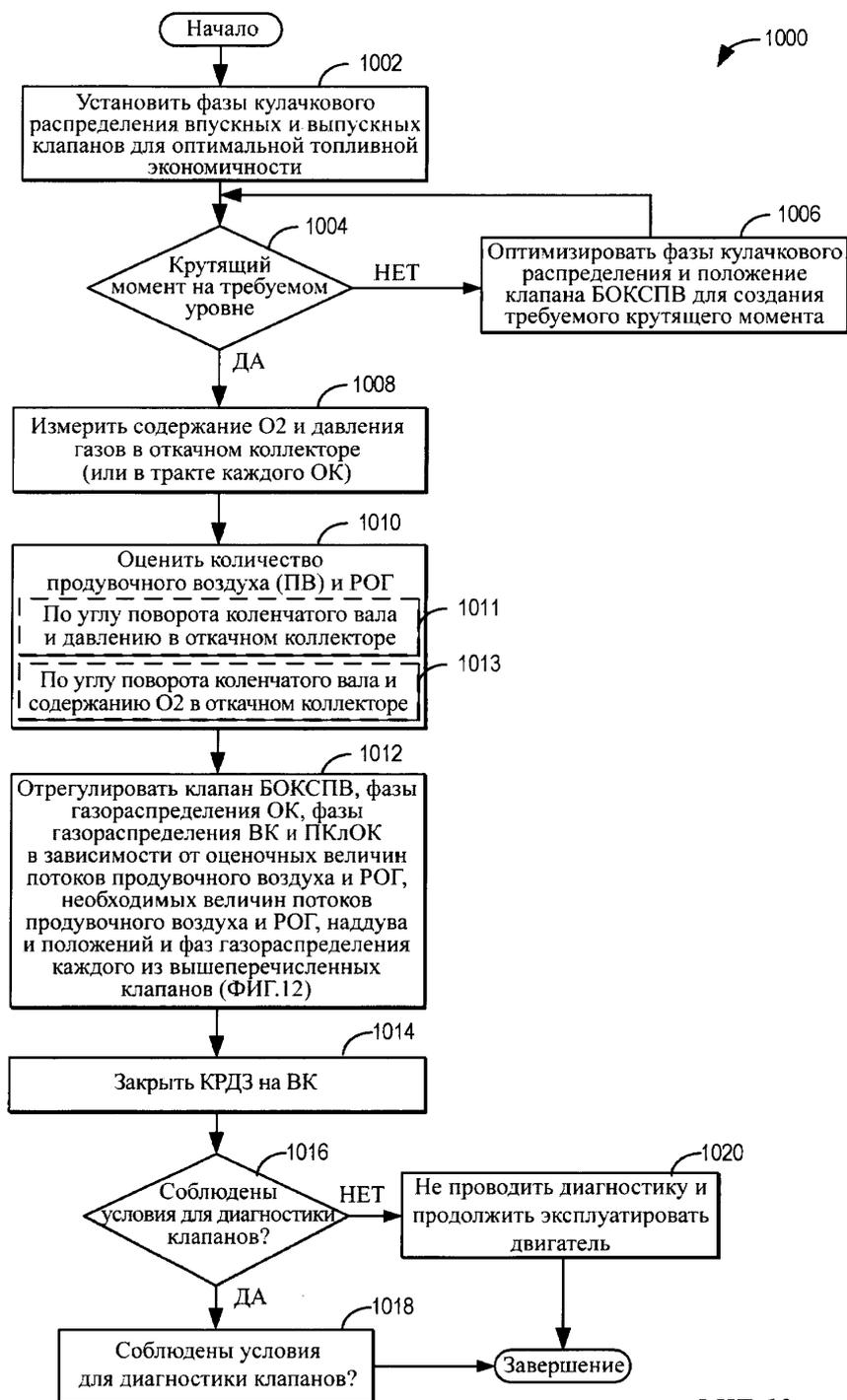
ФИГ. 7В



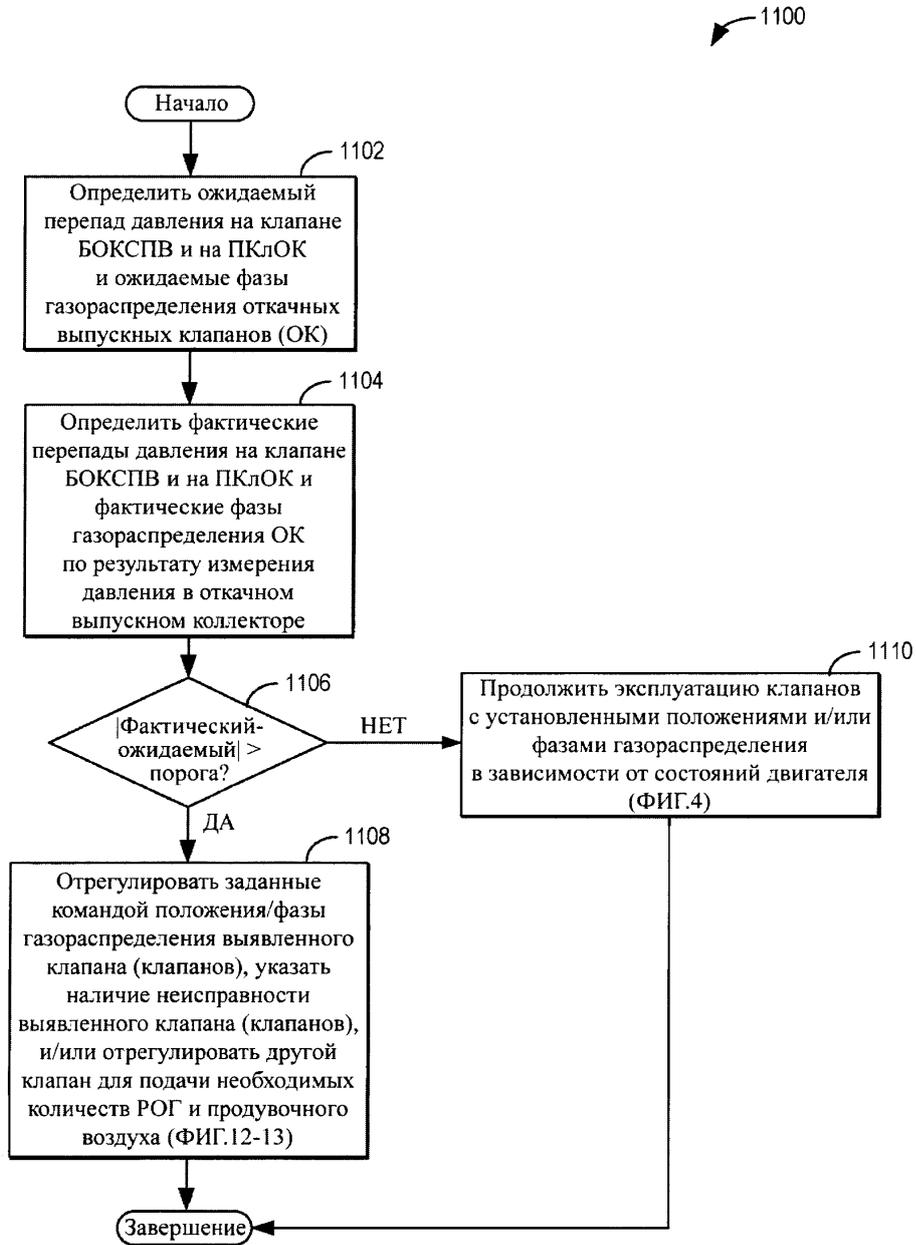
ФИГ. 8



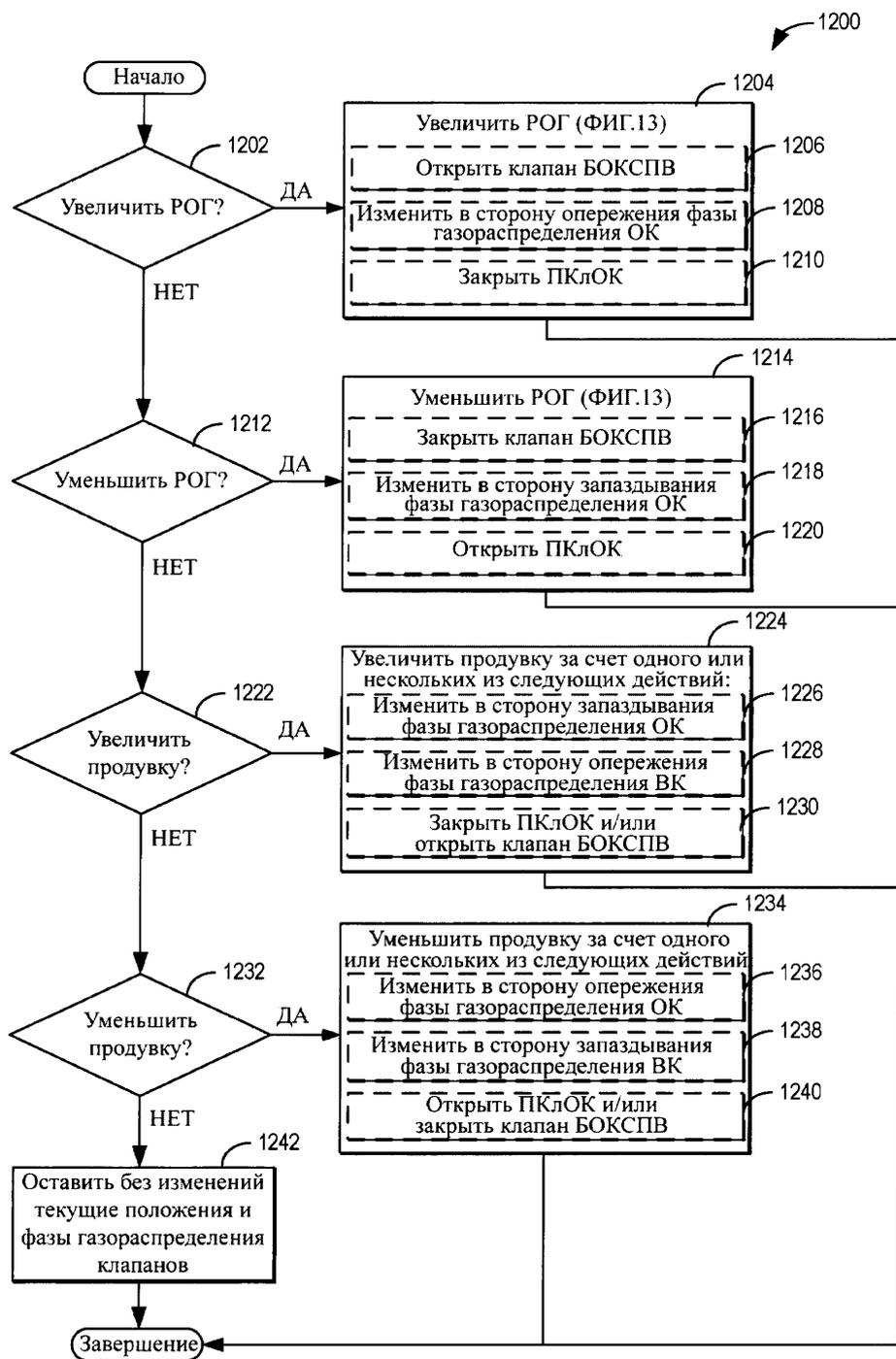
ФИГ. 9



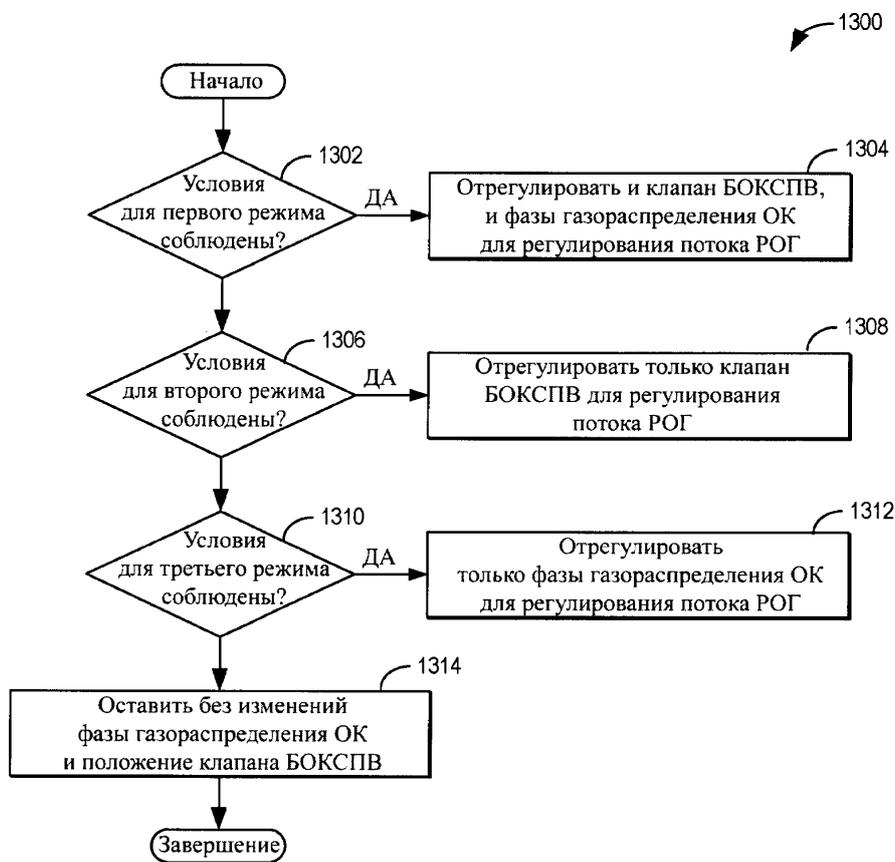
ФИГ. 10



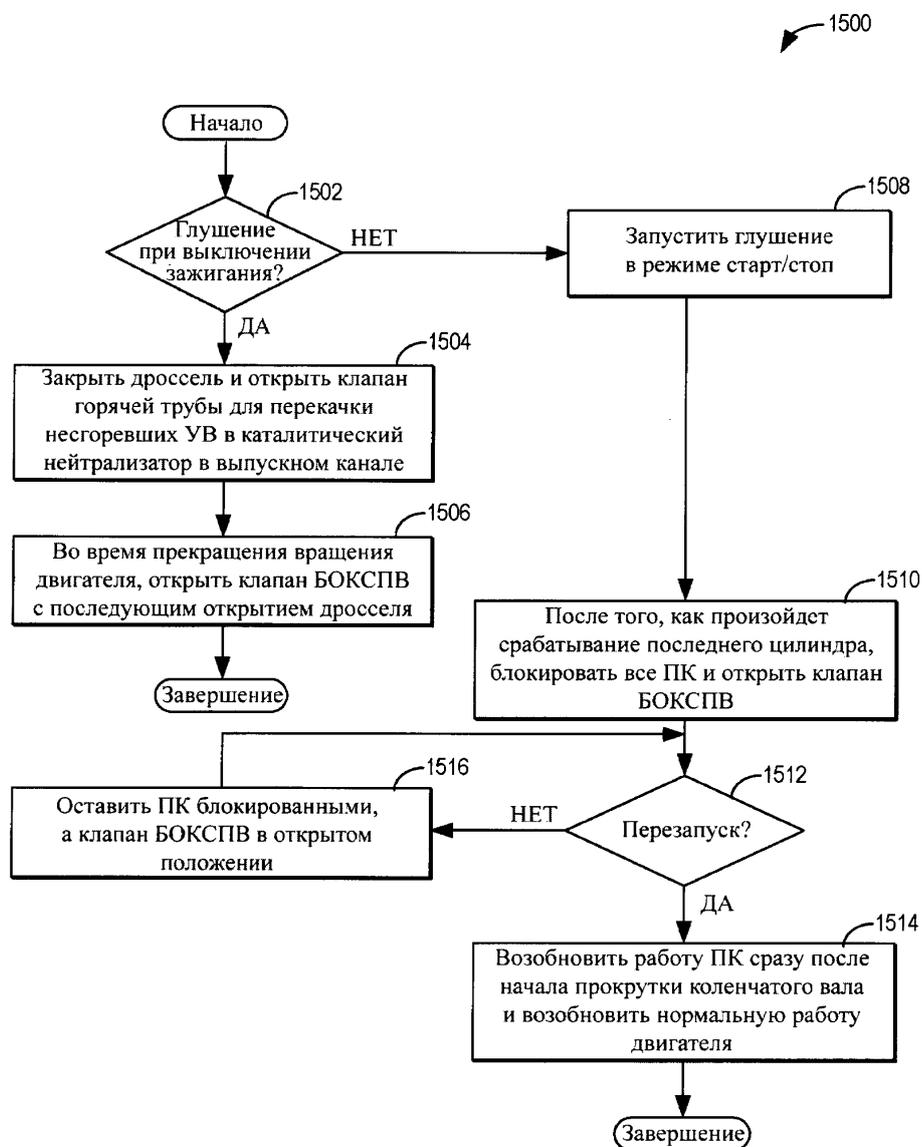
ФИГ. 11



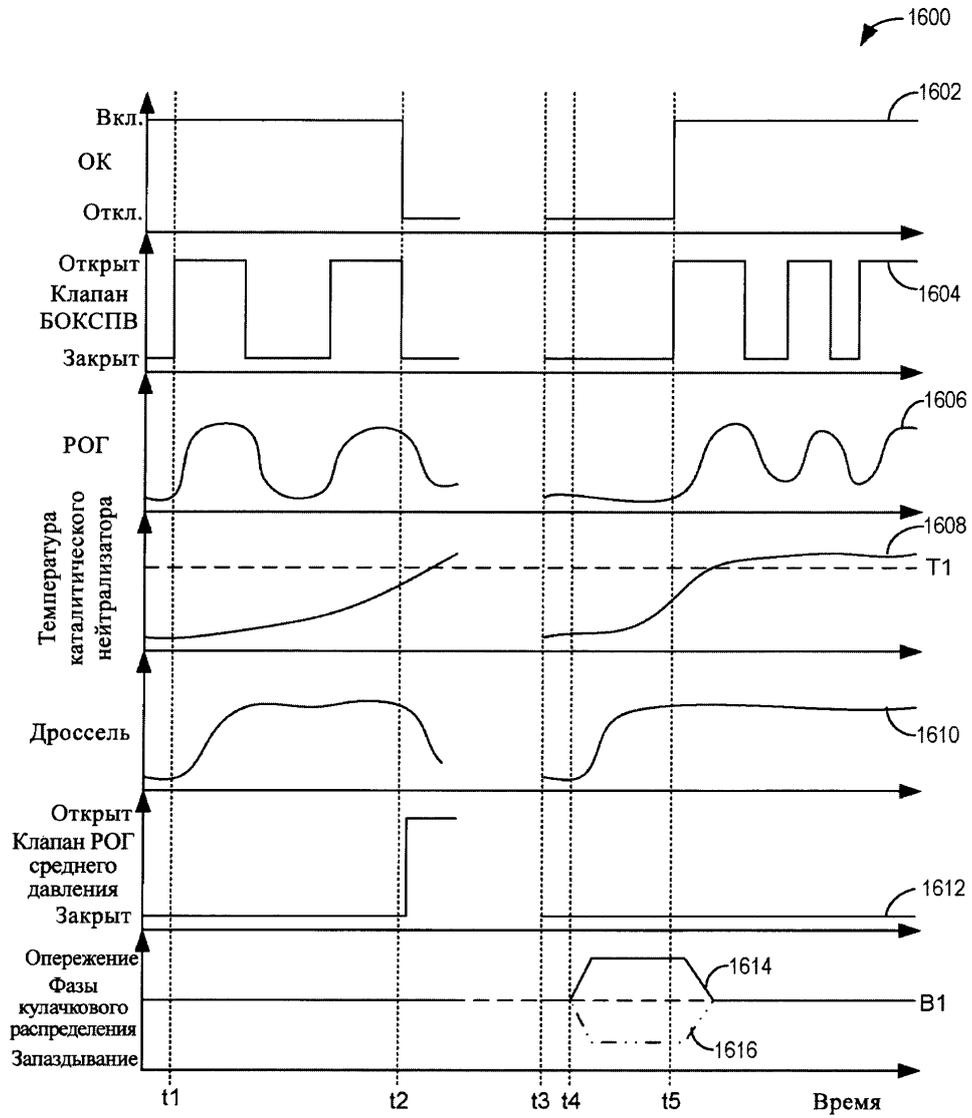
ФИГ. 12



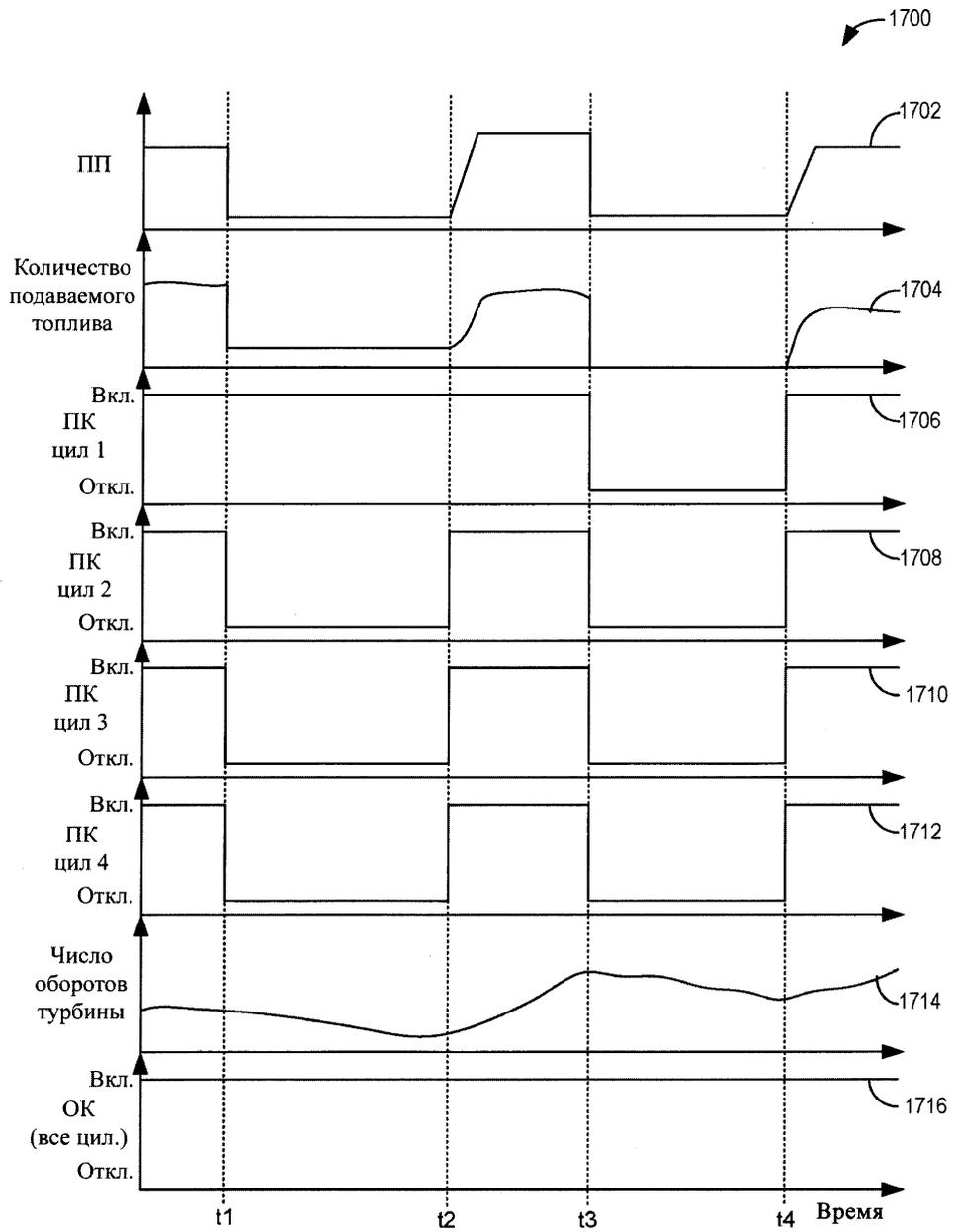
ФИГ. 13



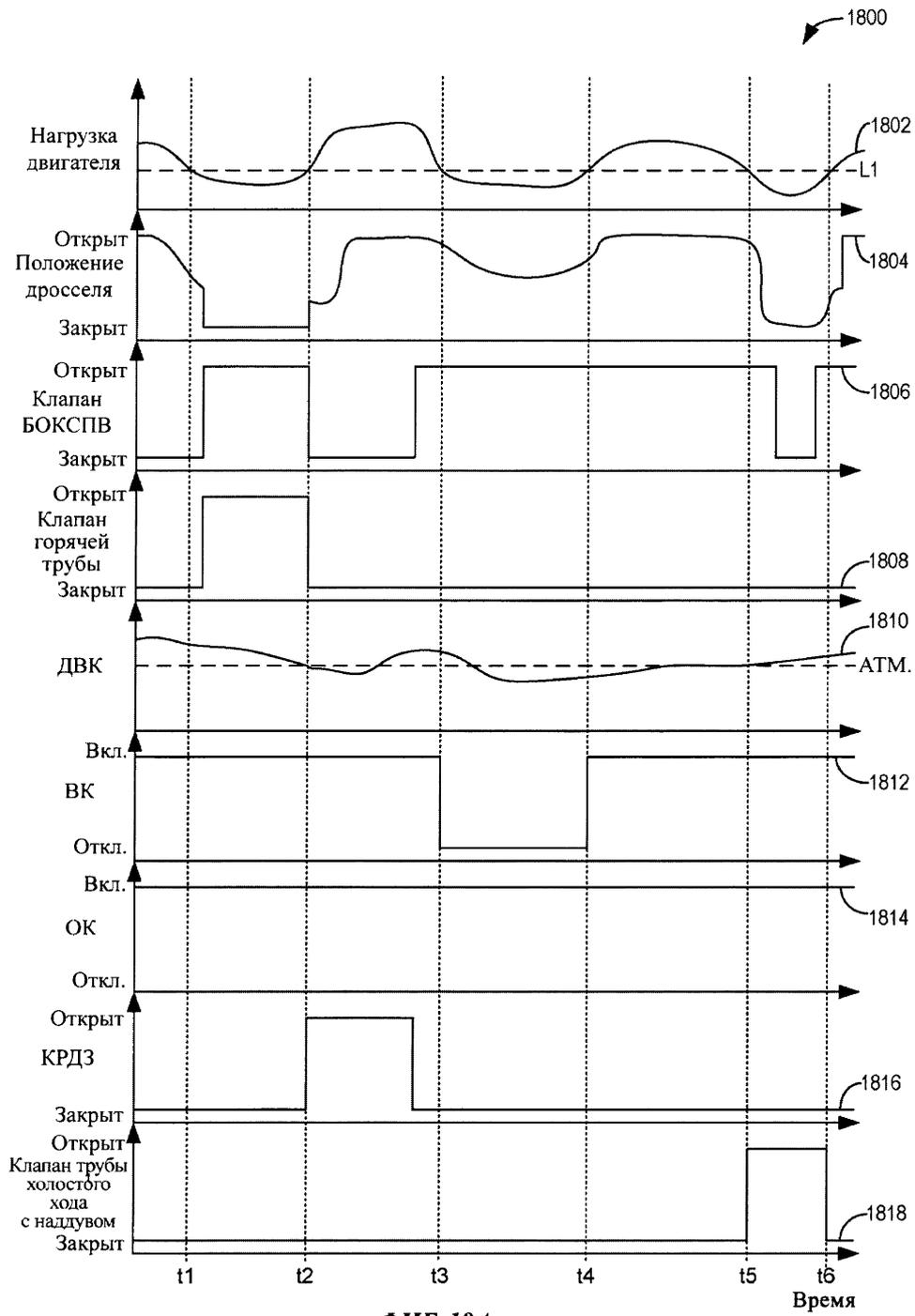
ФИГ. 15



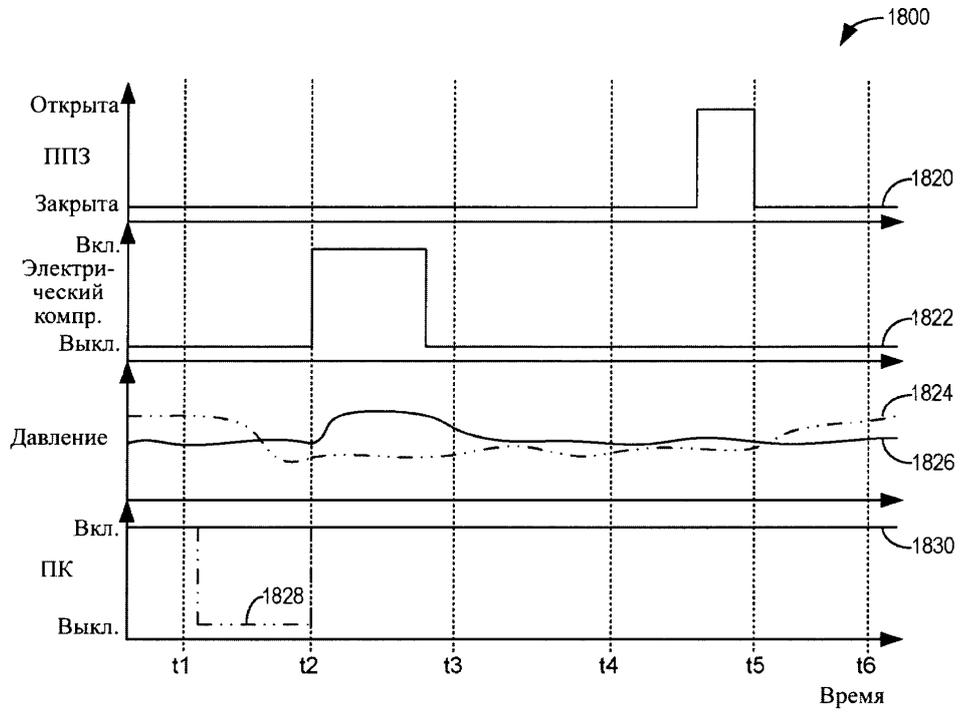
ФИГ. 16



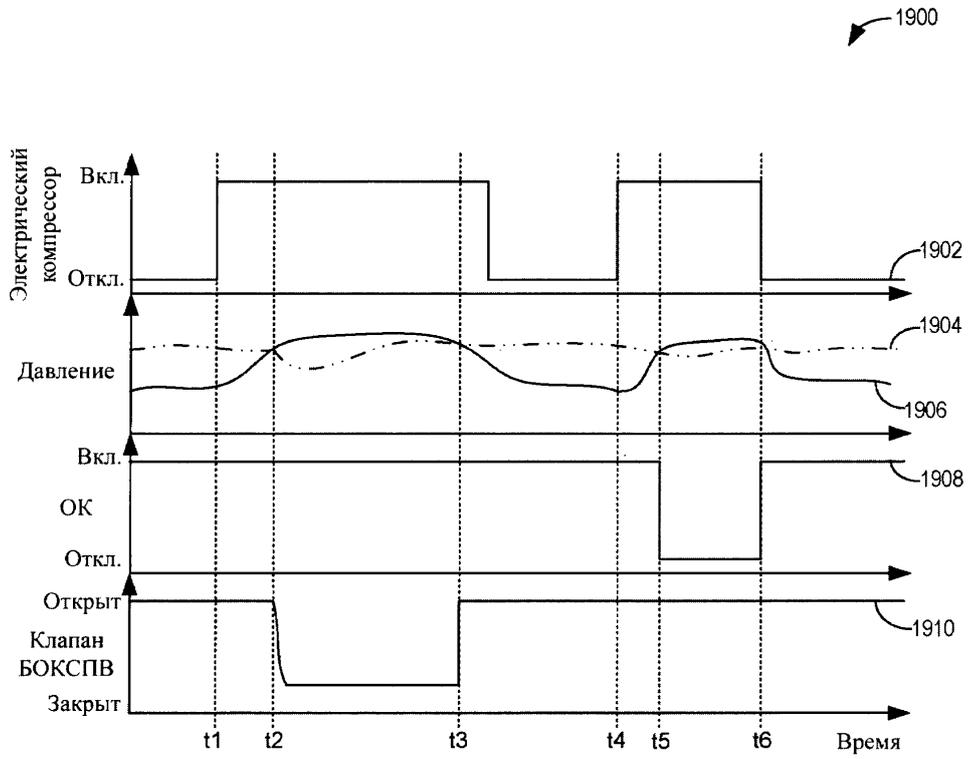
ФИГ. 17



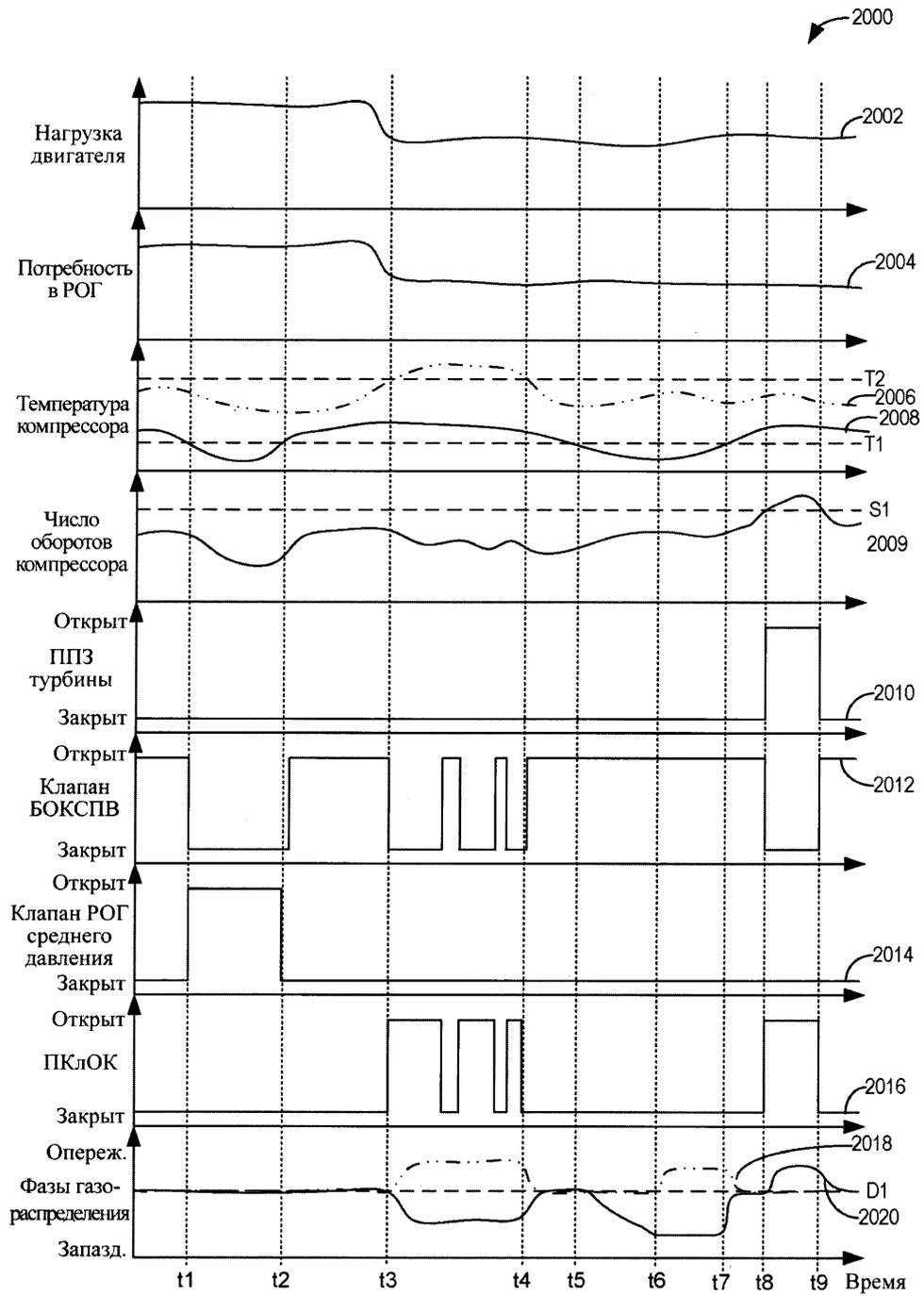
ФИГ. 18А



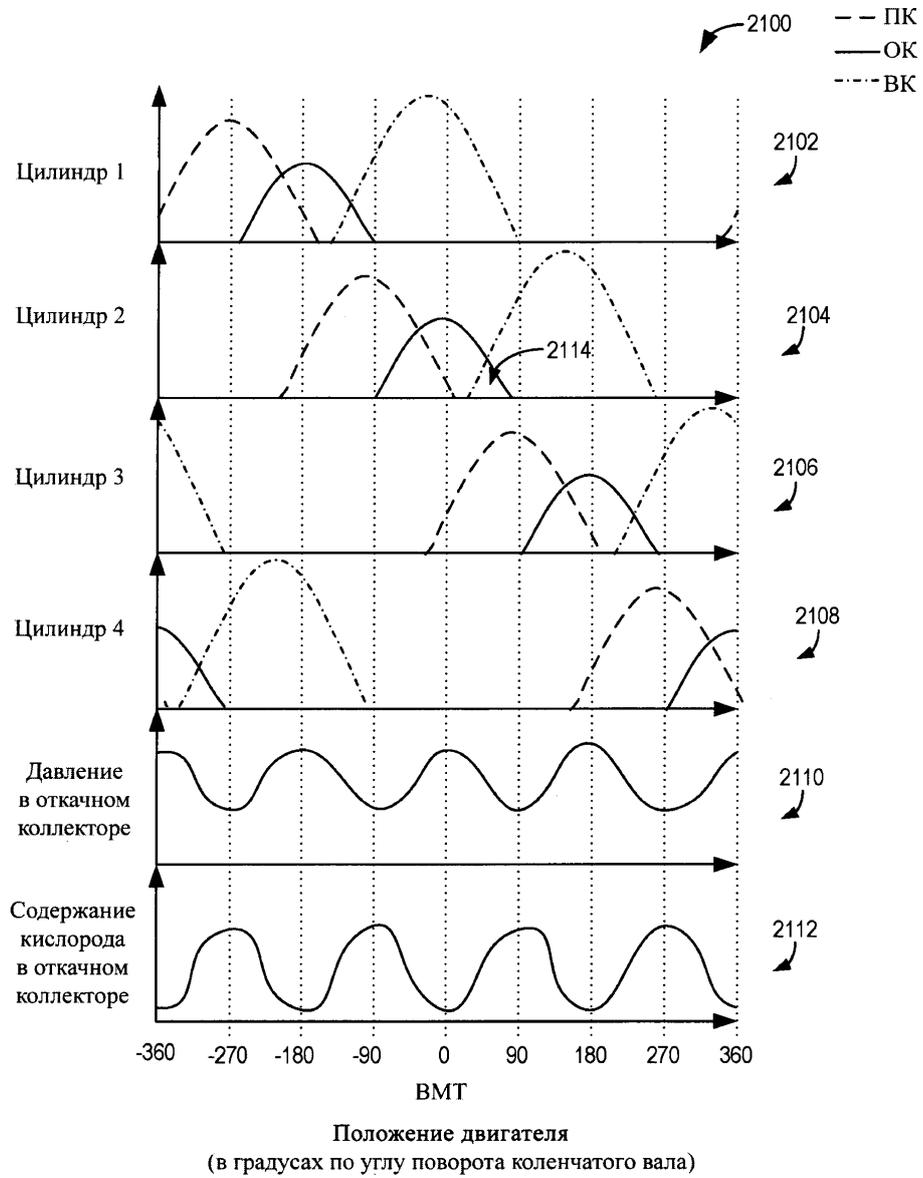
ФИГ. 18В



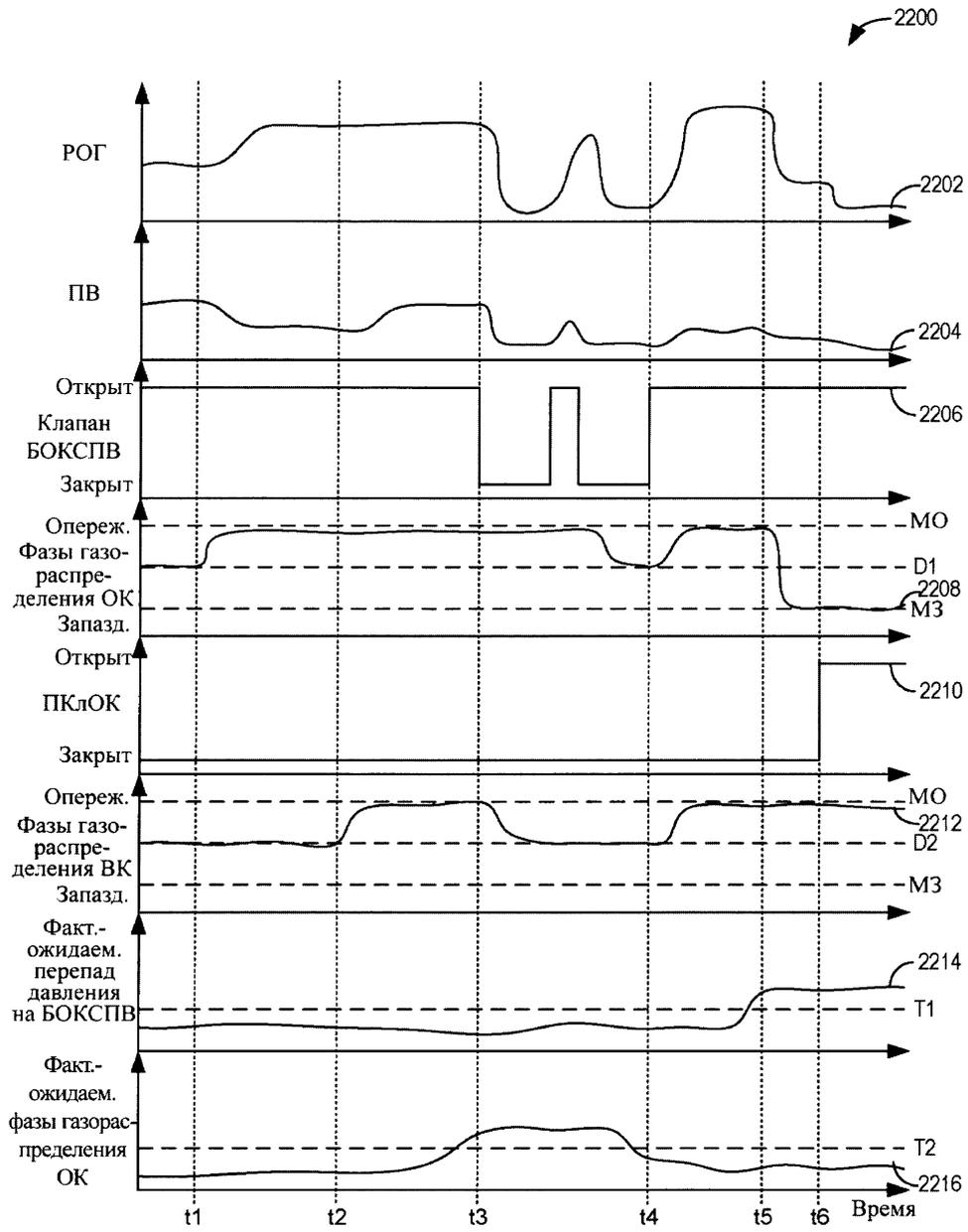
ФИГ. 19



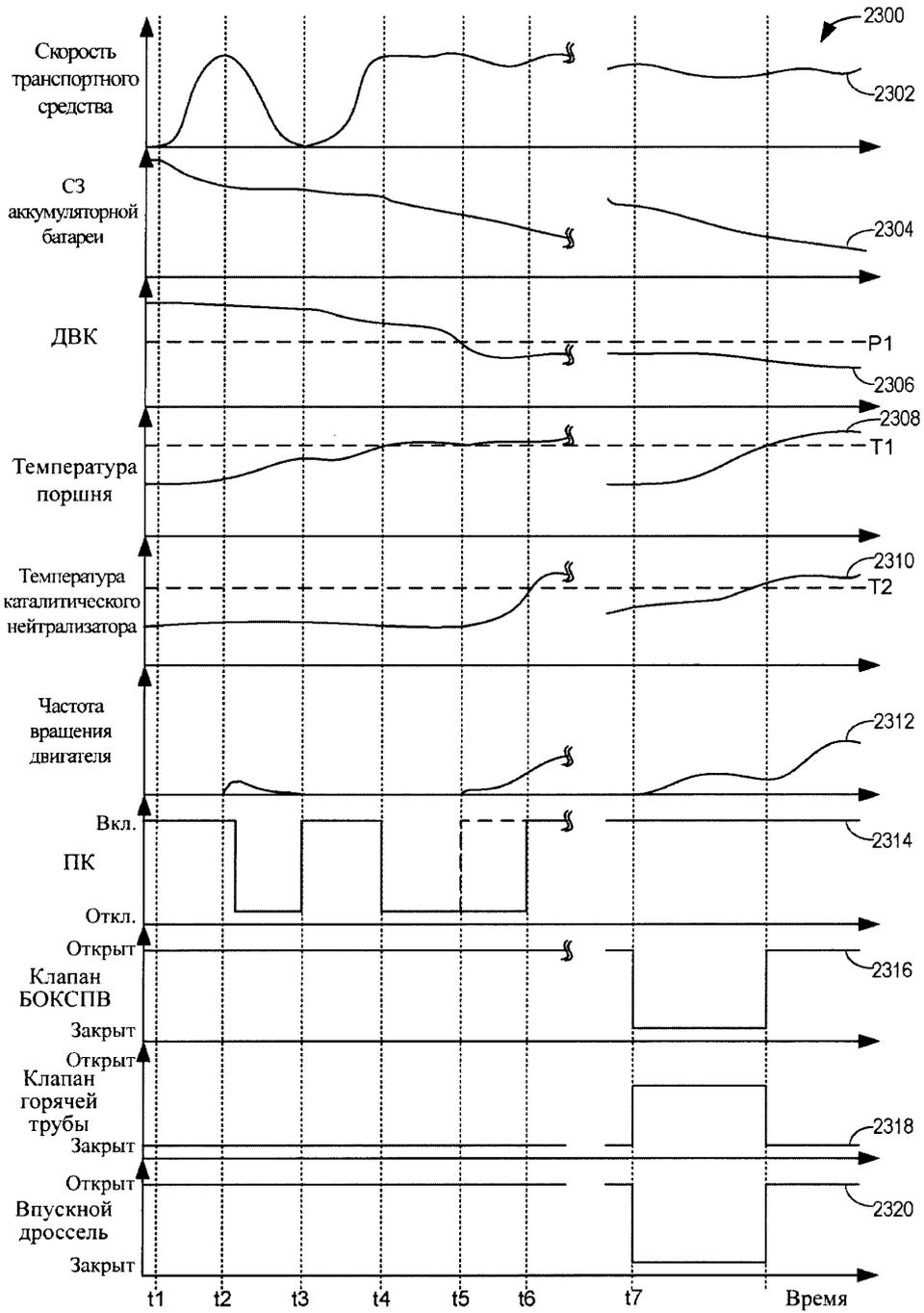
ФИГ. 20



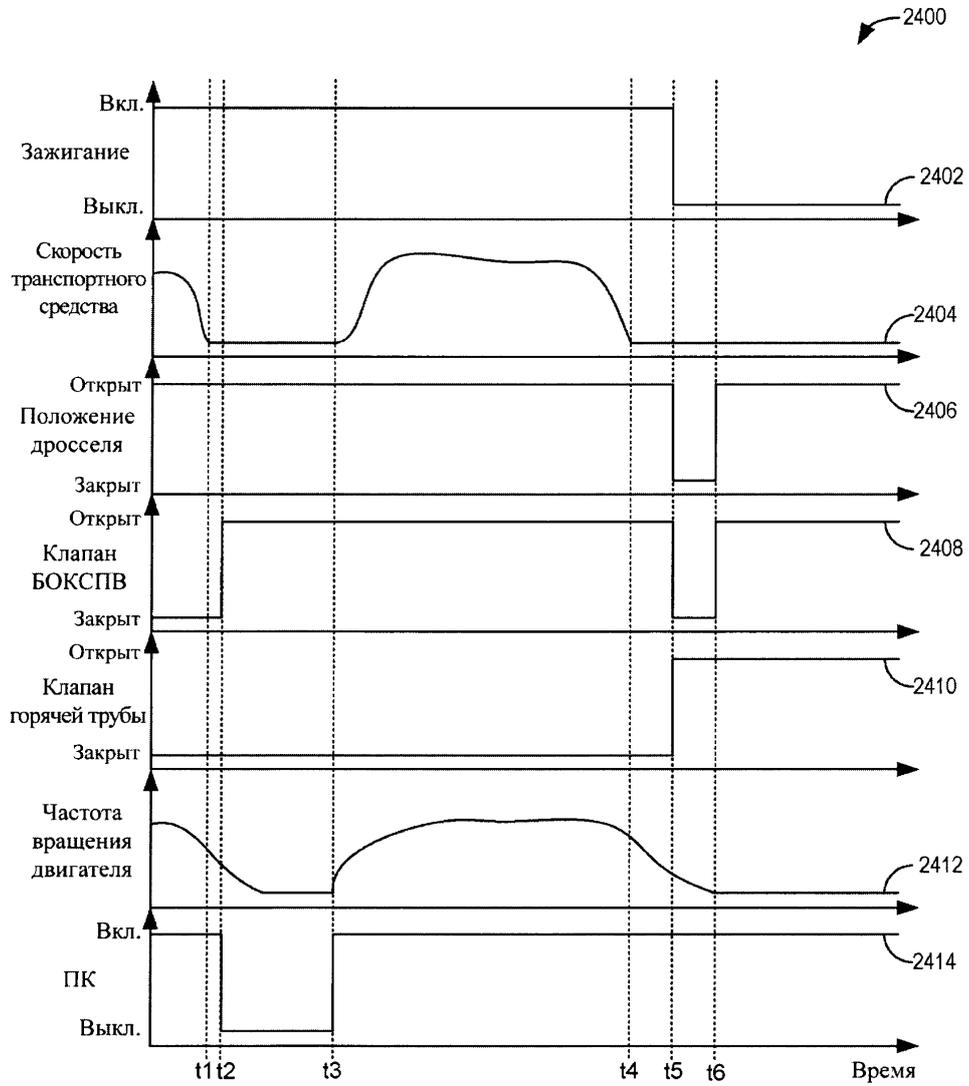
ФИГ. 21



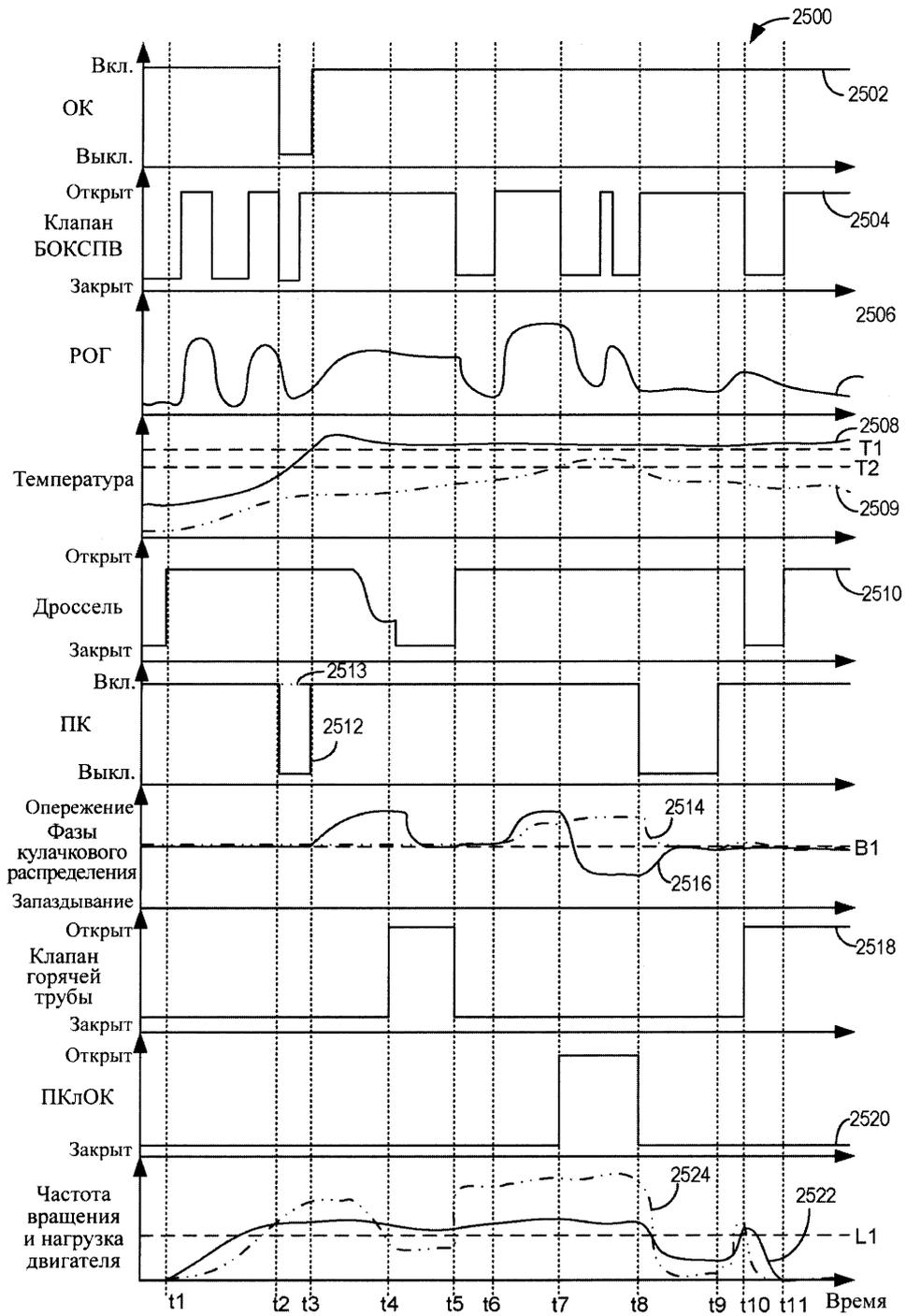
ФИГ. 22



ФИГ. 23



ФИГ. 24



ФИГ. 25