



(51) МПК
F01N 5/04 (2006.01)
F01N 13/10 (2010.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F02D 41/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01N 13/10 (2019.08); *F01N 13/107* (2019.08); *F01N 5/04* (2019.08); *F02D 13/0257* (2019.08); *F02D 17/02* (2019.08); *F02D 41/021* (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2017111458, 05.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.04.2017

Дата регистрации:
18.03.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
03.05.2016 US 15/145,686

(43) Дата публикации заявки: 05.10.2018 Бюл. № 28

(45) Опубликовано: 18.03.2020 Бюл. № 8

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

(72) Автор(ы):

**ЛЕОНЕ Томас Г. (US),
УЛРЕЙ Джозеф Норман (US)**

(73) Патентообладатель(и):

Форд Глобал Текнолоджиз, ЛЛК (US)

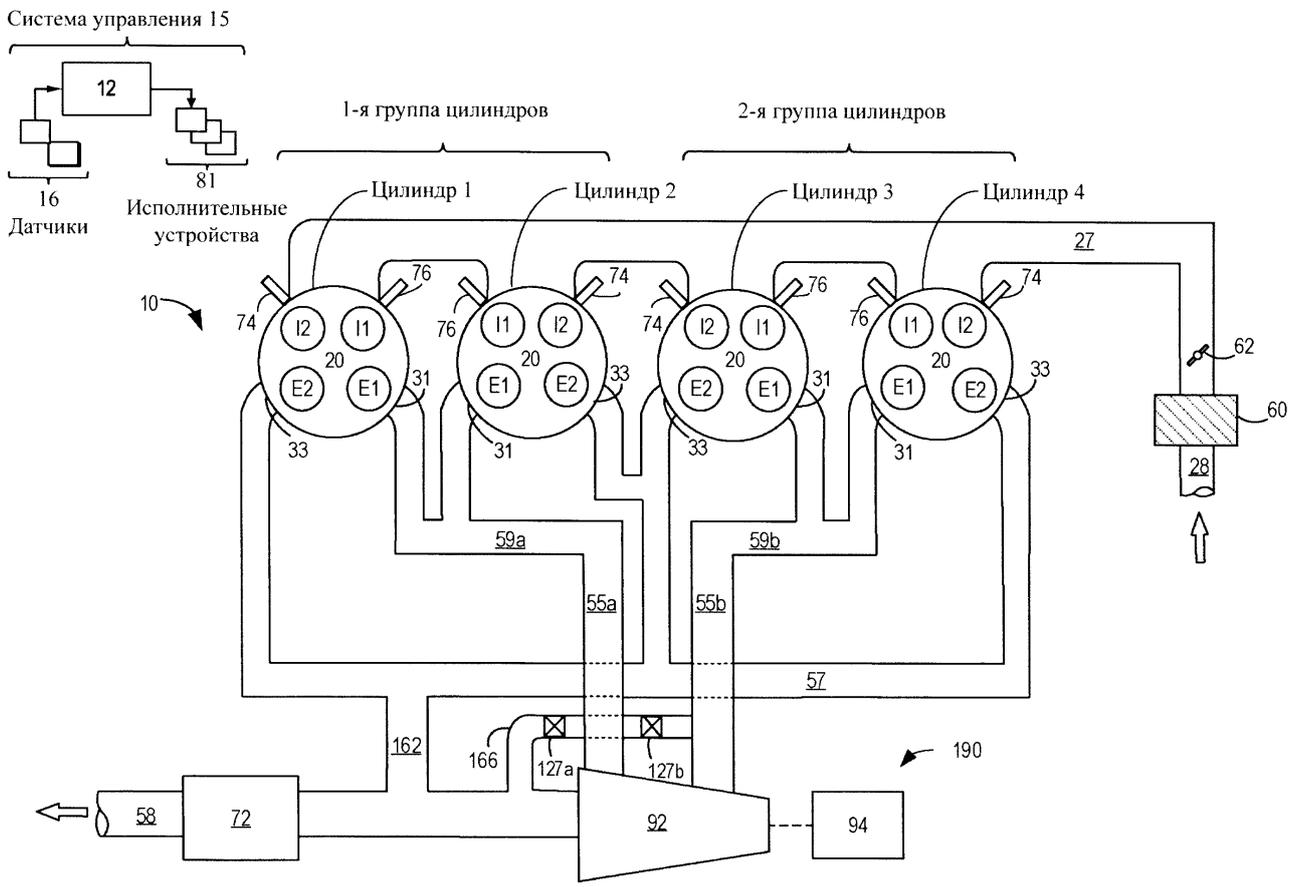
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 9051871 B1, 09.06.2015. EP 2749757 A1, 02.07.2014. US 2003/0000211 A1, 02.01.2003. RU 2013117077 A, 20.10.2014. EP 1127218 A1, 29.08.2001. US 7779634 B2, 24.08.2010.

(54) СПОСОБ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОМ В СИСТЕМЕ ДВИГАТЕЛЯ С РАЗВЕТВЛЕННЫМ ВЫПУСКНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ (ВАРИАНТЫ) И СИСТЕМА ДВИГАТЕЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в двигателях внутреннего сгорания транспортных средств, содержащих разветвленный выпускной коллектор. Способ для двигателя (10) заключается в том, что подают отработавшие газы из первого выпускного клапана (E1) всех цилиндров первой группы цилиндров в первую улитку газовой турбины (92) с одновременной подачей отработавших газов из первого выпускного клапана (E1) всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку газовой турбины (92). Подают отработавшие газы из второго выпускного клапана (E2) всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в

каталитический нейтрализатор (72) отработавших газов в обход газовой турбины (92). В ответ на превышение скоростью вращения газовой турбины пороговой скорости вращения выборочно отключают по меньшей мере один первый выпускной клапан (E1) по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров. Раскрыты вариант способа для двигателя и система двигателя. Технический результат заключается в уменьшении потерь энергии в выпускном коллекторе двигателя и в обеспечении регулирования числа оборотов турбины в широком диапазоне параметров работы двигателя. 3 н. и 15 з.п. ф-лы, 8 ил.



ФИГ. 1А



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F01N 5/04 (2006.01)
F01N 13/10 (2010.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F02D 41/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

F01N 13/10 (2019.08); *F01N 13/107* (2019.08); *F01N 5/04* (2019.08); *F02D 13/0257* (2019.08); *F02D 17/02* (2019.08); *F02D 41/021* (2019.08)

(21)(22) Application: **2017111458, 05.04.2017**

(24) Effective date for property rights:
05.04.2017

Registration date:
18.03.2020

Priority:

(30) Convention priority:
03.05.2016 US 15/145,686

(43) Application published: **05.10.2018 Bull. № 28**

(45) Date of publication: **18.03.2020 Bull. № 8**

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**LEONE, Thomas G. (US),
ULREY, Joseph Norman (US)**

(73) Proprietor(s):

Ford Global Technologies, LLC (US)

(54) **METHOD FOR CONTROL OF TURBO-GENERATOR IN ENGINE SYSTEM WITH BRANCHED EXHAUST MANIFOLD (EMBODIMENTS) AND ENGINE SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention can be used in internal combustion engines of vehicles containing branched exhaust manifold. Method for engine (10) is that exhaust gases are fed from first exhaust valve (E1) of all cylinders of first group of cylinders into first snout of gas turbine (92) with simultaneous supply of exhaust gases from first exhaust valve (E1) of all cylinders of second group of cylinders to second scroll of gas turbine (92). Exhaust gases from the second exhaust valve (E2) of all cylinders of the first and the second groups of cylinders are supplied to catalytic neutraliser (72) of

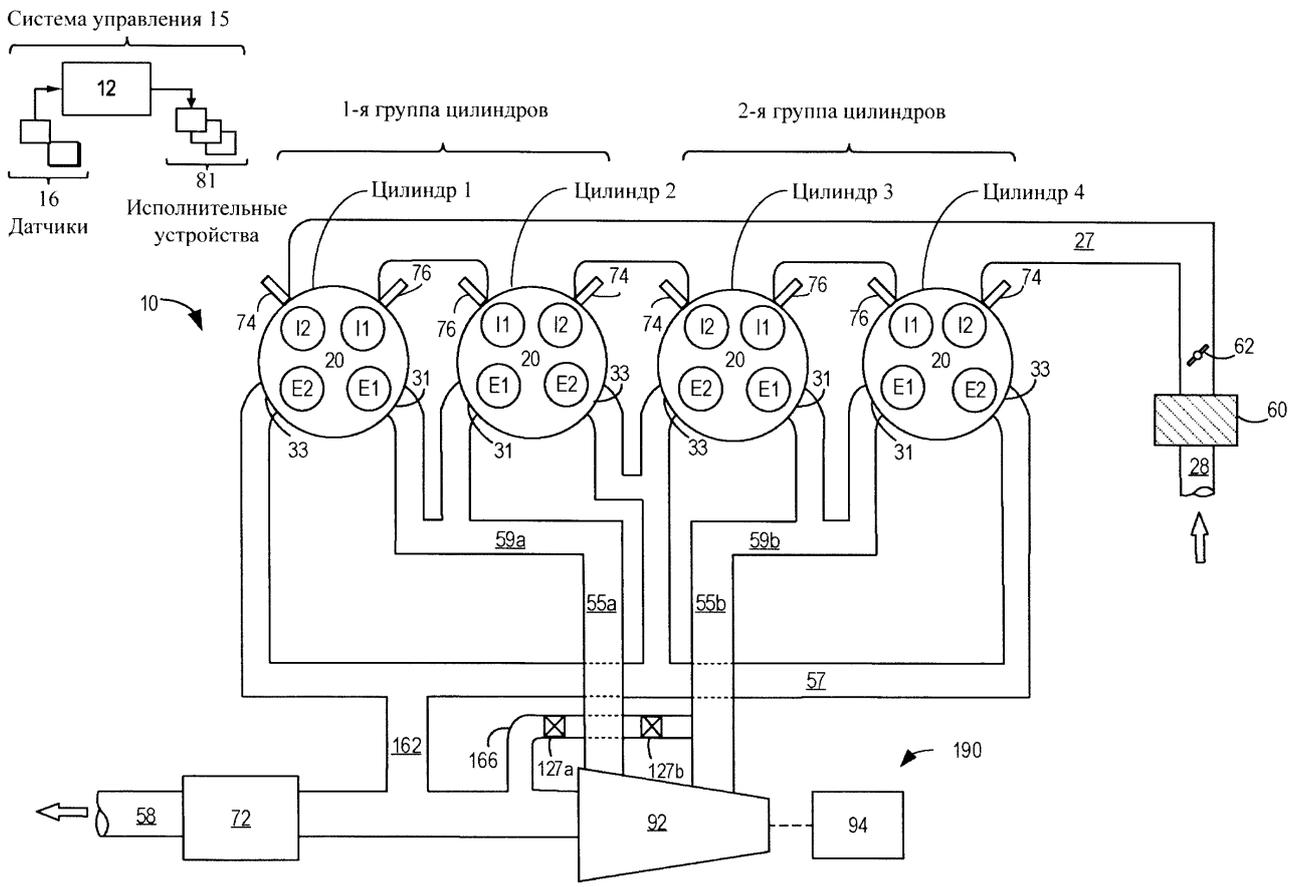
exhaust gases bypassing gas turbine (92). In response to excess speed of rotation of gas turbine threshold speed of rotation selectively disconnected at least one first outlet valve (E1) of at least one cylinder selected from first and second groups of cylinders. Embodiment of the method for the engine and an engine system are disclosed.

EFFECT: technical result consists in reduction of energy losses in exhaust manifold of engine and in control of turbine rpm in wide range of engine operation parameters.

18 cl, 8 dwg

RU 2 717 185 C 2

RU 2 717 185 C 2



ФИГ. 1А

Область техники

Настоящее описание в целом относится к способам и системам для управления двигателем транспортного средства, содержащим разветвленный выпускной коллектор, для регулирования турбогенератора.

5 Уровень техники и раскрытие изобретения

Системы двигателей могут быть выполнены с разветвленным выпускным коллектором, в котором отработавшие газы из некоторых цилиндров направляют в выпускной канал по первому выпускному коллектору, а отработавшие газы из других цилиндров направляют в общую выхлопную трубу по другим выпускным каналам.

10 Один пример системы двигателя с разветвленным выпускным коллектором раскрыт Олофссоном (Olofsson) в EP 1127218 B1. В указанном примере многоцилиндровую систему с приводимой в действие отработавшими газами турбиной применяют для приведения в действие компрессора. Разветвленная выпускная система соединяет первый выпускной клапан каждого цилиндра через первую выпускную ветвь с турбиной, при
15 этом второй выпускной клапан каждого цилиндра соединен, в обход турбины, со второй выпускной ветвью, ведущей в каталитический нейтрализатор отработавших газов, расположенный ниже по потоку от турбины. Изменение фаз газораспределения клапанов позволяет регулировать поток воздуха в двигатель посредством впускных клапанов и регулировать поток энергии отработавших газов через первый выпускной клапан в
20 турбину и через второй выпускной клапан в каталитический нейтрализатор отработавших газов в зависимости от изменений частоты вращения двигателя.

В других системах двигателя с разветвленным выпускным коллектором открытие первого выпускного клапана цилиндра может происходить в более ранний момент рабочего цикла двигателя для подачи потока массы отработавших газов первой части
25 фазы выпуска в турбину, при этом открытие второго выпускного клапана может происходить в более поздний момент рабочего цикла двигателя для подачи потока массы отработавших газов второй части фазы выпуска непосредственно в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход турбины. Направление отработавших газов в обход турбины во время второй части фазы выпуска позволяет
30 уменьшить насосные потери, связанные с высоким противодавлением турбины.

Однако авторы настоящего изобретения выявили потенциальные недостатки подобных разветвленных выпускных систем. Одним из них может быть падение КПД двигателя из-за значительных потерь энергии в выпускных коллекторах двигателя. В качестве примера, значительная часть энергии отработавших газов, направляемых в
35 турбину, может быть потеряна из-за сильной разветвленности сети выпускных коллекторов между выпускными клапанами и турбиной, что может стать причиной падения КПД двигателя.

Еще один недостаток разветвленных выпускных систем может состоять в снижении возможности регулирования числа оборотов турбины, шума, вибрации и резкости ШВР
40 (NVH) генератора, или перегрева таких компонентов, как головка блока цилиндров, выпускные клапаны, выпускной коллектор, турбина, каталитический нейтрализатор и т.п. В результате, во время работы двигателя число оборотов турбины может превысить пороговые уровни, что, при отсутствии контроля, может стать причиной работы системы с показателями ниже оптимальных.

45 С учетом вышесказанного, в одном примере некоторые из указанных недостатков может как минимум частично преодолеть способ для двигателя, содержащий шаги, на которых: подают отработавшие газы из первого выпускного клапана всех цилиндров первой группы цилиндров в первую улитку газовой турбины с одновременной подачей

отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку указанной газовой турбины; и подают отработавшие газы из второго выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход турбины. Способ может
5 дополнительно содержать шаг, на котором, при превышении порогового числа оборотов турбины, выборочно отключают первый выпускной клапан одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров. Разделение цилиндров на группы позволяет уменьшить пространство выпускного коллектора между отдельным цилиндром и турбиной, что позволяет эффективно подавать энергию отработавших
10 газов в турбину и свести к минимуму потери энергии. Выборочное отключение первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров позволяет уменьшить величину массового расхода потока отработавших газов в турбину и регулировать число оборотов турбины для регулирования отдачи генератора и/или, избежать отказа турбины или генератора, и/или уменьшить ШВР генератора, и/или
15 повысить КПД двигателя.

В одном примере двигатель может содержать множество цилиндров, образующих первую и вторую группы цилиндров. При превышении порогового числа оборотов турбины, один или несколько цилиндров могут быть выборочно отключены. Например, первый выпускной клапан одного цилиндра первой группы цилиндров и одного
20 цилиндра второй группы цилиндров могут быть выборочно отключены на определенный период. Выборочное отключение первого выпускного клапана ограничивает поток отработавших газов в турбину, уменьшая число оборотов турбины, отдачу генератора и ШВР генератора до пороговых уровней. Указанный один цилиндр из первой и второй групп цилиндров может быть выбран по положению в блоке цилиндров и/или порядку
25 зажигания таким образом, чтобы, одновременно с уменьшением числа оборотов турбины, снизить ШВР. В других примерах, чем сильнее число оборотов турбины превышает пороговое, тем большее количество цилиндров первой и/или второй групп цилиндров может быть выбрано, и их первые выпускные клапаны могут быть выборочно отключены до тех пор, пока число оборотов турбины не войдет в необходимый
30 диапазон.

Раскрытое в настоящем описании решение может создавать несколько преимуществ. Например, способ обеспечивает улучшение возможности подачи энергии отработавших газов из цилиндров двигателя в турбину. Как следствие, данное решение уменьшает потери энергии в выпускном коллекторе двигателя. Кроме того, данное решение
35 позволяет регулировать число оборотов турбины в широком диапазоне параметров работы двигателя. Регулирование и ограничение числа оборотов турбины (и, тем самым, числа оборотов генератора) до необходимого числа (или диапазона) оборотов позволяет ограничить рост отдачи генератора и ШВР генератора, а также рост температуры компонентов, до необходимых пороговых уровней и, тем самым, повысить КПД
40 двигателя. Кроме того, введение выпускной системы с относительно малой сетью выпускных коллекторов между цилиндром и турбиной ограничивает потери энергии в выпускной системе и обеспечивает улучшение отдачи генератора и, как следствие, повышение КПД и эксплуатационных показателей двигателя/генератора в целом.

Следует понимать, что вышеприведенное краткое описание служит лишь для
45 ознакомления в простой форме с некоторыми концепциями, которые далее будут раскрыты подробно. Это описание не предназначено для обозначения ключевых или существенных отличительных признаков заявленного предмета изобретения, объем которого уникально определен формулой изобретения, приведенной после раздела

«Осуществление изобретения». Заявляемый предмет изобретения также не ограничивается вариантами осуществления, устраняющими недостатки, указанные выше или в любой другой части настоящей заявки.

Краткое описание фигур чертежей

5 На ФИГ. 1А схематически изображена система безнаддувного двигателя с разветвленным выпускным коллектором и турбиной с двойной улиткой, приводящей в действие генератор.

10 На ФИГ. 1В схематически изображена система безнаддувного двигателя с разветвленным выпускным коллектором, соединенным с турбиной с двойной улиткой (приводящей в действие генератор) и каталитическим нейтрализатором отработавших газов.

На ФИГ. 2 схематически изображена камера сгорания системы двигателя на ФИГ. 1А.

15 На ФИГ. 3 изображена высокоуровневая блок-схема, иллюстрирующая пример алгоритма для уменьшения энергии, подаваемой в турбину с двойной улиткой турбогенератора, для регулирования числа оборотов турбогенератора, и/или отдачи турбогенератора по мощности или току, и/или ШВР турбогенератора, и/или температуры компонентов.

20 На ФИГ. 4 изображена высокоуровневая блок-схема, иллюстрирующая пример алгоритма для определения необходимого числа оборотов турбогенератора, используемого совместно с алгоритмом на ФИГ. 3.

25 На ФИГ. 5 изображена высокоуровневая блок-схема, иллюстрирующая пример алгоритма для выполнения выборочного отключения клапанов для уменьшения энергии, подаваемой в турбину с двойной улиткой турбогенератора, используемого совместно с алгоритмом на ФИГ. 3.

На ФИГ. 6 приведен пример фаз газораспределения и продолжительности открытия впускных и выпускных клапанов во время штатной работы двигателя по настоящему изобретению.

30 На ФИГ. 7 приведен пример диаграммы, иллюстрирующей выборочное отключение клапанов в цилиндрах нескольких групп цилиндров в зависимости от числа оборотов турбины, отдачи генератора по мощности или току и/или ШВР генератора.

На ФИГ. 8 приведен пример диаграммы, иллюстрирующей выборочное отключение клапанов в цилиндрах нескольких групп цилиндров в зависимости от нагрузки двигателя и/или температуры компонентов.

35 Осуществление изобретения

Нижеследующее описание относится к системам и способам для уменьшения энергии отработавших газов, подаваемой в турбину с двойной улиткой, приводящей в действие турбогенератор в системе двигателя с разветвленным выпускным коллектором, например, в системе двигателя на ФИГ. 1А-2. Данное решение повышает КПД двигателя 40 за счет уменьшения мертвого пространства между выпускными клапанами и турбиной, сокращая, тем самым, частоту возникновения заброса оборотов турбины и ШВР турбогенератора. А именно, система двигателя с разветвленным выпускным коллектором может содержать первый выпускной клапан (в настоящем описании также именуемый «клапан свободного выпуска») для подачи свободно выпускаемой порции 45 отработавших газов из первой группы цилиндров двигателя в турбогенератор с двойной улиткой, расположенный в первом выпускном канале, через первый выпускной коллектор, и подачи другой порции отработавших газов из второй группы цилиндров двигателя в турбогенератор с двойной улиткой через второй выпускной коллектор,

отличный от первого коллектора, и второй выпускной клапан (в настоящем описании также именуемый «клапан принудительного выпуска») для подачи принудительно выпускаемой порции отработавших газов из первой и второй групп цилиндров двигателя в каталитический нейтрализатор отработавших газов через третий выпускной коллектор.

5 При превышении порогового числа оборотов турбины, пороговой отдачи генератора (по мощности/току), и/или пороговых ШВР генератора, контроллер двигателя, содержащийся в системе двигателя, может быть выполнен для реализации алгоритма управления, например, алгоритма на ФИГ. 3, для выборочного отключения клапана свободного выпуска в цилиндрах двигателя одной или нескольких групп цилиндров

10 для уменьшения количества энергии отработавших газов, подаваемой в турбину с двойной улиткой. Пример алгоритма для определения необходимого числа оборотов генератора для определения порога числа оборотов турбины, при превышении которого может быть выборочно отключен клапан свободного выпуска в одной или нескольких группах цилиндров, раскрыт на ФИГ. 4. Количество отключаемых клапанов свободного

15 выпуска можно определить согласно примеру алгоритма на ФИГ. 5. Пример фаз газораспределения клапанов, в том числе клапанов свободного выпуска, во время штатной работы двигателя (то есть без отключения клапана свободного выпуска) представлен на ФИГ. 6. Пример регулирования клапана свободного выпуска в зависимости от числа оборотов турбины, отдачи генератора (по мощности или току)

20 и/или ШВР генератора раскрыт на ФИГ. 7. В еще одном примере регулирование клапана свободного выпуска цилиндров в нескольких группах цилиндров можно осуществлять в зависимости режимов нагрузки двигателя и температуры компонентов, как раскрыто на ФИГ. 8.

Применение раскрытых в настоящем описании систем и способов позволяет достичь

25 технического эффекта, состоящего в уменьшении энергии отработавших газов, подаваемой в турбину с двойной улиткой генератора с турбинным приводом, посредством выборочного отключения клапанов свободного выпуска в системе двигателя с разветвленным выпускным коллектором.

На ФИГ. 1А представлена принципиальная схема безнаддувного многоцилиндрового

30 двигателя 10 внутреннего сгорания, могущего входить в состав силовой установки автомобиля. Двигатель 10 может содержать множество камер 20 сгорания (то есть цилиндров). В раскрытом примере двигатель 10 содержит четыре рядных расположенных цилиндра с 1 по 4. При этом в других примерах двигатель 10 может содержать один или несколько цилиндров, например, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 или более цилиндров,

35 расположенных по другой схеме, например, V-6, I-6, V-12, оппозитной 4-цилиндровой, оппозитной и т.п.

Каждый из цилиндров 20 двигателя 10 может быть выполнен с возможностью приема всасываемого воздуха из впускного коллектора 27 по воздухозаборному каналу 28. Заборный канал 28 может содержать впускной воздушный дроссель 62 ниже по потоку

40 от воздушного фильтра 60. Положение дросселя 62 может изменять система 15 управления посредством привода дросселя (не показан), соединенного с возможностью связи с контроллером 12. Изменение положения дросселя 62 позволяет всасывать то или иное количество свежего воздуха из атмосферы в двигатель 10 и подавать в цилиндры двигателя под давлением не выше барометрического (или атмосферного) по заборному каналу 28. Впускной коллектор 27 может быть соединен с камерами сгорания

45 через впускные каналы (не показаны). Каждый впускной канал выполнен с возможностью подачи воздуха и/или топлива в цилиндр, с которым он соединен, для сгорания. Каждый впускной канал цилиндра выполнен с возможностью выборочного

сообщения с цилиндром через один или несколько впускных клапанов. В раскрытом примере каждый цилиндр 20 показан с двумя впускными клапанами I1 и I2. В одном примере от впускного коллектора 27 может быть сформирован заборный канал с возможностью выборочной связи с каждым впускным клапаном. В других вариантах осуществления заборный канал для единственного цилиндра может быть разветвлен вблизи цилиндра на два смежных пути со стенкой между ними, при этом каждый путь разветвленного канала связан с одним впускным клапаном. В другом примере каждым из двух впускных клапанов можно управлять таким образом, чтобы их открытие происходило при достижении определенных частот вращения двигателя, следовательно, указанные клапаны могут сообщаться с впускным коллектором через общий впускной канал.

Отработавшие газы могут покидать любую из камер сгорания через соединенные с ней два выпускных окна. В раскрытом примере каждый из цилиндров 20 соединен с первым выпускным окном 31 через первый выпускной клапан E1 и со вторым выпускным окном 33 через второй выпускной клапан E2. Каждое из выпускных окон каждого цилиндра первой и второй групп цилиндров может вести в разные выпускные коллекторы для направления отдельно первой, начальной, порции отработавших газов (в настоящем описании также именуемой «свободно выпускаемая порция») и отдельно второй, более поздней, порции отработавших газов (в настоящем описании также именуемой «принудительно выпускаемая порция»). Например, первые выпускные окна 31 цилиндров 20 первой группы цилиндров могут вести в один и тот же выпускной коллектор 59a, а первые выпускные окна 31 цилиндров 20 второй группы цилиндров - в один и тот же второй выпускной коллектор 59b. Аналогичным образом, вторые выпускные окна 33 каждого из цилиндров 20 могут вести в один и тот же третий выпускной коллектор 57. Таким образом, каждая камера 20 сгорания первой и второй групп цилиндров выполнена с возможностью выпуска свободно выпускаемой порции газообразных продуктов сгорания в первый выпускной коллектор 59a и во второй выпускной коллектор 59b соответственно через первый выпускной клапан E1 и выпуска принудительно выпускаемой порции газообразных продуктов сгорания в третий выпускной коллектор 57 через второй выпускной клапан E2. Такая выпускная система, содержащая три выпускных коллектора: два для прохода свободно выпускаемой порции отработавших газов и третий - для прохода принудительно выпускаемой порции отработавших газов, далее в настоящем описании будет именоваться «разветвленная выпускная система».

Двигатель 10 может содержать генератор 190 с турбинным приводом, расположенный в первом выпускном канале 55a (соединенном с первым выпускным коллектором 59a) и втором выпускном канале 55b (соединенном со вторым выпускным коллектором 59b). Генератор 190 с турбинным приводом может содержать газовую турбину 92 с двойной улиткой и генератор 94, установленные на общем валу. Перепускная заслонка 127a и 127b может быть соединена с перепускным каналом 166, установленным между входом и выходом газовой турбины с двойной улиткой для регулирования количества отработавших газов, подаваемых в турбину с двойной улиткой. В некоторых примерах перепускная заслонка может быть соединена с обоими выпускными каналами 55a и 55b, при этом в других примерах перепускная заслонка может отсутствовать. В системах без перепускной заслонки количество отработавших газов, подаваемых в турбину, можно регулировать, главным образом, путем отключения клапанов свободного выпуска.

Как сказано выше, выпускные коллекторы могут быть выполнены с возможностью

раздельного направления свободно выпускаемой и принудительно выпускаемой порций отработавших газов. Выпускной коллектор 59a выполнен с возможностью направления первой порции свободно выпускаемого импульса отработавших газов из первой группы цилиндров в турбину 92 турбогенератора 190 через первый выпускной канал 55a, а
5 выпускной коллектор 59b выполнен с возможностью направления второй порции свободно выпускаемого импульса отработавших газов из второй группы цилиндров в турбину 92, в то время как выпускной коллектор 57 выполнен с возможностью направления принудительно выпускаемой порции отработавших газов по третьему
10 выпускному каналу 162 в область ниже по потоку от турбины 92 и выше по потоку от устройства 72 снижения токсичности выбросов. Например, выпускные клапаны E1 направляют первую свободно выпускаемую порцию отработавших газов из первой
группы цилиндров через выпускной коллектор 59a и первый выпускной канал 55a в турбину с двойной улиткой и вторую свободно выпускаемую порцию отработавших
15 газов из второй группы цилиндров через выпускной коллектор 59b и второй выпускной канал 55b, при этом выпускные клапаны E2 направляют принудительно выпускаемую порцию отработавших газов через выпускной коллектор 57 по второму выпускному
каналу 162 в устройство 72 снижения токсичности выбросов. Открытие и закрытие первых выпускных клапанов цилиндров из первой и второй групп цилиндров может
происходить раньше, чем открытие и закрытие вторых выпускных клапанов.

20 Отработавшие газы из турбины 92 также могут проходить через устройство 72 снижения токсичности выбросов. В одном примере устройство 72 снижения токсичности выбросов может содержать несколько блоков носителя катализатора. В еще одном
примере могут быть применены несколько устройств снижения токсичности выбросов с несколькими блоками носителя каждое. В некоторых примерах устройство 72 снижения
25 токсичности выбросов может представлять собой трехкомпонентный каталитический нейтрализатор. В других примерах устройство 72 снижения токсичности выбросов может включать в себя одно или несколько из следующих устройств: окислительный
каталитический нейтрализатор дизельного двигателя ОКНДД (DOC) и каталитический нейтрализатор избирательного восстановления КНИВ (SCR). После прохождения через
30 устройство 72 снижения токсичности выбросов, отработавшие газы могут быть направлены в выхлопную трубу 58.

Таким образом, газообразные продукты сгорания, покидающие цилиндр, могут быть разделены на две части, направляемые по трем разным выпускным каналам,
35 образованным разветвленным выпускным коллектором. Например, в одном цикле сгорания первый выпускной клапан E1 цилиндра 20 из первой и второй групп цилиндров может направлять первую порцию отработавших газов, а именно - свободно
выпускаемую порцию - в турбину 92 по первому выпускному каналу 55a и второму выпускному каналу 55b соответственно, при этом второй выпускной клапан E2 того
же цилиндра (20) из обеих групп цилиндров может направлять вторую порцию
40 отработавших газов, следующую за свободно выпускаемой порцией, в устройство 72 снижения токсичности выбросов по второму каналу 162. Вторая порция отработавших
газов, выходящая через второй выпускной клапан E2, может представлять собой преимущественно принудительно выпускаемую порцию отработавших газов.

На ФИГ. 1A топливные форсунки показаны соединенными непосредственно с
45 камерами сгорания для впрыска топлива непосредственно в них пропорционально длительности топливного импульса ДТИ (FPW), поступившего от контроллера 12, например, через электронный формирователь. Каждый цилиндр 20 показан соединенным
с двумя форсунками 74 и 76 на цилиндр на каждом впускном клапане. Так топливные

форсунки обеспечивают известный из уровня техники непосредственный впрыск топлива в камеры сгорания. Например, любая соответствующая топливная форсунка может быть установлена на боковой или на верхней стороне соответствующей камеры сгорания. В некоторых примерах одна или несколько топливных форсунок могут быть
5 расположены во впускном коллекторе 27; данная компоновка обеспечивает известный из уровня техники впрыск топлива во впускные каналы выше по потоку от соответствующих камер сгорания. Хотя это и не показано на ФИГ. 1А, топливо может поступать в топливные форсунки из топливной системы, содержащей топливный бак, топливный насос, топливопровод и топливную рампу.

10 В некоторых примерах искру зажигания на свечи зажигания (не показаны) может подавать бесконтактная система зажигания (не показана), соединенная с камерами 20 сгорания, по сигналу контроллера 12.

Двигателем 10 можно как минимум частично управлять с помощью системы 15 управления, содержащей контроллер 12, и управляющих воздействий водителя
15 транспортного средства через устройство ввода, например, управляющих воздействий через педаль акселератора, как раскрыто ниже на ФИГ. 2. Система 15 управления показана получающей информацию от множества датчиков 16 (несколько примеров которых раскрыты в настоящем описании) и направляющей управляющие сигналы на множество исполнительных устройств 81. В одном примере в число датчиков 16 могут
20 входить датчики давления и температуры на входе турбокомпрессора и датчики давления воздуха в коллекторе ДВК (MAP), расположенные внутри заборного канала. В число других датчиков могут входить: датчик давления на входе дросселя ДВД (TP) для оценки давления на входе дросселя (ДВД) и/или датчик температуры на входе дросселя ТВД (TST), установленный ниже по потоку от дросселя в заборном канале.

25 Дополнительные датчики и исполнительные устройства подробно раскрыты на примере ФИГ. 2. В еще одном примере в число исполнительных устройств 81 могут входить топливные форсунки и дроссель 62. Контроллер 12 выполнен с возможностью получения входных данных от различных датчиков, обработки этих входных данных и приведения в действие исполнительных устройств в зависимости от результатов обработки входных
30 данных в соответствии с командой или кодом, запрограммированным в нем и относящимся к одному или нескольким алгоритмам. Алгоритмы управления раскрыты в настоящем описании на примерах ФИГ. 3-5.

Подача потока отработавших газов из цилиндров первой группы цилиндров по первой улитке и потока отработавших газов из цилиндров второй группы цилиндров
35 по второй улитке устраняет необходимость в обширной сети выпускных коллекторов, ограничивая потери энергии в выпускной системе и улучшая эксплуатационные показатели двигателя.

На ФИГ. 1В представлен пространственный вид безнаддувного многоцилиндрового двигателя 10 внутреннего сгорания, могущего входить в состав силовой установки
40 автомобиля. Компоненты, представленные ранее на ФИГ. 1А, изображены с теми же номерами позиций и не будут представлены повторно. Двигатель 10 может содержать множество камер сгорания. В раскрытом примере двигатель 10 содержит клапан 31 свободного выпуска и клапан 33 принудительного выпуска из четырех рядно расположенных цилиндров.

45 Клапаны свободного выпуска в первом и втором цилиндрах могут быть связаны с первым выпускным коллектором 59а, ведущим в первый выпускной канал 55а, связанный с турбиной 92 с двойной улиткой, связанной с генератором 94. В данном случае первый и второй цилиндры могут представлять собой цилиндры одной и той же

группы, например цилиндры 1 и 2 на ФИГ. 1А. Клапаны свободного выпуска в третьем и четвертом цилиндрах могут быть связаны со вторым выпускным коллектором 59b, ведущим во второй выпускной канал, связанный с турбиной с двойной улиткой. В данном случае третий и четвертый цилиндры могут представлять собой цилиндры той же группы цилиндров, что и цилиндры 3 и 4 на ФИГ. 1А. Фланец 56 турбины может быть установлен в месте соединения первого выпускного коллектора 59a и второго выпускного коллектора 59b с турбиной 92. Как показано на виде в поперечном разрезе фланца турбины по плоскости М-М', первый и второй выпускные каналы могут быть соединены с турбиной с двойной улиткой через отдельные входы. Таким образом, направление потоков отработавших газов из клапанов свободного выпуска в цилиндрах 1 и 2 в турбину по первому выпускному каналу и отработавших газов из клапанов свободного выпуска в цилиндрах 3 и 4 в турбину по второму выпускному каналу позволяет уменьшить пространство выпускного коллектора между каждым отдельным цилиндром и турбиной, свести к минимуму потери энергии и эффективно подавать энергию отработавших газов в турбину, и, как следствие, повысить КПД двигателя.

Клапан 33 принудительного выпуска во всех цилиндрах может быть связан с общим выпускным каналом 57, идущим в обход турбины с двойной улиткой и ведущим в устройство 72 снижения токсичности выбросов ниже по потоку от турбины с двойной улиткой. После прохождения через устройство 72 снижения токсичности выбросов, отработавшие газы могут быть направлены в выхлопную трубу 58.

На ФИГ. 2 изображен частичный вид 200 одного цилиндра двигателя 10 внутреннего сгорания. Компоненты, раскрытые ранее на ФИГ. 1А, представлены с теми же номерами позиций и не раскрываются повторно. Двигателем 10 можно как минимум частично управлять с помощью системы управления, содержащей контроллер 12, и управляющих воздействий водителя 214 транспортного средства через устройство 216 ввода. В данном примере устройство 216 ввода содержит педаль акселератора и датчик 218 положения педали для формирования пропорционального сигнала положения педали ПП (PP).

Двигатель 10 изображен содержащим камеру 20 сгорания (цилиндр), рубашку 213 охлаждения и стенки 232 цилиндра с расположенным между ними поршнем 236, соединенным с коленчатым валом 240. Камера 20 сгорания показана сообщающейся с заборным каналом 146 и выпускным каналом 148 через впускной клапан 252 и выпускной клапан 256 соответственно. Как было раскрыто ранее на ФИГ. 1А, каждый цилиндр двигателя 10 выполнен с возможностью выпуска продуктов сгорания по двум каналам. На описываемом виде 200 выпускной канал 148 представляет первое выпускное окно, ведущее из цилиндра к турбине (например, выпускное окно 33 на ФИГ. 1А), при этом второй выпускной канал, ведущий к каталитическому нейтрализатору отработавших газов, не показан на данном виде.

Как также было раскрыто на ФИГ. 1А, каждый цилиндр двигателя 10 может содержать два (или более) впускных клапана и два (или более) выпускных клапана. На изображенном виде 200 впускной клапан 252 и выпускной клапан 256 расположены в верхней области камеры 20 сгорания. Впускным клапаном 252 и выпускным клапаном 256 может управлять контроллер 12 с помощью соответствующих систем кулачковых приводов, содержащих один или несколько кулачков. В системах кулачковых приводов можно использовать 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 раскрываемом примере каждым впускным клапаном 252 управляет кулачок 251 впускного клапана, а каждым

выпускным клапаном 256 - кулачок 253 выпускного клапана. Положение впускного клапана 252 и выпускного клапана 256 могут определять датчики 255 и 257 положения клапана соответственно.

5 В других вариантах впускной и/или выпускной клапаны могут быть электроприводными. Например, цилиндр 20 может содержать впускной клапан с электроприводом и выпускной клапан с кулачковым приводом, в том числе системы ППК и/или ИФКР. В других вариантах впускными и выпускными клапанами можно управлять с помощью общего привода или системы привода клапанов, или привода или системы привода изменения фаз газораспределения.

10 В одном примере кулачок 251 впускного клапана содержит отдельные и разные выступы кулачка, обеспечивающие возможность использования разных профилей кулачков (например, для изменения фаз газораспределения, высоты подъема, продолжительности открытия клапана и т.п.) для каждого из двух впускных клапанов камеры 20 сгорания. Аналогичным образом, кулачок 253 выпускного клапана может
15 содержать отдельные и разные выступы кулачка, обеспечивающие возможность использования разных профилей кулачков (например, для изменения фаз газораспределения, высоты подъема, продолжительности открытия клапана и т.п.) для каждого из двух выпускных клапанов камеры 20 сгорания. В другом примере кулачок 251 впускного клапана может содержать общий выступ или схожие выступы,
20 обеспечивающие возможность использования по существу схожих профилей кулачков для каждого из двух впускных клапанов.

Кроме того, можно использовать разные профили кулачков для разных выпускных клапанов для отделения отработавших газов, выпускаемых при низком давлении в цилиндре, от отработавших газов, выпускаемых под давлением отработавших газов.
25 Например, первый профиль кулачка выпускного клапана выполнен с возможностью открытия первого выпускного клапана из закрытого положения непосредственно перед достижением НМТ (нижней мертвой точки) во время рабочего такта в камере 20 сгорания и закрытия этого выпускного клапана задолго до достижения верхней мертвой точки (ВМТ) для выборочного удаления газов фазы свободного выпуска из камеры
30 сгорания. Кроме того, второй профиль кулачка выпускного клапана может быть расположен с возможностью открытия второго выпускного клапана из закрытого положения приблизительно в середине такта выпуска и закрытия его до достижения поршнем ВМТ для выборочного удаления принудительно выпускаемой порции отработавших газов.

35 Кроме того, на ФИГ. 2 изображен датчик 226 отработавших газов, соединенный с выпускным каналом 148. Датчик 226 может быть расположен в выпускном канале выше по потоку от одного или нескольких устройств снижения токсичности выбросов, например, устройства 72 на ФИГ. 1А. Датчик 226 можно выбрать из числа датчиков, подходящих для получения показаний воздушно-топливного отношения в отработавших
40 газах, например: линейный датчик кислорода или УДКОГ (UEGO) (универсальный или широкодиапазонный 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
45 устройства одного или нескольких из следующих типов: трехкомпонентный каталитический нейтрализатор ТКН (TWC), накопитель NOx, устройства снижения токсичности выбросов других типов или их комбинацию.

Температуру отработавших газов можно оценивать с помощью одного или

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

5 Цилиндр 20 может иметь степень сжатия, представляющую собой отношение объема при нахождении поршня 236 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
10 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 91 зажигания для воспламенения. Система 288 зажигания может подавать искру зажигания
15 в камеру 20 сгорания с помощью свечи 91 зажигания по сигналу опережения зажигания ОЗ (SA) от контроллера 12 в определенных режимах работы. Однако в некоторых вариантах осуществления свеча 91 зажигания может отсутствовать, например, в двигателе 10 с возможностью автоматического зажигания или зажигания при впрыске топлива, что может иметь место в некоторых дизельных двигателях.

20 В некоторых вариантах осуществления каждый цилиндр двигателя 10 может быть выполнен с одной или несколькими топливными форсунками для подачи в него топлива. В качестве неограничивающего примера, цилиндр 20 показан содержащим одну топливную форсунку 66. Топливная форсунка 66 показана соединенной непосредственно с камерой 20 сгорания для впрыска топлива непосредственно в нее пропорционально
25 длительности топливного импульса (ДТИ), полученного от контроллера 12 через электронный формирователь 268. Так топливная форсунка 66 обеспечивает известный из уровня техники непосредственный впрыск топлива (также именуемый «НВ») в цилиндр 20 сгорания. На ФИГ. 2 топливная форсунка 66 показана в виде боковой форсунки, однако она также может быть расположена над поршнем, например, рядом
30 со свечей 91 зажигания. Такое расположение может способствовать лучшему смешиванию и сгоранию при работе двигателя на спиртосодержащем топливе из-за пониженной испаряемости некоторых спиртосодержащих топлив. Или же форсунка может быть расположена над впускным клапаном или рядом с ним для улучшения смешивания. В другом варианте форсунка 66 может представлять собой форсунку
35 впрыска во впускной канал, подающую топливо во впускной канал выше по потоку от цилиндра 20.

Топливо на топливную форсунку 66 может поступать из топливной системы 8 высокого давления, содержащей топливные баки, топливные насосы и топливную
40 рампу. Или же топливо может подавать одноступенчатый топливный насос при более низком давлении, и в этом случае моменты непосредственного впрыска во время такта сжатия могут быть более ограниченными, чем при использовании топливной системы высокого давления. Кроме того, хотя это и не показано, топливные баки могут содержать преобразователь давления, направляющий сигнал в контроллер 12.

Топливные баки в топливной системе 8 выполнены с возможностью содержать топлива
45 с разными свойствами, например, с разными составами. В число различий могут входить: разное содержание спирта, разное октановое число, разная теплота парообразования, разные составы смеси и/или комбинации этих отличий, и т.п. В некоторых вариантах осуществления топливная система 8 может быть соединена с системой рекуперации

топливных паров, содержащей канистру для накапливания топливных паров, образующихся при дозакравке и в течение суток. Топливные пары можно удалять продувкой из канистры в цилиндры двигателя во время работы двигателя при наличии условий для продувки. Например, удаляемые продувкой пары могут естественным образом всасываться в цилиндр по первому заборному каналу при давлении не выше барометрического.

Контроллер 12 показан на ФИГ. 2 в виде микрокомпьютера, содержащего микропроцессорное устройство 102, порты 104 ввода/вывода, электронную среду хранения выполняемых программ и калибровочных значений, в данном конкретном примере показанную в виде постоянного запоминающего устройства 106, оперативное запоминающее устройство 108, энергонезависимое запоминающее устройство 110 и шину данных. В носитель информации - постоянное запоминающее устройство 106 - могут быть введены машиночитаемые данные, представляющие собой команды в долговременной памяти, исполняемые микропроцессором 102 для выполнения раскрытых в настоящей заявке способов, а также других предполагаемых, но конкретно не перечисленных вариантов. Контроллер 12 может принимать, в дополнение к рассмотренным выше сигналам, разнообразные сигналы от связанных с двигателем 10 датчиков, в том числе показания: массового расхода всасываемого воздуха (МРВ) от датчика 48 массового расхода воздуха; температуры хладагента двигателя (ТХД) от датчика 212 температуры, связанного с рубашкой 213 охлаждения двигателя; сигнал профиля зажигания (ПЗ) от датчика 220 на эффекте Холла (или датчика иного типа), связанного с коленчатым валом 240; положения дросселя ПД (ТР) от датчика положения дросселя; абсолютного давления воздуха в коллекторе (ДВК) от датчика 98, ВТО в цилиндре от датчика 226 КОГ, и аномального сгорания от датчика детонации и датчика ускорения коленчатого вала. Сигнал частоты вращения двигателя в оборотах в минуту (RPM) может быть сформирован контроллером 12 из сигнала ПЗ. Сигнал давления в коллекторе (ДВК) от датчика давления в коллекторе можно использовать для получения показаний разрежения или давления во впускном коллекторе.

В зависимости от входных сигналов от вышеуказанных одного или нескольких датчиков, контроллер 12 может регулировать работу одного или нескольких исполнительных устройств, например, топливной форсунки 66, дросселя 62, свечи 91 зажигания, впускных/выпускных клапанов и кулачков и т.п. Контроллер выполнен с возможностью получения входных данных от различных датчиков, обработки этих входных данных и приведения в действие исполнительных устройств в зависимости от результатов обработки входных данных в соответствии с командой или кодом, запрограммированным в нем и относящимся к одному или нескольким алгоритмам. В качестве примера, при превышении порогового числа оборотов турбины, контроллер может отключить клапанный привод, соединенный с выпускным клапаном как минимум одного цилиндра в первой и второй группах цилиндров для уменьшения потока отработавших газов из цилиндра в турбину. Алгоритмы управления будут раскрыты ниже на примерах ФИГ. 3-5.

Таким образом, система на ФИГ. 1-2 обеспечивает способ для двигателя, содержащий шаги, на которых: подают отработавшие газы из первого выпускного клапана всех цилиндров первой группы цилиндров в первую улитку газовой турбины с одновременной подачей отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку указанной газовой турбины; и подают отработавшие газы из второго выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход турбины.

Способ также содержит шаг, на котором, при превышении порогового числа оборотов турбины, выборочно отключают первый выпускной клапан одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров. Способ также может предусматривать приведение в действие генератора посредством турбины.

5 На ФИГ. 3 представлен способ 300 для регулирования подачи свободно выпускаемого отработавшего газа в турбину с двойной улиткой турбогенератора (например, турбогенератора 190 на ФИГ. 1А) в составе разветвленной выпускной системы. Например, для преодоления таких недостатков, как заброс оборотов турбины, чрезмерная отдача генератора, чрезмерные ШВР генератора и перегрев компонентов
10 (например, головки блока цилиндров, выпускных клапанов, выпускного коллектора, турбины, каталитического нейтрализатора и т.п.), может быть уменьшено количество свободно выпускаемых газов, подаваемых в турбину. Команды для реализации способа 300 и остальных способов, включенных в настоящее описание, может выполнять контроллер в соответствии с командами, хранящимися в памяти контроллера, и во
15 взаимосвязи с сигналами, полученными от датчиков системы двигателя, например, датчиков, раскрытых выше на примерах ФИГ. 1-2. Контроллер может задействовать исполнительные устройства системы двигателя для регулирования работы системы двигателя согласно раскрытым ниже способам.

На шаге 302 способа 300 оценивают и/или измеряют параметры работы двигателя.
20 В число параметров работы могут входить, помимо прочих, требуемый водителем крутящий момент, электрическая нагрузка, ДВК, МРВ, число оборотов турбины, число оборотов генератора, отдача генератора (по мощности или току), ШВР генератора, частота вращения двигателя, нагрузка двигателя, положение педали акселератора, положение дросселя, скорость транспортного средства, температура двигателя,
25 массовый расход потока отработавших газов, температура отработавших газов, температура различных компонентов (например, головки блока цилиндров, выпускных клапанов, выпускного коллектора, турбины, каталитического нейтрализатора и т.п.), и условия окружающей среды, например, температура. Отдачу генератора (по мощности или току) и ШВР генератора можно определять по частоте вращения турбины,
30 приводящей в действие генератор, при этом отдача и ШВР генератора тем выше, чем выше число оборотов турбины. Или же ШВР генератора можно опосредованно определять по таким параметрам генератора, как отдача генератора по напряжению, и/или отдача генератора по току, и/или отдача генератора по мощности. Температуру компонентов можно опосредованно определять по нагрузке и частоте вращения
35 двигателя, температуре отработавших газов, температуре окружающей среды, скорости транспортного средства и т.п. Дополнительно или взамен, температуру компонентов можно измерять непосредственно с помощью датчика температуры, соединенного с двигателем.

На шаге 304 способ 300 может предусматривать определение необходимого числа
40 оборотов генератора в зависимости от результатов оценки параметров работы для достижения необходимой отдачи генератора и снижения ШВР генератора до уровня ниже порогового. Или же контроллер может определить целевое число оборотов турбины, при котором ШВР генератора остаются на уровне ниже порогового. Определение необходимого числа оборотов турбины или генератора будет подробно
45 раскрыто на примере ФИГ. 4. Далее, на шаге 306, способ может предусматривать определение порогового числа оборотов турбины в зависимости от необходимого числа оборотов генератора при текущих частоте вращения и нагрузке двигателя. Пороговое число оборотов турбины может представлять собой число оборотов турбины,

при превышении которого КПД турбины может упасть. Или же пороговое число оборотов турбины может представлять собой число оборотов турбины, при превышении которого может произойти снижение эксплуатационных показателей турбины и ШВР генератора при текущей температуре отработавших газов и температуре окружающей среды.

После определения необходимого порогового числа оборотов, на шаге 308 способ 300 может предусматривать проверку того, превышает ли фактическое число оборотов турбины пороговое число оборотов турбины. Фактическое число оборотов турбины может быть измерено датчиком, соединенным с валом турбины, или опосредованно определено по параметрам турбины. Если на шаге 308 ответ будет «ДА», способ может перейти на шаг 312. На шаге 312 способ может предусматривать выборочное отключение отдельных клапанных приводов первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров для уменьшения числа оборотов турбины. Например, отключение отдельных клапанных приводов может происходить в соответствии с первым порядком цилиндров в первом рабочем режиме, в котором число оборотов турбины выше порогового. В еще одном примере во втором рабочем режиме, в котором число оборотов турбины выше порогового, при этом второй рабочий режим и первый рабочий режим отличны друг от друга и взаимно исключают друг друга, отключение отдельных клапанных приводов может происходить в соответствии со вторым порядком цилиндров. В еще одном примере в третьем рабочем режиме, в котором число оборотов турбины выше порогового, при этом третий рабочий режим отличен от первого и второго рабочих режимов и является взаимно исключающим по отношению к ним, отключение отдельных клапанных приводов может происходить в соответствии с третьим порядком цилиндров. Первый, второй и третий порядки цилиндров могут зависеть от числа оборотов турбины, и/или частоты вращения двигателя, и/или нагрузки двигателя, и/или температуры двигателя, и/или выбора передачи в трансмиссии. Например, согласно первому, второму и третьему порядку цилиндров, количество и номера цилиндров, чей первый выпускной клапан подлежит выборочному отключению, могут быть выбраны в зависимости от того, как число оборотов турбины соотносится с пороговым, как раскрыто на примере ФИГ. 5. В качестве неограничивающего примера, первый, второй и третий режимы с забросом оборотов турбины могут быть связаны с разными уровнями отдачи и ШВР генератора (так как турбина приводит в действие генератор), в связи с чем первый, второй и третий порядки цилиндров могут варьироваться. В еще одном примере первый, второй и третий режимы с забросом оборотов турбины могут быть связаны с разными уровнями нагрева двигателя, в связи с чем первый, второй и третий порядки цилиндров могут варьироваться. Первый выпускной клапан в одном или нескольких цилиндрах первой и/или второй групп цилиндров может быть выборочно отключен посредством гидравлических толкателей, расцепляющего пальца в газораспределительном механизме, механизма мертвого хода или механизма переключения профиля кулачков (ППК), в котором может быть задействован профиль кулачка без подъема для отключаемых клапанов. В одном примере отключением первого выпускного клапана в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров может управлять кулачковый исполнительный механизм отключения цилиндров. В еще одном примере единственный привод клапанов цилиндров может выборочно отключать первый выпускной клапан в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров. Отключенный первый выпускной клапан в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров можно удерживать в закрытом положении в течение рабочего цикла

соответствующего цилиндра (или удерживать в фиксированном положении в течение указанного цикла). Отключение первого выпускного клапана в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров для уменьшения числа оборотов турбины будет подробнее раскрыто на примере ФИГ. 5.

5 Если на шаге 308 будет установлено, что фактическое число оборотов турбины меньше порогового, способ может перейти на шаг 310 для проверки того, превышает ли отдача генератора (по мощности или току) пороговую. Пороговая отдача может зависеть от необходимого числа оборотов турбины и может отражать максимальную отдачу, превышение которой может повлиять на эксплуатационные показатели
10 двигателя. Если на шаге 310 ответ будет «ДА», способ может проследовать на шаг 312 для выполнения выборочного отключения первого выпускного клапана в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров для уменьшения числа оборотов турбины. Уменьшение числа оборотов турбины позволяет уменьшить отдачу генератора по мощности или току и удерживать их на пороговых уровнях. Например, отключение
15 отдельных клапанных приводов может происходить в соответствии со вторым порядком цилиндров, при этом выбор количества и номеров цилиндров, чей первый выпускной клапан подлежит выборочному отключению, обусловлен превышением порогового числа оборотов турбины и относительно высокой отдачей генератора (по мощности или току), как подробно раскрыто на примере ФИГ. 5. В одном примере второй порядок
20 цилиндров может быть выбран в связи с превышением порогового числа оборотов турбины и относительно высокой отдачей генератора. Кроме того, второй порядок цилиндров может обеспечивать уменьшение числа оборотов турбины до более низкого значения, чем первый порядок цилиндров, выбираемый в связи с ростом числа оборотов турбины.

25 Если на шаге 310 ответ будет «НЕТ» (например, отдача генератора меньше пороговой), способ может перейти на шаг 314. На шаге 314 способ может предусматривать проверку того, превышает ли разность фактических и пороговых ШВР генератора пороговую. Фактические ШВР генератора можно опосредованно определять по параметрам работы двигателя, например, по числу оборотов турбины,
30 или оценивать с помощью датчика вибрации. Например, повышенные ШВР генератора могут иметь место при превышении порогового числа оборотов турбины. Если на шаге 314 ответ будет «ДА», способ может перейти на шаг 312 для выполнения выборочного отключения первого выпускного клапана в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров для уменьшения числа оборотов турбины. Уменьшение
35 числа оборотов турбины позволяет снизить вибрацию турбогенератора. Например, отключение отдельных клапанных приводов может происходить в соответствии с третьим порядком цилиндров, при этом выбор количества и номеров цилиндров, чей первый выпускной клапан подлежит выборочному отключению, обусловлен превышением порогового числа оборотов турбины (и относительно высокой вибрацией
40 генератора), как подробно раскрыто на примере ФИГ. 5. В одном примере третий порядок цилиндров может быть выбран в связи с превышением порогового числа оборотов турбины и ростом вибрации генератора. Кроме того, третий порядок цилиндров может обеспечивать уменьшение числа оборотов турбины до более низкого значения, чем первый порядок цилиндров, выбираемый в случае роста числа оборотов
45 турбины и относительно низкой вибрации генератора. В одном примере количество цилиндров, чьи первые выпускные клапаны отключают в соответствии с первым, вторым и третьим порядком цилиндров, может быть одинаковым, при этом номера цилиндров могут быть разными. В других примерах количество отключаемых цилиндров

может быть разным. Выборочное отключение первого выпускного клапана для уменьшения числа оборотов турбины и, как следствие, вибрации генератора, будет подробнее раскрыто на примере ФИГ. 5.

5 Если на шаге 314 ответ будет «НЕТ» (то есть если разность фактической и пороговой вибраций генератора меньше пороговой), способ может перейти на шаг 316 для проверки того, превышает ли фактическая температура компонентов пороговую. Пороговая температура компонентов может быть определена в зависимости от необходимой нагрузки двигателя и частоты вращения двигателя и может отражать максимальную температуру компонентов, превышение которой может повлиять на эксплуатационные
10 показатели двигателя. Если на шаге 316 ответ будет «ДА», способ может перейти на шаг 312 для выполнения отключения первого выпускного клапана в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров для снижения температуры компонентов. Например, отключение отдельных клапанных приводов может происходить в соответствии с четвертым порядком цилиндров, при этом количество и
15 номера цилиндров, чьи первые выпускные клапаны отключают, зависят от температуры компонентов, как раскрыто на примере ФИГ. 5.

Если на шаге 316 ответ будет «НЕТ» (то есть если фактическая температура компонентов ниже пороговой), способ может перейти на шаг 318. На шаге 318 способ может предусматривать эксплуатацию двигателя без отключения клапанов свободного
20 выпуска. То есть, если будет установлено, что число оборотов турбины ниже порогового, отдача генератора ниже пороговой, вибрация генератора ниже пороговой, и температура компонентов ниже пороговой, отключение клапанов для уменьшения энергии отработавших газов, подаваемой в турбину, можно не выполнять, и двигатель можно эксплуатировать с включенными первыми клапанами всех цилиндров двигателя.
25 Иными словами, двигатель можно эксплуатировать в штатном режиме, причем штатная работа двигателя может включать в себя то, что во время рабочего цикла двигателя в каждом цилиндре сначала происходит открытие первого выпускного клапана для подачи первой порции энергии отработавших газов в турбину через клапан свободного выпуска, а затем, во время того же рабочего цикла двигателя, происходит открытие
30 второго выпускного клапана цилиндра для подачи второй порции энергии отработавших газов в каталитический нейтрализатор отработавших газов. Штатная работа двигателя будет подробнее раскрыта на примере ФИГ. 6.

Таким образом, недостатки, связанные с режимами с забросом оборотов турбины (в том числе с превышением отдачи и ШВР генератора) и перегревом компонентов
35 могут быть преодолены за счет того, что контроллер выборочно отключает первый выпускной клапан одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров для уменьшения количества энергии свободно выпускаемых отработавших газов, подаваемой в турбину с двойной улиткой.

Следует понимать, что в других примерах, в дополнение к выборочному отключению
40 отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов, при превышении порогового числа оборотов турбины, или пороговой отдачи генератора, или пороговой разности фактической и пороговой вибраций генератора, может быть отрегулирован проход перепускной заслонки в первом и втором выпускных каналах (например, заслонок 127a и 127b на ФИГ. 1A), по которым отработавшие газы поступают из
45 цилиндров двигателя в турбину, чтобы ограничить массовый расход потока отработавших газов в турбину для уменьшения числа оборотов турбины.

На ФИГ. 4 представлен пример способа 400 для определения необходимого числа оборотов генератора турбогенератора (например, турбогенератора 190 на ФИГ. 1A)

в первом выпускном коллекторе и втором выпускном коллекторе (например, первом выпускном коллекторе 59a и втором выпускном коллекторе 59b на ФИГ. 1А) системы двигателя с разветвленным выпускным коллектором (например, системы двигателя 10 на ФИГ. 1А). Необходимое число оборотов генератора может представлять собой
5 число оборотов генератора, при котором турбогенератор может работать с необходимой отдачей генератора и относительно низкими ШВР генератора (например, ШВР ниже порогового уровня) при текущих параметрах работы двигателя. Способ на ФИГ. 4 можно использовать совместно со способом на ФИГ. 3. Например, способ 400 можно выполнять на шаге 304 способа 300. Способ на ФИГ. 4 можно хранить в виде
10 исполняемых команд в долговременной памяти контроллера 12, раскрытого на ФИГ. 1А-2.

На шаге 402 алгоритм может включать в себя определение параметров работы двигателя, в том числе нагрузки двигателя, частоты вращения двигателя, числа оборотов турбины, температуры отработавших газов и массового расхода потока отработавших
15 газов в турбину. После определения параметров работы двигателя, на шаге 404 способа определяют необходимое число оборотов (или диапазон оборотов) генератора в зависимости от текущей частоты вращения/нагрузки двигателя, а также массового расхода потока отработавших газов в турбину с двойной улиткой. Необходимое число оборотов или диапазон оборотов генератора могут соответствовать диапазону, в
20 котором, при поддержании отдачи генератора на необходимых уровнях, ШВР генератора остаются ниже порогового уровня, могущего быть неприемлемым для водителя транспортного средства. Указанный пороговый уровень может быть разным в зависимости от таких параметров работы, как скорость транспортного средства. В
25 одном примере необходимое число оборотов генератора можно определить из табулированной зависимости, в которой значения необходимого числа оборотов генератора сохранены в виде функции нагрузки двигателя и частоты вращения двигателя. Необходимое число оборотов генератора также может зависеть от КПД турбины. В
30 одном примере с ростом частоты вращения двигателя могут расти отдача генератора и вибрация генератора. В еще одном примере с ростом массового расхода потока отработавших газов в турбину могут расти отдача генератора и вибрация генератора.

Определив необходимое число оборотов генератора, контроллер также может отрегулировать число оборотов турбины для поддержания необходимого числа оборотов генератора (или удержания его в соответствующем диапазоне оборотов).

35 Таким образом, задание необходимого числа оборотов генератора в зависимости от режимов нагрузки двигателя/частоты вращения двигателя и потока отработавших газов в турбину позволяет регулировать вибрацию турбогенератора для повышения КПД и эксплуатационных показателей.

Способ 500 на ФИГ. 5 представляет собой пример способа для выборочного отключения первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой и/
40 или второй групп цилиндров для уменьшения энергии отработавших газов, подаваемой в турбину турбогенератора, для устранения режимов с забросом оборотов турбины. Способ также позволяет удерживать отдачу генератора на пороговых уровнях, снижать вибрацию генератора и бороться с перегревом цилиндров

Способ на ФИГ. 5 можно применять совместно со способом на ФИГ. 3. Например, способ 500 можно выполнять на шаге 312 способа 300. Способ на ФИГ. 5 можно
45 хранить в виде исполняемых команд в долговременной памяти контроллера 12, раскрытого на ФИГ. 1А-2.

На шаге 502 способ 500 может предусматривать определение и/или оценку параметров

работы двигателя. В число параметров работы двигателя могут, помимо прочих, входить: число оборотов турбины, число оборотов генератора, отдача генератора (по мощности или току), вибрация генератора, частота вращения двигателя, положение педали акселератора, положение дросселя, скорость транспортного средства, температура двигателя, температура компонентов, массовый расход потока отработавших газов и нагрузка двигателя. Затем, на шаге 504, способ может предусматривать определение (оценку или выведение) числа оборотов турбины, отдачи генератора, фактических ШВП генератора и температуры компонентов. Кроме того, пороговое значение отдачи генератора, пороговое значение ШВП генератора и пороговое значение температуры компонентов могут быть найдены в памяти контроллера или определены в зависимости от параметров работы двигателя. Пороговая отдача генератора, пороговые ШВП генератора и пороговая температура компонентов могут зависеть от частоты вращения двигателя, нагрузки двигателя и расхода потока отработавших газов в турбину. Порог отдачи генератора и порог ШВП могут также зависеть от скорости транспортного средства и числа оборотов турбины.

Затем, на шаге 506, способ может предусматривать выбор одного или нескольких выпускных клапанов, подлежащих отключению, и периода их отключения в зависимости от числа оборотов турбины. В одном примере выбор одного или нескольких выпускных клапанов, подлежащих отключению, включает в себя проверку того, превышает ли число оборотов турбины пороговое. Если ответ будет "ДА", то алгоритм может перейти на шаг 508. На шаге 508 способ может предусматривать определение количества и номеров цилиндров первой и второй групп цилиндров, чей первый выпускной клапан выборочно отключают, в зависимости от разности фактического и порогового числа оборотов турбины.

Период выборочного отключения первого выпускного клапана в выбранных одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров также может зависеть от разности фактического и порогового числа оборотов турбины.

Например, если указанная разность превышает первый порог, для отключения может быть выбрано меньшее количество цилиндров, и/или первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен на меньший период. Для сравнения, если разность превышает второй порог, при этом второй порог превышает первый порог, для отключения может быть выбрано большее количество цилиндров, и/или первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен на больший период. Количество и номера цилиндров, выбираемых для отключения, можно задавать для обеспечения первого порядка цилиндров в зависимости от числа оборотов турбины.

Например, двигатель с рядным расположением цилиндров может содержать четыре цилиндра, распределенные по группам цилиндров, при этом каждая группа цилиндров содержит два цилиндра, при этом каждый цилиндр содержит первый выпускной клапан и второй выпускной клапан. В данном случае, если разность фактического и порогового числа оборотов турбины превышает первый порог, может быть выбран один цилиндр первой группы цилиндров или один цилиндр второй группы цилиндров, и первый выпускной клапан выбранного цилиндра может быть отключен (при этом второй выпускной клапан продолжает работать). Или же может быть выбран один цилиндр первой группы цилиндров и один цилиндр второй группы цилиндров, и первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен (при этом второй выпускной клапан продолжает работать). Указанные один цилиндр первой группы цилиндров и один цилиндр второй группы цилиндров могут быть выбраны по их положению в двигателе по часовой стрелке и/или по порядку зажигания. Например,

если указанные 4 цилиндры пронумерованы 1-4 от одного до другого конца блока цилиндров, при этом цилиндры 1-2 образуют первую группу цилиндров, а цилиндры 3-4 - вторую группу, при этом зажигание в цилиндрах происходит в порядке 1-3-4-2, для отключения первого выпускного клапана могут быть выбраны цилиндры 1 и 4 или 2 и 3.

При той же компоновке двигателя, если разность фактического и порогового числа оборотов турбины превышает второй порог, могут быть выбраны оба цилиндра первой группы цилиндров и оба цилиндра второй группы цилиндров, и первый выпускной клапан всех выбранных цилиндров может быть отключен. В данном примере первый выпускной клапан всех цилиндров может быть отключен с одновременным продолжением работы этих цилиндров, а также открытия и закрытия их впускных клапанов и второго выпускного клапана в течение цикла работы двигателя. В одном примере указанные первый и второй пороги могут быть связаны с разными уровнями отдачи генератора (по мощности или току) и ШВП генератора. Например, первый порог может быть связан с более низкой отдачей генератора (по мощности или току) и более низкими ШВП генератора, чем второй порог.

Если на шаге 506 будет установлено, что число оборотов турбины не превышает пороговое, способ может перейти на шаг 510. На шаге 510 способ может предусматривать проверку того, превышает ли отдача генератора пороговую. Если ответ будет "ДА", то способ может перейти на шаг 512. На шаге 512 способ может предусматривать выбор одного или нескольких выпускных клапанов, подлежащих отключению, и периода отключения в зависимости от числа оборотов турбины. В одном примере выбор одного или нескольких выпускных клапанов, подлежащих отключению, включает в себя определение количества и номеров цилиндров первой и второй групп цилиндров, чей первый выпускной клапан выборочно отключают, в зависимости от разности фактической и пороговой отдачи генератора. Период выборочного отключения первого выпускного клапана в выбранных одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров также может зависеть от разности фактической и пороговой отдачи генератора. Например, если разность превышает первый пороговый уровень, для отключения может быть выбрано меньшее количество цилиндров, и/или первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен на меньший период. Для сравнения, если разность превышает второй пороговый уровень, при этом второй пороговый уровень превышает первый, для отключения может быть выбрано большее количество цилиндров и/или первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен на больший период. Количество и номера цилиндров, выбираемых для отключения, могут быть заданы для обеспечения второго порядка цилиндров в случае превышения порогового числа оборотов турбины (при относительно высокой отдаче генератора).

Второй порядок цилиндров может отличаться от первого порядка отключения цилиндров. Например, первый и второй порядки цилиндров могут предусматривать разное общее количество отключаемых цилиндров. В еще одном примере первый и второй порядки цилиндров могут предусматривать одинаковое общее количество отключаемых цилиндров, но номера отключаемых цилиндров могут быть разными.

Если на шаге 510 будет установлено, что отдача генератора не превышает пороговую, способ может перейти на шаг 514. На шаге 514 способ может предусматривать проверку того, превышает ли разность фактических и пороговых ШВП генератора пороговую разность. Если на шаге 514 ответ будет «ДА», способ может перейти на шаг 516. На шаге 516 способ может предусматривать выбор одного или нескольких выпускных

клапанов, подлежащих отключению, и периода отключения в зависимости от ШВР генератора. В одном примере способа выбор одного или нескольких выпускных клапанов, подлежащих отключению, может включать в себя определение количества и номеров цилиндров первой и второй групп цилиндров, чей первый выпускной клапан
5 выборочно отключают, в зависимости от разности фактических и пороговых ШВР генератора. Период выборочного отключения первого выпускного клапана в выбранных одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров также может зависеть от относительной вибрация, под которой в настоящем описании понимают разность вибрации генератора и пороговой вибрации. Например, если данная
10 разность превышает первый пороговый уровень, для отключения может быть выбрано меньшее количество цилиндров, и/или первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен на меньший период. Для сравнения, если разность превышает второй пороговый уровень, при этом второй пороговый уровень выше первого, для отключения может быть выбрано большее количество цилиндров и/или первый
15 выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен на больший период. Количество и номера цилиндров, выбираемых для отключения, могут быть заданы для обеспечения третьего порядка цилиндров в случае превышения порогового числа оборотов турбины (при относительно высокой вибрации генератора).

Третий порядок цилиндров может быть отличен от первого порядка отключения
20 цилиндров в связи с превышением порогового числа оборотов турбины (при относительно низкой вибрации генератора). Например, первый, второй и третий порядки цилиндров могут предусматривать разное общее количество отключаемых цилиндров. В еще одном примере первый, второй и третий порядки цилиндров могут предусматривать одинаковое общее количество отключаемых цилиндров, но номера
25 отключаемых цилиндров могут быть разными.

Если на шаге 514 ответ будет «НЕТ», то есть разность фактической и пороговой вибрации будет отсутствовать, способ может перейти на шаг 518. На шаге 518 способ может предусматривать проверку того, превышает ли температура компонентов пороговую. Если на шаге 518 ответ будет «ДА», то есть будет иметь место разность
30 фактической и пороговой температур компонентов, способ может перейти на шаг 520. На шаге 520 способ может предусматривать выбор одного или нескольких выпускных клапанов, подлежащих отключению, и периода отключения в зависимости от температуры компонентов. В одном примере выбор одного или нескольких выпускных клапанов, подлежащих отключению, может включать в себя выбор количества и
35 номеров цилиндров первой и второй групп цилиндров, чей первый выпускной клапан выборочно отключают, в зависимости от разности фактической и пороговой температур компонентов. Период выборочного отключения первого выпускного клапана в выбранных одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров также может зависеть от того, превышает ли нагрузка двигателя пороговую.

Количество цилиндров, чей первый выпускной клапан выборочно отключают, и период отключения могут быть выбраны в зависимости от разности фактической и пороговой температур компонентов. Например, если разность превышает первую пороговую температуру, для отключения может быть выбрано меньшее количество цилиндров, и/или первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть
40 отключен на меньший период. Для сравнения, если разность превышает вторую пороговую температуру, при этом вторая пороговая температура выше первой, для отключения может быть выбрано большее количество цилиндров и/или первый выпускной клапан выбранных цилиндров может быть отключен на больший период.

Количество и номера цилиндров, выбираемых для отключения, могут быть заданы для обеспечения четвертого порядка цилиндров, обусловленного температурой компонентов. Четвертый порядок цилиндров может быть отличен от первого порядка отключения цилиндров, связанного с числом оборотов турбины, второго порядка отключения цилиндров, связанного с отдачей генератора, и третьего порядка отключения цилиндров, связанного с вибрацией генератора. Например, первый, второй, третий и четвертый порядки цилиндров могут предусматривать разное общее количество отключаемых цилиндров. В еще одном примере первый, второй, третий и четвертый порядки цилиндров могут предусматривать одинаковое общее количество отключаемых цилиндров, но номера отключаемых цилиндров могут быть разными.

Определив количество и номера цилиндров первой и второй групп цилиндров, чей первый выпускной клапан выборочно отключают, и период отключения в связи с превышением порогового числа оборотов турбины, пороговой отдачи генератора, пороговой вибрации генератора и/или пороговой температуры компонентов, способ может перейти на шаг 524. На шаге 524 алгоритм может предусматривать отключение первого выпускного клапана цилиндров первой и второй групп цилиндров, выбранных для отключения. Например, первый выпускной клапан в одном или нескольких цилиндрах первой и/или второй групп цилиндров может быть выборочно отключен с помощью гидравлических толкателей, расцепляющего пальца в газораспределительном механизме, механизма мертвого хода или механизма переключения профиля кулачков (ППК), в котором может быть задействован профиль кулачка без подъема для отключаемых клапанов. В одном примере отключением первого выпускного клапана в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров может управлять кулачковый исполнительный механизм отключения цилиндров. В еще одном примере единственный привод клапанов цилиндров может выборочно отключать первый выпускной клапан в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров. Отключенный первый выпускной клапан в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров можно удерживать в закрытом положении в течение рабочего цикла соответствующего цилиндра (или удерживать в фиксированном положении в течение указанного цикла).

Если на шаге 518 ответ будет «НЕТ», то есть разность фактической и пороговой температур компонентов будет отсутствовать, способ может перейти на шаг 522. На шаге 522 способ может предусматривать эксплуатацию двигателя без отключения клапанов свободного выпуска. То есть, если будет установлено, что число оборотов турбины ниже порогового, отдача генератора ниже пороговой, вибрация генератора ниже пороговой и температура компонентов ниже пороговой, отключение клапанов для уменьшения энергии отработавших газов в турбину можно не выполнять, и можно осуществлять эксплуатацию двигателя со всеми первыми клапанами всех цилиндров двигателя во включенном состоянии. Иными словами, двигатель может работать в штатном режиме, причем штатная работа двигателя может включать в себя то, что во время рабочего цикла двигателя в каждом цилиндре сначала происходит открытие первого выпускного клапана для подачи первой порции энергии отработавших газов в турбину через клапан свободного выпуска, а затем, во время того же рабочего цикла двигателя, происходит открытие второго выпускного клапана цилиндра для подачи второй порции энергии отработавших газов в каталитический нейтрализатор отработавших газов. Штатная работа двигателя будет подробнее раскрыта на примере ФИГ. 6.

Таким образом, отключение первого выпускного клапана цилиндров первой и второй

групп цилиндров, выбираемых для отключения, позволяет уменьшить количество энергии отработавших газов, подаваемой в турбину, для ограничения возникновения режимов с забросом оборотов турбины, поддержания необходимой отдачи генератора, снижения вибрации генератора и снижения перегрева цилиндров.

5 В дополнительных примерах отключение первого выпускного клапана в одном или нескольких цилиндрах первой и второй групп цилиндров можно применять для ускорения нагрева каталитического нейтрализатора отработавших газов в системе двигателя с разветвленным выпускным коллектором. Например, если температура каталитического нейтрализатора отработавших газов ниже пороговой (например, ниже
10 температуры активации катализатора каталитического нейтрализатора или во время прогрева каталитического нейтрализатора), первый выпускной клапан всех цилиндров в первой и второй группах цилиндров может быть отключен для направления всей энергии отработавших газов через второй выпускной клапан в каталитический
15 каталитический нейтрализатор отработавших газов позволяет ускорить нагрев каталитического нейтрализатора отработавших газов.

На ФИГ. 6 представлен пример фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов относительно положения поршня для системы двигателя, в которой подают отработавшие газы из первого выпускного клапана всех цилиндров первой группы
20 цилиндров в первую улитку газовой турбины с одновременной подачей отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку указанной газовой турбины, и подают отработавшие газы из второго выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в каталитический
нейтрализатор отработавших газов в обход турбины. Первый выпускной клапан
25 цилиндров первой и второй групп цилиндров в настоящем описании также именуется «клапан свободного выпуска», при этом второй выпускной клапан цилиндров первой и второй групп цилиндров в настоящем описании также именуется «клапан принудительного выпуска».

Фазы газораспределения, представленные на ФИГ. 6, могут представлять собой
30 фазы газораспределения с возможностью применения в штатных режимах работы двигателя, во время которых число оборотов турбины ниже порогового, отдача генератора ниже пороговой, ШВР генератора ниже пороговых, и температура компонентов пороговой.

Диаграмма 600 иллюстрирует положение коленчатого вала, обозначенное по оси x
35 в градусах угла поворота коленчатого вала. Кривая 602 отражает положения поршня (по оси y) относительно верхней мертвой точки (ВТМ) и в течение четырех тактов (впуска, сжатия, рабочего и выпуска) рабочего цикла двигателя.

Во время работы двигателя каждый цилиндр обычно проходит четырехтактный цикл, включающий в себя такт впуска, такт сжатия, рабочий такт и такт выпуска. Во
40 время такта впуска происходит закрытие выпускных клапанов и открытие впускных клапанов. Воздух поступает в цилиндр по заборному каналу, при этом происходит движение поршня цилиндра к днищу цилиндра для увеличения объема внутри цилиндра. Специалисты в данной области техники обычно называют положение, в котором поршень находится вблизи днища цилиндра и в конце своего хода (например, когда
45 объем камеры сгорания является наибольшим), нижней мертвой точкой (НМТ). В данном случае НМТ такта впуска обозначена как соответствующая 180 градусам до верхней мертвой точки (180 ДВМТ). Во время такта сжатия впускные клапаны и выпускные клапаны закрыты. Происходит движение поршня 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 (ВТМ). В данном случае верхняя мертвая точка такта сжатия обозначена как соответствующая 0 градусов от верхней мертвой точки (0 ВТМ). В процессе, в настоящем описании именуемом «впрыск», в камеру сгорания поступает топливо. В процессе, в настоящем описании именуемом «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. В данном случае НМТ рабочего такта (также именуемого «рабочий ход») обозначена как соответствующая 180 градусам после верхней мертвой точки (180 ПВМТ). Коленчатый вал преобразует движение поршня в крутящий момент вращающегося вала. Во время такта выпуска происходит открытие выпускных клапанов для выпуска остатка сгоревшей топливовоздушной смеси в выпускной канал и возврат поршня в ВТМ.

Кривая 604 представляет фазы газораспределения, высоту подъема клапана и продолжительность открытия клапана для первого впускного клапана (I1), соединенного с заборным каналом цилиндра двигателя, при этом кривая 606 представляет фазы газораспределения, высоту подъема клапана и продолжительность открытия клапана для второго впускного клапана (I2), соединенного с заборным каналом цилиндра двигателя. Кривая 608 представляет фазы газораспределения, высоту подъема клапана и продолжительность открытия клапана для первого выпускного клапана (клапана свободного выпуска), соединенного с первым или вторым выпускным каналом цилиндра двигателя, при этом кривая 610 представляет фазы газораспределения, высоту подъема клапана и продолжительность открытия клапана для второго выпускного клапана (клапана принудительного выпуска), соединенного с третьим выпускным каналом цилиндра двигателя.

Кривая 612 представляет массовый расход потока отработавших газов из первого выпускного клапана в турбину по первому или второму выпускному каналу. В качестве примера, пик кривой 612 может совпадать с пиком кривой 608 высоты подъема первого выпускного клапана, при этом в другом примере пик кривой 612 массового расхода может отставать от кривой 608 высоты подъема первого выпускного клапана. Кривая 614 представляет массовый расход потока отработавших газов из второго выпускного клапана в каталитический нейтрализатор отработавших газов по третьему выпускному каналу. Пик кривой 614 массового расхода принудительно выпускаемых отработавших газов может отставать от пика кривой 610 высоты подъема второго выпускного клапана или совпадать с ним в зависимости от параметров работы двигателя.

В качестве примера, открытие первого впускного клапана (I1) и второго впускного клапана (I2) может происходить в одну и ту же фазу газораспределения, начинающуюся в момент, соответствующий 360 градусам ДВМТ, или непосредственно перед ним, и заканчивающуюся в момент, соответствующий 180 градусам ДВМТ, или непосредственно после него. Кроме того, открытие первого и второго впускных клапанов может происходить с одинаковой высотой подъема и продолжительностью. В других примерах моменты открытия и/или закрытия указанных клапанов могут быть разнесены по времени, при этом продолжительность их открытия и высота подъема могут быть одинаковыми.

Рассмотрим фазы газораспределения для первого выпускного клапана. Открытие первого выпускного клапана может происходить в более ранний момент рабочего

цикла двигателя, чем открытие второго выпускного клапана. Иными словами, момент открытия первого выпускного клапана может опережать момент открытия второго выпускного клапана. А именно, открытие первого выпускного клапана может происходить до момента, соответствующего 180 градусам ПВМТ, а второго выпускного клапана - в момент, соответствующий 180 градусам ПВМТ, или непосредственно перед ним. Таким образом, открытие первого выпускного клапана может происходить до начала такта выпуска, когда происходит движение поршня к НМТ под конец рабочего такта, а закрытие - до конца такта выпуска. Для сравнения, открытие второго выпускного клапана может происходить после открытия первого выпускного клапана (например, в момент начала такта выпуска или непосредственно перед ним), при этом он может оставаться открытым до тех пор, пока не закончится такт выпуска или не начнется последующий такт выпуска. Кроме того, открытие первого выпускного клапана может происходить с первой, относительно небольшой, величиной высоты подъема клапана, а открытие второго выпускного клапана - со второй, относительно большой, величиной высоты подъема клапана. Несмотря на то, что в раскрываемом примере представлены разные высоты подъема клапанов, фазы газораспределения и продолжительности открытия для первого и второго выпускных клапанов цилиндра двигателя, следует понимать, что в других вариантах осуществления первый и второй выпускные клапаны могут иметь одинаковую величину высоты подъема клапана и/или одинаковую продолжительность открытия, при этом моменты их открытия могут быть разнесены по времени.

Открытие первого выпускного клапана до открытия второго выпускного клапана позволяет направить большую часть энергии отработавших газов в турбину. Кроме того, открытие второго выпускного клапана позволяет направить излишек энергии отработавших газов в каталитический нейтрализатор отработавших газов для снижения противодавления между входом турбины и выпускным окном и уменьшить насосные потери.

В одном примере первый и второй выпускные клапаны могут быть соединены с приводом выпускных клапанов, при этом привод клапанов может быть отрегулирован для открытия первого выпускного клапана в первый момент и открытия второго выпускного клапана во второй момент. Привод клапанов также может быть отрегулирован для обеспечения возможности открытия первого выпускного клапана с первой величиной высоты подъема клапана на первую продолжительность и открытия второго выпускного клапана со второй, другой, величиной высоты подъема клапана на вторую продолжительность. В еще одном примере может быть задан профиль кулачка первого выпускного клапана для открытия и закрытия первого выпускного клапана для регулирования потока энергии отработавших газов из цилиндра двигателя в турбину. При этом может быть задан профиль кулачка второго выпускного клапана для открытия и закрытия второго выпускного клапана для регулирования потока отработавших газов из цилиндра двигателя в каталитический нейтрализатор отработавших газов.

Таким образом, применение разных высот подъема, фаз газораспределения и продолжительностей открытия для первого и второго выпускного клапанов позволяет улучшить регулирование потока отработавших газов из цилиндра двигателя в турбину и каталитический нейтрализатор отработавших газов и, тем самым повысить КПД двигателя и сократить выбросы из двигателя.

На ФИГ. 7 приведен пример работы с выборочным отключением первого выпускного клапана цилиндров первой и второй групп цилиндров двигателя для регулирования

массового расхода потока отработавших газов в турбину турбогенератора (например, турбогенератора 190 на ФИГ. 1А) в составе выпускной системы двигателя с разветвленным выпускным коллектором, например, системы двигателя 10 на ФИГ. 1А. Последовательность на ФИГ. 7 может быть реализована путем выполнения команд в системе на ФИГ. 1А-2 согласно способам на ФИГ. 3, 4 и 5. Вертикальные метки в моменты t_0 - t_7 представляют рассматриваемые моменты последовательности. На всех раскрытых ниже графиках ось X представляет время, значения которого растут с левой стороны к правой стороне каждого графика.

Первый сверху график на ФИГ. 7 демонстрирует изменение числа оборотов турбины во времени. Ось Y представляет число оборотов турбины турбогенератора, возрастающее в направлении стрелки оси Y. Линия 702 представляет фактическое число оборотов турбины, а горизонтальная линия 704 представляет пороговое число оборотов турбины.

Второй сверху график на ФИГ. 7 демонстрирует изменение отдачи генератора (по мощности или току) во времени. Ось Y представляет отдачу генератора, возрастающую в направлении стрелки оси Y. Линия 706 представляет фактическую отдачу генератора, а линия 708 представляет пороговую отдачу генератора.

Третий сверху график на ФИГ. 7 демонстрирует изменение ШВР генератора (в настоящем описании также именуемые «вибрация генератора») во времени. Ось Y представляет ШВР генератора, возрастающие в направлении стрелки оси Y. Линия 710 представляет фактические ШВР генератора, а линия 712 представляет пороговые ШВР генератора.

Четвертый сверху график на ФИГ. 7 демонстрирует изменение массового расхода потока отработавших газов в первый или во второй выпускные каналы из первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров во времени. Первый выпускной канал принимает отработавшие газы из первых выпускных клапанов всех цилиндров первой группы цилиндров и направляет отработавшие газы в первую улитку газовой турбины. Второй выпускной канал принимает отработавшие газы из первых выпускных клапанов всех цилиндров второй группы цилиндров и направляет отработавшие газы во вторую улитку газовой турбины. Отработавшие газы текут в каталитический нейтрализатор отработавших газов после прохождения через турбину. Ось Y представляет изменение массового расхода потока отработавших газов через первый канал, возрастающего в направлении оси Y. Линия 714 представляет массовый расход потока отработавших газов в первый канал (или во второй канал) из первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров.

Пятый сверху график на ФИГ. 7 демонстрирует изменение массового расхода потока отработавших газов в третий канал из вторых выпускных клапанов всех цилиндров первой и второй групп цилиндров во времени. По третьему выпускному каналу отработавшие газы поступают в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход турбины. Ось Y представляет массовый расход потока отработавших газов, возрастающий в направлении оси Y. Линия 718 представляет массовый расход потока отработавших газов в третий канал из вторых выпускных клапанов всех цилиндров первой и второй групп цилиндров.

Шестой сверху график на ФИГ. 7 демонстрирует изменение суммарного массового расхода потока отработавших газов через каталитический нейтрализатор отработавших газов во времени. Данный поток представляет собой поток отработавших газов, поступивших из первого, второго и третьего выпускных каналов. Ось Y представляет

суммарный массовый расход потока отработавших газов через каталитический нейтрализатор отработавших газов, возрастающий в направлении оси Y. Линия 720 представляет суммарный массовый расход потока отработавших газов через каталитический нейтрализатор отработавших газов.

5 Седьмой сверху график на ФИГ. 7 представляет изменение режима отключения (0, 1 и 2) для первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой группы цилиндров. Значение "0" обозначает режим, в котором первые выпускные клапаны всех цилиндров в первой и второй группах цилиндров включены. Значение "1" обозначает режим, в котором первый выпускной клапан одного цилиндра в первой
10 и из второй группах цилиндров отключен, при этом значение "2" обозначает режим, в котором первые выпускные клапаны всех цилиндров первой и второй групп цилиндров отключены. Ось Y представляет режим отключения первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров. Линия 722 обозначает режим, в котором первый выпускной клапан одного или нескольких
15 цилиндров первой и второй групп цилиндров отключен. Восьмой сверху график на ФИГ. 7 демонстрирует изменение состояния открытия перепускной заслонки (0 и 1) во времени для перепускной заслонки в первом и втором выпускных каналах. Значение "0" обозначает режим, в котором перепускная заслонка первого и второго выпускных каналов закрыта, при этом значение "1" обозначает режим, в котором перепускная
20 заслонка открыта. Ось Y представляет режим открытия перепускной заслонки первого и второго выпускных каналов. Линия 724 представляет состояние открытия перепускной заслонки первого и второго выпускных каналов.

До t_1 двигатель может работать с растущими частотой вращения и нагрузкой двигателя, в связи с чем растет массовый расход потока отработавших газов через
25 первый, второй и третий каналы. Двигатель может работать с закрытой перепускной заслонкой, в связи с чем растет число оборотов турбины. Между t_0 и t_1 число оборотов турбины (702) может расти, при этом оставаясь ниже порогового (704). В связи с ростом числа оборотов турбины, также возможен соответствующий рост отдачи генератора (706), при этом отдача генератора (706) может пребывать ниже порога 708. Кроме того,
30 вибрация генератора (710) может пребывать ниже пороговой (712). Поэтому эксплуатация двигателя может происходить с включенным первым выпускным клапаном во всех цилиндрах первой и второй групп цилиндров.

Непосредственно перед t_1 число оборотов турбины (702) может превысить пороговое (704). В данном первом режиме с забросом оборотов турбины отдача генератора и
35 вибрация генератора относительно низки. Контроллер двигателя может отключить отдельные клапанные приводы первых выпускных клапанов первой и второй групп цилиндров (722) согласно первому порядку цилиндров в связи с превышением порогового числа оборотов турбины в момент t_1 . В раскрытом примере контроллер может выбрать первый цилиндр первой группы цилиндров и первый цилиндр второй
40 группы цилиндров и отключить первый выпускной клапан в выбранных цилиндрах. Первый выпускной клапан первого цилиндра первой группы цилиндров и первого цилиндра второй группы цилиндров могут быть отключены с одновременным продолжением работы этих цилиндров, а также открытием и закрытием их впускных клапанов и второго выпускного клапана в течение цикла работы двигателя. Кроме
45 того, вторые цилиндры первой и второй групп цилиндров могут продолжить работу с включенными первым и вторым выпускными клапанами. В результате выборочного отключения, массовый расход потока отработавших газов через первый (или второй) канал, в который поступают отработавшие газы из первого выпускного клапана

первого цилиндра первой (или второй) группы цилиндров, может упасть (714).

Одновременно, поток отработавших газов через третий канал, в который поступают отработавшие газы из второго клапана соответствующих цилиндров, может возрасти (718), так что суммарный поток отработавших газов останется без изменений (720).

5 Как следствие, между t_1 и t_2 число оборотов турбины может упасть в связи с отключением первого выпускного клапана в выбранных цилиндрах и связанным с ним падением массового расхода потока отработавших газов в турбину. Кроме того, поскольку турбина приводит в действие генератор, уменьшение числа оборотов турбины позволяет удерживать отдачу генератора на необходимых уровнях, а также уменьшать
10 вибрацию генератора.

В момент t_2 , в связи с падением числа оборотов турбины (702) до порогового (704), первый выпускной клапан первого цилиндра в первой группе цилиндров и первого цилиндра во второй группе цилиндров могут быть вновь включены (722).

15 Между t_2 и t_3 , в связи с включением первого выпускного клапана цилиндров в первой и второй группах цилиндров, поток отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров в первой и второй группах цилиндров в турбину может возрасти, в связи с чем растет массовый расход потока отработавших газов в первый канал и соответственно падает массовый расход потока отработавших газов в третий канал, при этом суммарный массовый расход потока в расположенный ниже по потоку
20 каталитический нейтрализатор остается постоянным.

В момент t_3 число оборотов турбины опять превышает пороговое. Рост числа оборотов турбины в момент t_3 превышает рост числа оборотов турбины в момент t_1 . Отдача генератора также может возрасти в связи с ростом числа оборотов турбины и может превысить пороговую. Кроме того, вибрация генератора может превысить
25 пороговую. Во время данного второго режима с забросом оборотов турбины отдача генератора и вибрация генератора относительно высоки. Поэтому контроллер двигателя может отключить отдельные клапанные приводы первых выпускных клапанов первой и второй групп цилиндров согласно второму порядку цилиндров в связи с превышением порогового числа оборотов турбины и превышением пороговых уровней отдачи
30 генератора. Или же контроллер двигателя может отключить отдельные клапанные приводы первых выпускных клапанов первой и второй групп цилиндров согласно третьему порядку цилиндров в связи с превышением порогового числа оборотов турбины и превышением пороговой вибрации генератора. В качестве примера, первый выпускной клапан второго цилиндра первой группы цилиндров и второго цилиндра
35 второй группы цилиндров могут быть отключены (722). А именно, между t_3 и t_4 первый выпускной клапан второго цилиндра первой группы цилиндров и второго цилиндра второй группы цилиндров могут пребывать отключенными для уменьшения потока отработавших газов в турбину с двойной улиткой. В результате отключения второго цилиндра первой группы цилиндров и второго цилиндра второй группы цилиндров,
40 число оборотов турбины, отдача генератора и вибрация генератора могут упасть между t_3 и t_4 . Кроме того, массовый расход потока отработавших газов через первый или второй канал может упасть с одновременным пропорциональным ростом потока отработавших газов через третий канал (через вторые выпускные клапаны соответствующих цилиндров) для сохранения без изменений суммарного потока
45 отработавших газов. В данном случае, первый порядок отключения цилиндров в момент t_1 и второй или третий порядок отключения цилиндров в момент t_3 применяют в связи с разными режимами с забросом оборотов турбины, при этом во всех случаях количество цилиндров, в которых выборочно отключают первые выпускные клапаны, является

одинаковым, однако номера этих цилиндров разные. В других примерах второй и третий порядки цилиндров могут предусматривать отключение первых выпускных клапанов большего количества цилиндров из-за большей разности фактического и порогового числа оборотов турбины.

5 В момент t_4 число оборотов турбины может падать, все еще превышая пороговое, при этом отдача генератора и вибрация генератора превышают пороговые уровни. Для ускорения регулирования числа оборотов турбины, отдачи генератора и вибрации генератора, можно открыть перепускную заслонку (724), установленную параллельно турбине, для направления потока отработавших газов в каталитический нейтрализатор
10 отработавших газов в обход турбины. Как следствие, поток отработавших газов в турбину может упасть, уменьшив число оборотов турбины, отдачу генератора и вибрацию генератора до уровней ниже соответствующих порогов быстрее, чем только при отключении первых выпускных клапанов. В момент t_5 число оборотов турбины может упасть ниже порогового, при этом отдача генератора и вибрация генератора
15 могут упасть до уровней ниже пороговых. Поэтому в момент t_5 первый выпускной клапан второго цилиндра первой группы цилиндров и второго цилиндра второй группы цилиндров могут быть вновь включены, а перепускная заслонка может быть закрыта.

Между t_5 и t_6 , в связи с включением первого выпускного клапана второго цилиндра первой группы цилиндров и второго цилиндра второй группы цилиндров, поток
20 отработавших газов в турбину через первые выпускные клапаны всех цилиндров в первой и второй группах цилиндров может возрасти с одновременным соответствующим уменьшением потока отработавших газов через вторые клапаны.

В момент t_6 число оборотов турбины может вновь превысить пороговое, в результате чего отдача генератора также превысит пороговую и вибрация генератора превысит
25 пороговую. Для уменьшения числа оборотов турбины, отдачи генератора и вибрации генератора, в момент t_6 могут быть отключены первые выпускные клапаны всех цилиндров первой и второй групп цилиндров (722), что приводит к относительно большому падению массового расхода потока отработавших газов через первый или второй канал и относительно большому росту потока отработавших газов через третий
30 канал. В связи с отключением клапанов свободного выпуска в момент t_6 , число оборотов турбины, отдача генератора и вибрация генератора могут упасть между t_6 и t_7 . В данном случае, из-за относительно большого роста числа оборотов турбины по сравнению с ростом числа оборотов турбины в моменты t_1 и t_3 , первые выпускные клапаны всех цилиндров первой и второй групп цилиндров могут пребывать отключенными в течение
35 более длительного периода для сокращения потока отработавших газов в турбину для уменьшения числа оборотов турбины, отдачи генератора и вибрации генератора.

В момент t_7 число оборотов турбины может упасть ниже порогового, отдача генератора может упасть ниже пороговой, и вибрация генератора может быть ниже пороговой. Поэтому первые выпускные клапаны во всех цилиндрах первой и второй
40 групп цилиндров могут быть вновь включены. Иными словами, может быть возобновлена штатная работа двигателя, при которой всех клапаны включены, при этом отработавшие газы подаются из первого выпускного клапана и из второго выпускного клапана каждого цилиндра группы цилиндров. В частности, штатная работа может предусматривать работу первого выпускного клапана первого цилиндра
45 и второго цилиндра группы цилиндров, при которой момент открытия первого выпускного клапана опережает момент открытия второго выпускного клапана как для первого цилиндра, так и для второго цилиндра. Штатная работа также может предусматривать работу первого выпускного клапана каждого цилиндра первой группы

цилиндров и второй группы цилиндров, при которой момент закрытия первого выпускного клапана опережает момент закрытия второго выпускного клапана каждого цилиндра первой группы цилиндров и второй группы цилиндров. Таким образом, открытие второго выпускного клапана в более поздний момент цикла выпуска позволяет
5 снизить давление в цилиндрах с относительно высокого противодавления выше по потоку от входа турбины до относительно низкого давления ниже по потоку от турбины. Как следствие, могут быть уменьшены насосные потери.

Таким образом, улучшение работы двигателя может быть достигнуто путем отключения первого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров первой и
10 второй групп цилиндров, когда разность фактического и порогового числа оборотов турбины относительно мала, или когда число оборотов турбины превышает пороговое в течение относительно короткого периода. Отключение первого выпускного клапана каждого цилиндра первой и второй групп цилиндров, когда разность фактического и порогового числа оборотов турбины относительно велика, или когда число оборотов
15 турбины превышает пороговое в течение относительно длительного периода, позволяет улучшить регулирование числа оборотов турбины с одновременным удержанием отдачи генератора на необходимых уровнях и уменьшением ШВР, связанных с вибрацией на генераторе, приводимом в действие турбиной.

Например, двигатель с рядным расположением цилиндров может содержать четыре
20 цилиндра, распределенные по группам цилиндров, при этом каждая группа цилиндров содержит два цилиндра, при этом каждый цилиндр содержит один первый выпускной клапан. В данном случае, если разность фактического и порогового числа оборотов турбины превышает первый порог, можно выбрать один цилиндр первой группы цилиндров и один цилиндр второй группы цилиндров и отключить первый выпускной
25 клапан в выбранных цилиндрах. Указанные один цилиндр первой группы цилиндров и один цилиндр второй группы цилиндров могут быть выбраны по их положению в двигателе по часовой стрелке и/или по порядку зажигания.

В еще одном примере, при той же компоновке двигателя, когда разность фактической и пороговой вибрации генератора превышает пороговую, можно выбрать оба цилиндра
30 первой группы цилиндров и оба цилиндра второй группы цилиндров и отключить первый выпускной клапан во всех выбранных цилиндрах. В данном примере первый выпускной клапан во всех цилиндрах может быть отключен с одновременным продолжением работы этих цилиндров, а также открытием и закрытием их впускных клапанов и второго выпускного клапана в течение цикла работы двигателя

Отключение первого выпускного клапана в выбранных цилиндрах первой и второй
35 групп цилиндров в связи с превышением порогового числа оборотов турбины, превышением пороговой отдачи генератора и превышением пороговой вибрации генератора позволяет уменьшить заброс оборотов турбины и рост вибрации генератора с одновременным сохранением необходимой отдачи генератора и, как следствие,
40 улучшением эксплуатационных показателей двигателя.

На ФИГ. 8 графически представлен пример управления первым выпускным клапаном одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров для регулирования потока энергии отработавших газов в турбину турбогенератора (например, турбогенератора 190 на ФИГ. 1А) в составе выпускной системы двигателя с
45 разветвленным выпускным коллектором, например, системы двигателя 10 на ФИГ. 1А. Последовательность на ФИГ. 8 может быть реализована путем выполнения команд в системе на ФИГ. 1А-2 согласно способам на ФИГ. 3-5. Вертикальные метки в моменты t_0 - t_8 представляют рассматриваемые моменты последовательности. На всех раскрытых

ниже графиках ось X представляет время, значения которого растут с левой стороны к правой стороне каждого графика.

Первый сверху график на ФИГ. 8 демонстрирует изменение нагрузки двигателя во времени. Ось Y представляет нагрузку двигателя, возрастающую в направлении оси Y. Линия 802 представляет фактическую нагрузку двигателя, горизонтальная линия 804 представляет первый порог нагрузки двигателя, а горизонтальная линия 806 представляет второй порог нагрузки двигателя.

Второй сверху график на ФИГ. 8 демонстрирует изменение режима отключения (0 и 1) первого выпускного клапана в первом и втором цилиндрах первой группы цилиндров во времени. Значение "0" обозначает режим, в котором первый выпускной клапан в первом цилиндре и втором цилиндре первой группы цилиндров не отключен. Значение "1" обозначает режим, в котором первый выпускной клапан одного цилиндра первой группы цилиндров отключен. Ось Y представляет режим отключения, в котором первый выпускной клапан одного цилиндра первой группы цилиндров отключен. Линия 808 обозначает режим, в котором первый выпускной клапан одного цилиндра первой группы цилиндров отключен.

Третий сверху график на ФИГ. 8 представляет изменение во времени режима отключения (0 и 1) первого выпускного клапанов в первом и втором цилиндрах второй группы цилиндров. Значение "0" обозначает режим, в котором первый выпускной клапан в первом цилиндре и втором цилиндре второй группы цилиндров не отключен. Значение "1" обозначает режим, в котором первый выпускной клапан одного цилиндра второй группы цилиндров отключен. Ось Y представляет режим отключения, в котором первый выпускной клапан одного цилиндра второй группы цилиндров отключен. Линия 810 обозначает режим, в котором первый выпускной клапан одного цилиндра второй группы цилиндров отключен.

Четвертый сверху график на ФИГ. 8 демонстрирует изменение температуры компонентов во времени. Ось Y представляет температуру компонентов, возрастающую в направлении оси Y. Линия 812 представляет температуру компонентов.

Между t_0 и t_1 двигатель может работать с нагрузкой (802) двигателя ниже первого порога (804) нагрузки двигателя. Температура (812) компонентов растет в связи с ростом нагрузки двигателя, оставаясь ниже пороговой температуры (814) компонентов. Поэтому отключение первого выпускного клапана какого-либо цилиндра (первой или второй групп цилиндров) для снижения температуры компонентов не нужно. В связи с этим, двигатель может работать без отключения клапанов свободного выпуска.

В момент t_1 , когда двигатель работает с нагрузкой ниже первого порога (804), температура (812) компонентов может достигнуть пороговой температуры (814) компонентов. Поэтому, для уменьшения перегрева цилиндров, первый выпускной клапан первого цилиндра в первой группе цилиндров может быть отключен в момент t_1 (808), при этом первый выпускной клапан второго цилиндра в первой группе цилиндров может пребывать включенным. В связи с отключением первого выпускного клапана первого цилиндра в первой группе цилиндров, температура компонентов начинает падать, при этом оставаясь выше пороговой температуры (814) компонентов. В связи с повышенной температурой компонентов и одновременным превышением второго порога 806 нагрузки двигателя (указывающим на предрасположенность к дальнейшему нагреву цилиндров), в момент t_2 также отключают первый выпускной клапан первого цилиндра второй группы цилиндров. В частности, первый выпускной клапан в первом цилиндре первой и второй групп цилиндров может находиться в отключенном состоянии, при этом первый выпускной клапан во втором цилиндре

первой и второй групп цилиндров остается включенным. Первый выпускной клапан в первом цилиндре первой группы цилиндров и в первом цилиндре второй группы цилиндров может быть отключен с одновременным продолжением работы этих цилиндров, а также открытием и закрытием их впускных клапанов и второго выпускного клапана в течение цикла работы двигателя. В результате отключения первого выпускного клапана в нескольких цилиндрах, температура компонентов начинает падать.

В момент t_3 нагрузка (802) двигателя падает до второго порога (806) нагрузки двигателя, при этом температура компонентов все еще превышает пороговую. В связи с падением нагрузки двигателя, первый выпускной клапан первого цилиндра второй группы цилиндров (810) вновь включают в момент t_3 , при этом первый выпускной клапан первого цилиндра первой группы цилиндров (808) оставляют выключенным для снижения температуры компонентов.

Между t_3 и t_4 нагрузка (802) двигателя падает до первого порога (804) нагрузки двигателя, при этом температура компонентов падает до пороговой температуры компонентов. Как следствие, с момент t_4 первый выпускной клапан первого цилиндра первой группы цилиндров (808) вновь включают.

Между t_4 и t_5 нагрузка двигателя может дополнительно упасть ниже первого порога нагрузки двигателя, при этом температура компонентов может пребывать ниже пороговой температуры компонентов. Как следствие, первый выпускной клапан во всех цилиндрах первой и второй групп цилиндров может пребывать включенным. Далее, в момент t_5 , нагрузка (802) двигателя может вновь возрасти до первого порога (804) нагрузки двигателя. В связи с ростом нагрузки двигателя, температура компонентов также может возрасти и превысить пороговую температуру компонентов. В связи с нагревом цилиндров, в момент t_5 первый выпускной клапан второго цилиндра второй группы цилиндров (810) может быть отключен для уменьшения перегрева цилиндров. Между t_5 и t_6 нагрузка (802) двигателя может продолжить расти, превышая первый порог (804) нагрузки двигателя, но оставаясь ниже второго порога (806) нагрузки двигателя до момента непосредственно перед t_6 .

В связи с ростом нагрузки двигателя, температура компонентов также может возрасти, оставаясь выше пороговой температуры компонентов. Поэтому, для уменьшения дальнейшего роста температуры компонентов, первый выпускной клапан второго цилиндра первой группы цилиндров (808) также может быть отключен в момент t_6 .

Между t_6 и t_7 нагрузка двигателя может возрасти. При этом, оставление первого выпускного клапана во вторых цилиндрах первой и второй групп цилиндров позволяет снизить температуру компонентов и избежать перегрева.

В момент t_7 , в связи с падением температуры компонентов, первый выпускной клапан второго цилиндра первой группы цилиндров (808) вновь включают. При этом, в связи с превышением первого порога нагрузки двигателя, первый выпускной клапан второго цилиндра второй группы цилиндров (810) может пребывать отключенным для дополнительного уменьшения нагрева компонентов из-за повышенной нагрузки двигателя.

В момент t_8 первый выпускной клапан второго цилиндра второй группы цилиндров (810) может быть вновь включен, поскольку нагрузка двигателя упала ниже первого порога нагрузки двигателя, а температура компонентов упала ниже пороговой температуры компонентов. Иными словами, может быть возобновлена штатная работа двигателя без отключения клапанов свободного выпуска. В частности, штатная работа

может предусматривать подачу отработавших газов из первого выпускного клапана первого цилиндра и второго цилиндра и работу первого выпускного клапана первого цилиндра и второго цилиндра, при которой момент открытия первого выпускного клапана опережает момент открытия второго выпускного клапана как для первого цилиндра, так и для второго цилиндра. Штатная работа может также предусматривать подачу отработавших газов из первого выпускного клапана и работу первого выпускного клапана каждого цилиндра первой группы цилиндров и второй группы цилиндров, при которой момент закрытия первого выпускного клапана опережает момент закрытия второго выпускного клапана каждого цилиндра первой группы цилиндров и второй группы цилиндров.

Таким образом, выборочное отключение выпускного клапана одного или нескольких цилиндров, соединенного с каналом, направляющим отработавшие газы в улитку турбины, позволяет быстро регулировать число оборотов турбины. В частности, изменение количества и номеров цилиндров групп цилиндров, в которых выборочно отключают выпускные клапаны, позволяет варьировать массовый расход потока отработавших газов в расположенную ниже по потоку турбину для создания широкого диапазона расходов потока. Кроме того, выбор цилиндров из разных групп позволяет снизить ШВР, вызванные забросом оборотов турбины. Например, можно уменьшить вибрацию, возникающую на генераторе, приводимом в действие турбиной. Оставление другого выпускного клапана одного или нескольких цилиндров включенным, при этом другой выпускной клапан соединен с каналом, направляющим отработавшие газы в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход турбины, позволяет регулировать температуру каталитического нейтрализатора одновременно с регулированием числа оборотов турбины. Это позволяет уменьшить заброс оборотов турбины, рост ШВР генератора и перегрев компонентов для улучшения эксплуатационных показателей двигателя.

В одном примере способ для двигателя содержит шаги, на которых: подают отработавшие газы из первого выпускного клапана всех цилиндров первой группы цилиндров в первую улитку газовой турбины с одновременной подачей отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку указанной газовой турбины; и подают отработавшие газы из второго выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход турбины. Предыдущий пример может дополнительно или опционально содержать шаги, на которых, при превышении порогового числа оборотов турбины, выборочно отключают первый выпускной клапан одного или нескольких цилиндров первой и второй групп цилиндров. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, турбина приводит в действие генератор. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, способ может дополнительно или опционально содержать шаг, на котором выбирают один или несколько первых выпускных клапанов для отключения и период выборочного отключения в зависимости от числа оборотов турбины. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, один или несколько первых выпускных клапанов, выбираемых для отключения, последовательность выборочного отключения и период выборочного отключения выбирают также в зависимости от отношения отдачи генератора по мощности или току к пороговой отдаче, или того, как вибрация генератора соотносится с пороговой вибрацией.

Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, один или несколько выпускных клапанов, выбираемых для отключения,

последовательность выборочного отключения и период выборочного отключения выбирают также в зависимости от отношения температуры выпускной системы к пороговой температуре. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, первый выпускной клапан во всех цилиндрах первой группы цилиндров соединен с первой улиткой турбины через первый выпускной коллектор, а первый выпускной клапан во всех цилиндрах второй группы цилиндров соединен со второй улиткой турбины через второй, другой, выпускной коллектор, причем второй выпускной клапан во всех цилиндрах первой и второй групп цилиндров соединен с каталитическим нейтрализатором отработавших газов через третий выпускной коллектор, ведущий в обход турбины. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, первая группа цилиндров расположена на первом ряду двигателя, а вторая группа цилиндров расположена на втором, другом, ряду двигателя. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, первую группу цилиндров и вторую группу цилиндров выбирают в зависимости от положения цилиндров в блоке цилиндров двигателя и порядка зажигания.

Кроме того, во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, указанный выбор в зависимости от числа оборотов турбины включает в себя отключение первого выпускного клапана одного цилиндра первой и второй групп цилиндров, если разность указанного числа оборотов турбины и порогового числа оборотов турбины относительно мала, или если число оборотов турбины превышает пороговое в течение относительно короткого периода; и отключение первого выпускного клапана каждого цилиндра первой и второй групп цилиндров, если разность указанного числа оборотов турбины и порогового числа оборотов турбины относительно велика, или если число оборотов турбины превышает пороговое в течение относительно длительного периода. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, указанный выбор в зависимости от температуры выпускной системы также включает в себя выборочное отключение первого выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров, если температура выпускной системы ниже пороговой. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, подача отработавших газов из первого выпускного клапана включает в себя работу первого выпускного клапана в первом цилиндре и втором цилиндре, при которой момент открытия первого выпускного клапана опережает момент открытия второго выпускного клапана как для первого цилиндра, так и для второго цилиндра. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, подача отработавших газов из первого выпускного клапана также включает в себя работу первого выпускного клапана каждого цилиндра первой группы цилиндров и второй группы цилиндров, при которой момент закрытия первого выпускного клапана опережает момент закрытия второго выпускного клапана каждого цилиндра первой группы цилиндров и второй группы цилиндров.

В еще одном примере способ для двигателя может содержать шаги, на которых: направляют поток отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров первой группы цилиндров в первую улитку газовой турбины; направляют поток отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку газовой турбины, при этом турбина выполнена с возможностью приводить в действие генератор; направляют поток отработавших газов из второго выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход турбины; и отключают отдельные клапанные приводы первых выпускных клапанов первой и второй групп

цилиндров согласно первому порядку цилиндров в связи с превышением порогового числа оборотов турбины в первом рабочем режиме; и отключают отдельные клапанные приводы первых выпускных клапанов первой и второй групп цилиндров согласно второму, другому, порядку цилиндров в связи с превышением порогового числа оборотов турбины во втором рабочем режиме, отличном от первого режима и взаимноисключающем первый режим. Предыдущий пример может дополнительно или опционально включать в себя то, что первый и второй порядки зависят от числа оборотов турбины, и/или частоты вращения двигателя, и/или нагрузки двигателя, и/или температуры двигателя, и/или выбора передачи в трансмиссии. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, первый порядок цилиндров включает в себя первый цилиндр первой группы цилиндров и первый цилиндр второй группы цилиндров, при этом второй порядок цилиндров включает в себя второй цилиндр первой группы цилиндров и второй цилиндр второй группы цилиндров. Во всех предыдущих примерах или в любом из них, дополнительно или опционально, отключение согласно первому порядку цилиндров включает в себя выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров только первой группы цилиндров, когда нагрузка двигателя относительно высока, и выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров и первой, и второй групп цилиндров, когда нагрузка двигателя относительно низка. Во всех предыдущих примерах или в любом из них способ может дополнительно или опционально предусматривать то, что отключение согласно второму порядку цилиндров включает в себя выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров только первой группы цилиндров, когда частота вращения двигателя относительно высока, и выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров и первой, и второй групп цилиндров, когда частота вращения двигателя относительно низка.

В еще одном примере система двигателя содержит: двигатель, содержащий выпускной коллектор с каталитическим нейтрализатором отработавших газов; газовую турбину с первой и второй улитками, при этом турбина выполнена с возможностью приводить в действие генератор; первую группу цилиндров, содержащую первый цилиндр, при этом первый цилиндр содержит первый и второй выпускные клапаны, при этом первый выпускной клапан выполнен с возможностью выборочного отключения; вторую группу цилиндров, содержащую второй цилиндр, при этом второй цилиндр содержит первый и второй выпускные клапаны, при этом первый выпускной клапан выполнен с возможностью выборочного отключения; первый канал, соединяющий первый выпускной клапан первого цилиндра с первой улиткой турбины; второй канал, соединяющий первый выпускной клапан второго цилиндра со второй улиткой турбины; третий канал, соединяющий второй выпускной клапан как первого, так и второго цилиндров с каталитическим нейтрализатором отработавших газов в обход турбины, при этом каталитический нейтрализатор отработавших газов расположен ниже по потоку от турбины; и контроллер. Контроллер может быть выполнен с машиночитаемыми командами в долговременной памяти для: работы в первом режиме с включенным первым выпускным клапаном в первом и втором цилиндрах; работы во втором режиме с выключенным первым выпускным клапаном первого или второго цилиндра; работы в третьем режиме с выключенным первым выпускным клапаном и в первом, и во втором цилиндрах; и перехода между режимами в зависимости от

температуры выпускной системы и/или числа оборотов турбины. В предыдущем примере, дополнительно или опционально, указанный переход представляет собой переход из первого режима во второй, если рост температуры выпускной системы меньше порогового и/или рост числа оборотов турбины меньше порогового; и переход из первого режима в третий, если рост температуры выпускной системы больше порогового и/или рост числа оборотов турбины больше порогового, причем в первом, втором и третьем режимах второй выпускной клапан включен.

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 настоящем описании способы и алгоритмы управления можно хранить в виде исполняемых команд в долговременной памяти с возможностью реализации системой управления, содержащей контроллер, во взаимодействии с различными датчиками, исполнительными механизмами и другими техническими средствами системы 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 не обязательно требуется для достижения отличительных особенностей и преимуществ описываемых здесь 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 изображать код, программируемый в долговременной памяти машиночитаемого носителя данных в системе управления двигателем, при этом раскрытые действия реализуют путем выполнения команд, содержащихся в системе, содержащей вышеупомянутые технические средства в составе двигателя, взаимодействующие с электронным контроллером.

Следует понимать, что раскрытые в настоящем описании конфигурации и программы 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. Предмет 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 таких 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 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 идеи первоначальной формулы изобретения, также считаются включенными в предмет настоящего изобретения.

(57) Формула изобретения

5

1. Способ для двигателя, содержащий шаги, на которых:

подают отработавшие газы из первого выпускного клапана всех цилиндров первой группы цилиндров в первую улитку газовой турбины с одновременной подачей отработавших газов из первого выпускного клапана всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку указанной газовой турбины; и

10

подают отработавшие газы из второго выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход газовой турбины,

15

причем в ответ на превышение скоростью вращения газовой турбины пороговой скорости вращения выборочно отключают по меньшей мере один первый выпускной клапан по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что газовая турбина приводит в действие генератор.

20

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что выборочное отключение по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, дополнительно содержит выбор последовательности выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, и периода выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, в зависимости от скорости вращения турбины.

25

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что газовая турбина приводит в действие генератор, причем выборочное отключение по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров для отключения, последовательность выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, и период выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, выбирают также в зависимости от отношения отдачи мощности или тока генератора к пороговой отдаче.

35

5. Способ по п. 3, отличающийся тем, что выборочное отключение по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров для отключения, последовательность выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, и период выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, выбирают также в зависимости от отношения температуры выпускной системы к пороговой температуре.

45

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что первый выпускной клапан всех цилиндров первой группы цилиндров соединен с первой улиткой газовой турбины через первый выпускной коллектор, при этом первый выпускной клапан всех цилиндров второй

группы цилиндров соединен со второй улиткой газовой турбины через второй, другой, выпускной коллектор, причем второй выпускной клапан всех цилиндров первой и второй групп цилиндров соединен с каталитическим нейтрализатором отработавших газов через третий выпускной коллектор, ведущий в обход газовой турбины.

5 7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере один первый выпускной клапан по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой группы цилиндров или второй группы цилиндров, выбирают в зависимости от положения цилиндров в блоке цилиндров двигателя и порядка зажигания.

10 8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что выборочное отключение по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, в ответ на превышение скоростью вращения турбины пороговой скорости вращения включает в себя отключение первого выпускного клапана одного цилиндра первой и второй групп цилиндров, если разность указанной скорости вращения турбины и пороговой скорости вращения превышает первое
15 пороговое значение; и отключение первого выпускного клапана каждого цилиндра первой и второй групп цилиндров, если разность указанной скорости вращения турбины и пороговой скорости вращения превышает второе пороговое значение, причем второе пороговое значение больше первого порогового значения.

20 9. Способ по п. 5, отличающийся тем, что выборочное отключение по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров для отключения, последовательность выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, и период
25 выборочного отключения по меньшей мере одного первого выпускного клапана по меньшей мере одного цилиндра, выбранного из первой и второй групп цилиндров, в зависимости от температуры выпускной системы также включает в себя выборочное отключение первого выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в ответ на температуру выпускной системы ниже пороговой температуры.

30 10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что подача отработавших газов из первого выпускного клапана включает в себя работу первого выпускного клапана в первом цилиндре и втором цилиндре, при которой момент открытия первого выпускного клапана опережает момент открытия второго выпускного клапана как для первого цилиндра, так и для второго цилиндра.

35 11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что подача отработавших газов из первого выпускного клапана также включает в себя работу первого выпускного клапана каждого цилиндра первой группы цилиндров и второй группы цилиндров, при которой момент закрытия первого выпускного клапана опережает момент закрытия второго выпускного клапана каждого цилиндра первой группы цилиндров и второй группы цилиндров.

40 12. Способ для двигателя, содержащий шаги, на которых:

направляют отработавшие газы из первого выпускного клапана всех цилиндров первой группы цилиндров в первую улитку газовой турбины;

направляют отработавшие газы из первого выпускного клапана всех цилиндров второй группы цилиндров во вторую улитку газовой турбины, при этом газовая турбина
45 выполнена с возможностью приведения в действие генератора;

направляют отработавшие газы из второго выпускного клапана всех цилиндров первой и второй групп цилиндров в каталитический нейтрализатор отработавших газов в обход газовой турбины; и

отключают отдельные клапанные приводы первых выпускных клапанов первой и второй групп цилиндров согласно первому порядку цилиндров в ответ на превышение скоростью вращения турбины пороговой скорости вращения в первом рабочем режиме;
и

5 отключают отдельные клапанные приводы первых выпускных клапанов первой и второй групп цилиндров согласно второму, другому, порядку цилиндров в ответ на превышение скоростью вращения турбины пороговой скорости вращения во втором рабочем режиме, отличном от первого режима и взаимоисключающем первый режим.

10 13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что первый и второй порядки цилиндров зависят от частоты вращения двигателя и/или нагрузки двигателя, и/или температуры двигателя, и/или выбора передачи в трансмиссии.

14. Способ по п. 12, отличающийся тем, что первый порядок цилиндров включает в себя первый цилиндр первой группы цилиндров и первый цилиндр второй группы цилиндров, при этом второй порядок цилиндров включает в себя второй цилиндр первой группы цилиндров и второй цилиндр второй группы цилиндров.

15 15. Способ по п. 13, отличающийся тем, что отключение согласно первому порядку цилиндров включает в себя:

выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров только первой группы цилиндров, когда
20 нагрузка двигателя выше заданного значения, и выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров и первой, и второй групп цилиндров, когда нагрузка двигателя ниже заданного значения.

16. Способ по п. 13, отличающийся тем, что отключение согласно второму порядку цилиндров включает в себя:

25 выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров только первой группы цилиндров, когда частота вращения двигателя выше заданного значения, и выборочное отключение отдельных клапанных приводов первых выпускных клапанов одного или нескольких цилиндров и первой, и второй групп цилиндров, когда частота вращения двигателя
30 ниже заданного значения.

17. Система двигателя, содержащая:

двигатель, содержащий выпускной коллектор с каталитическим нейтрализатором отработавших газов;

35 газовую турбину с первой и второй улитками, при этом газовая турбина выполнена с возможностью приведения в действие генератора;

первую группу цилиндров, содержащую первый цилиндр, при этом первый цилиндр содержит первый и второй выпускные клапаны, при этом первый выпускной клапан выполнен с возможностью выборочного отключения;

40 вторую группу цилиндров, содержащую второй цилиндр, при этом второй цилиндр содержит первый и второй выпускные клапаны, при этом первый выпускной клапан выполнен с возможностью выборочного отключения;

первый канал, соединяющий первый выпускной клапан первого цилиндра с первой улиткой газовой турбины;

45 второй канал, соединяющий первый выпускной клапан второго цилиндра со второй улиткой газовой турбины;

третий канал, соединяющий второй выпускной клапан как первого, так и второго цилиндров с каталитическим нейтрализатором отработавших газов в обход газовой турбины, при этом каталитический нейтрализатор отработавших газов расположен

ниже по потоку от газовой турбины; и

контроллер с машиночитаемыми командами в долговременной памяти для:

работы в первом режиме с включенным первым выпускным клапаном первого и второго цилиндров;

5 работы во втором режиме с включенным первым выпускным клапаном первого цилиндра и выключенным первым выпускным клапаном второго цилиндра;

работы в третьем режиме с выключенным первым выпускным клапаном и первого, и второго цилиндров; и

10 перехода между режимами в зависимости от температуры выпускной системы и/или скорости вращения турбины.

18. Система по п. 17, отличающаяся тем, что указанный переход представляет собой переход из первого режима во второй режим в ответ на рост температуры выпускной системы меньше порогового и/или рост скорости вращения турбины меньше порогового и переход из первого режима в третий режим в ответ на рост температуры выпускной 15 системы больше порогового и/или рост скорости вращения турбины больше порогового, причем в первом, втором и третьем режимах второй выпускной клапан включен.

20

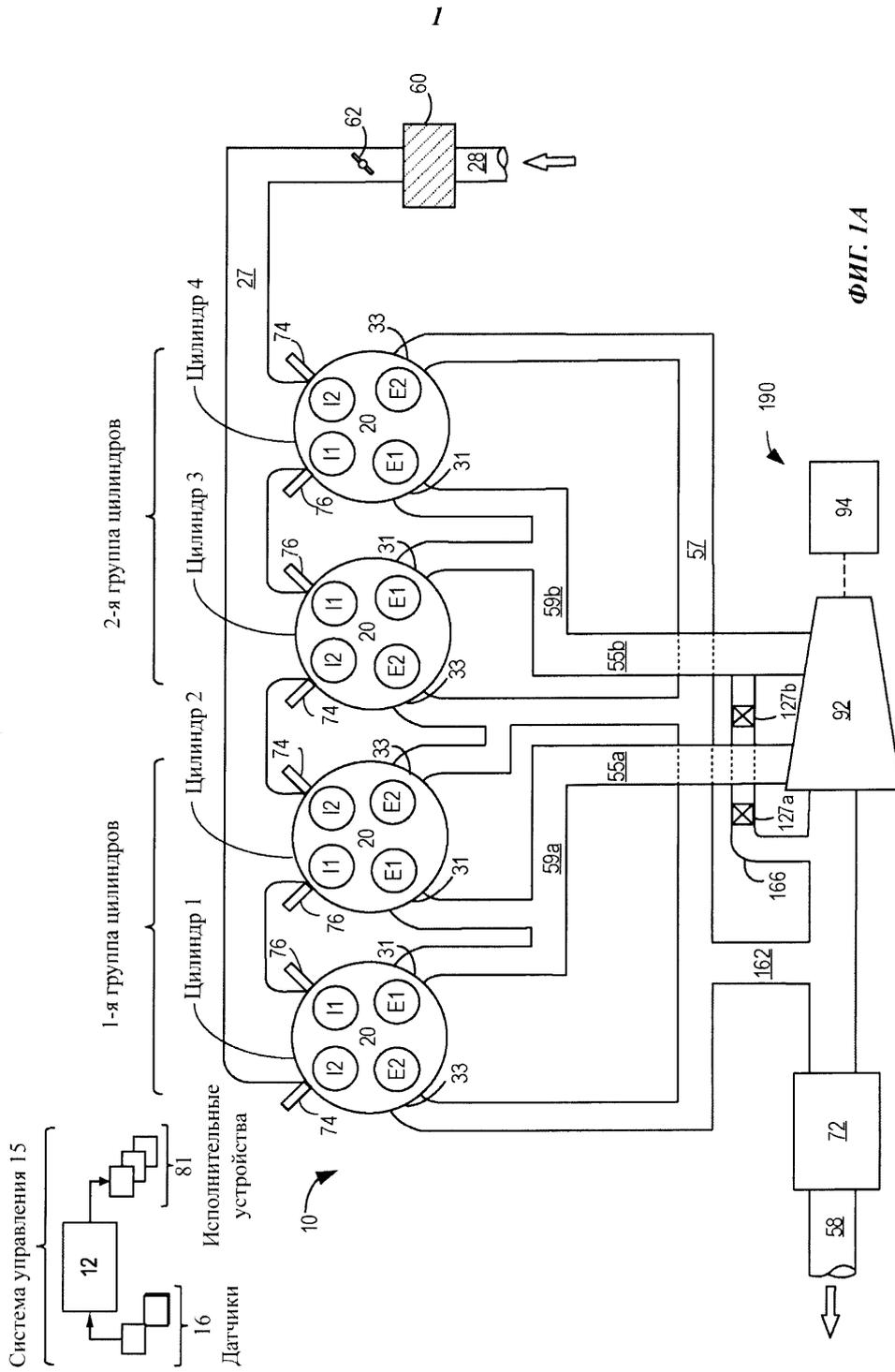
25

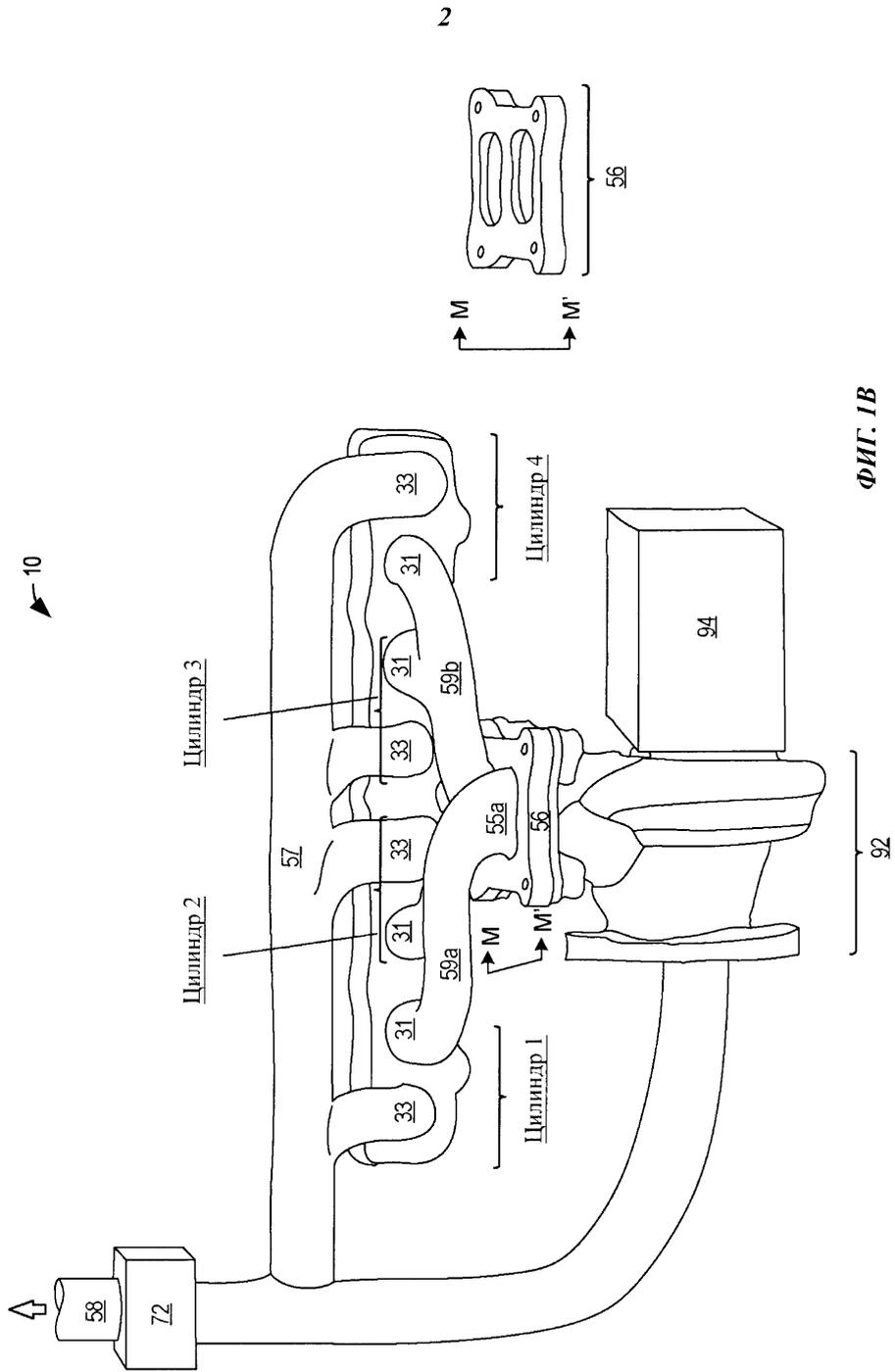
30

35

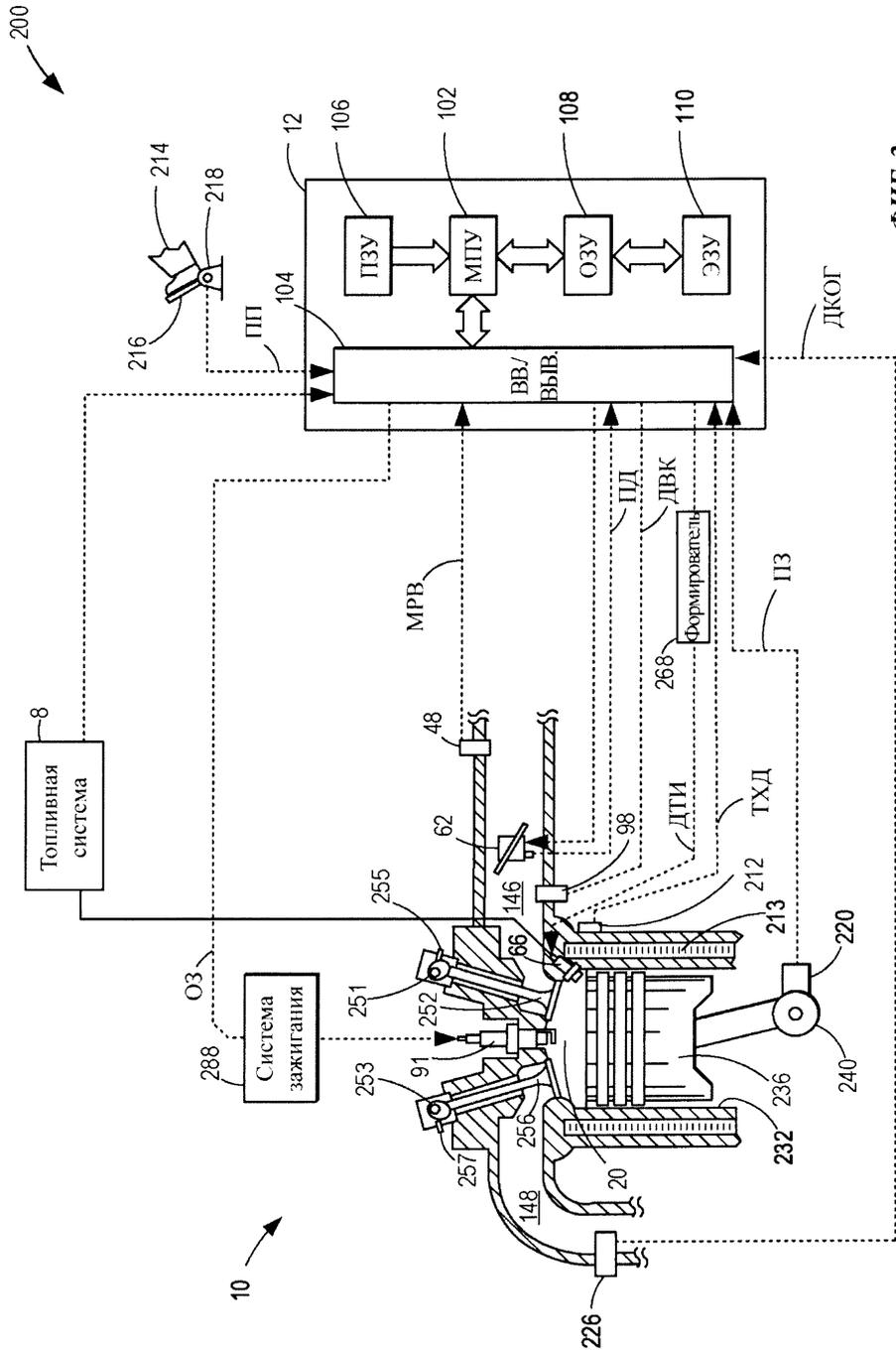
40

45

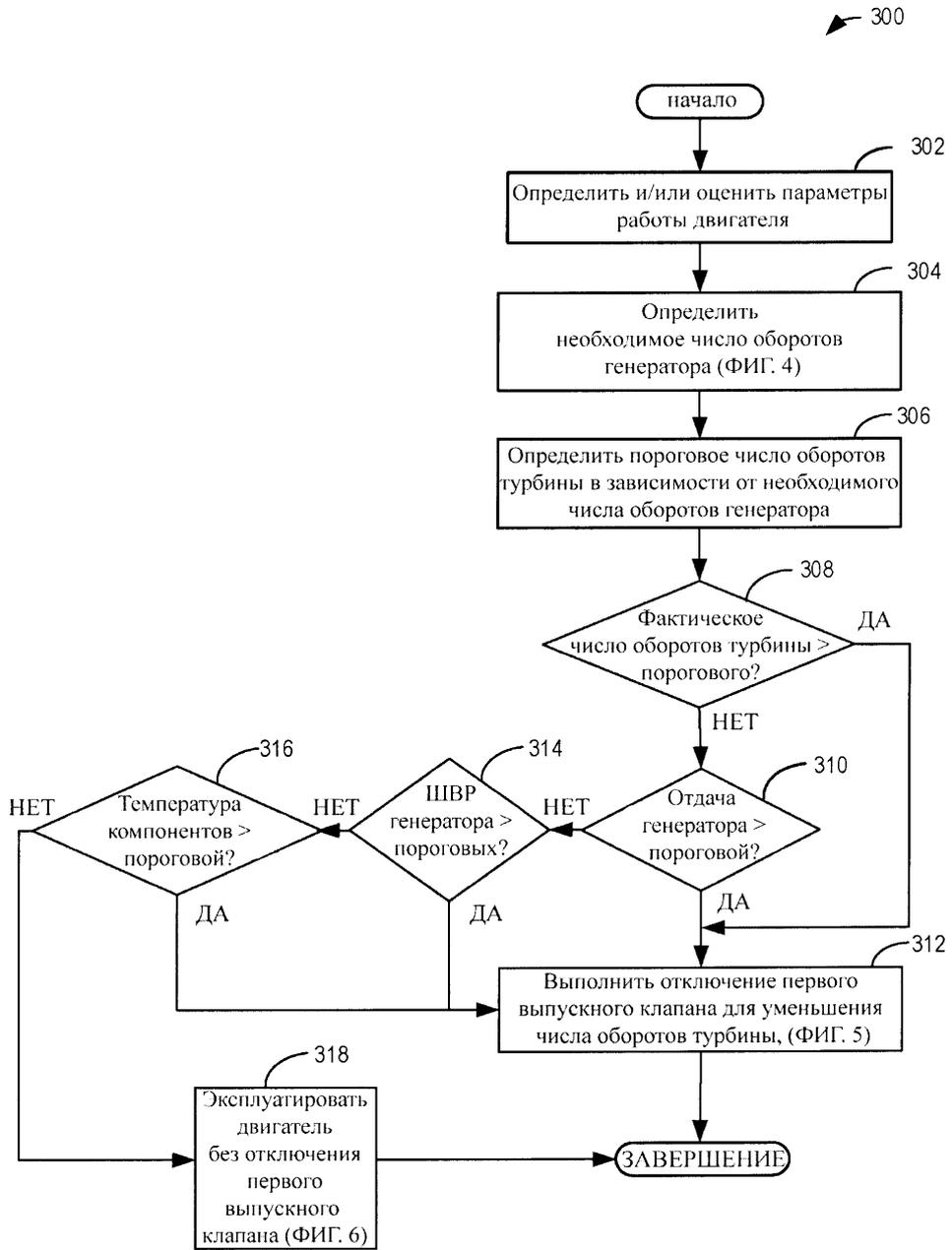




3



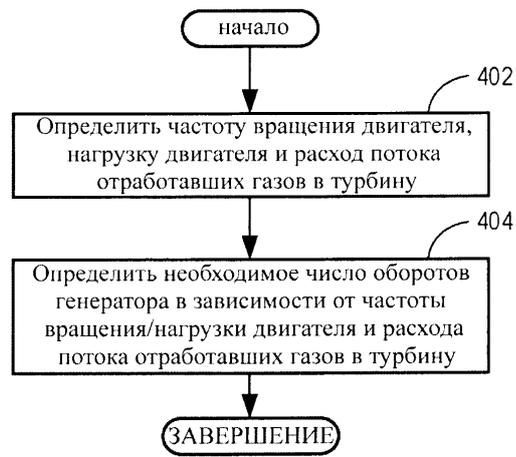
ФИГ. 2



ФИГ. 3

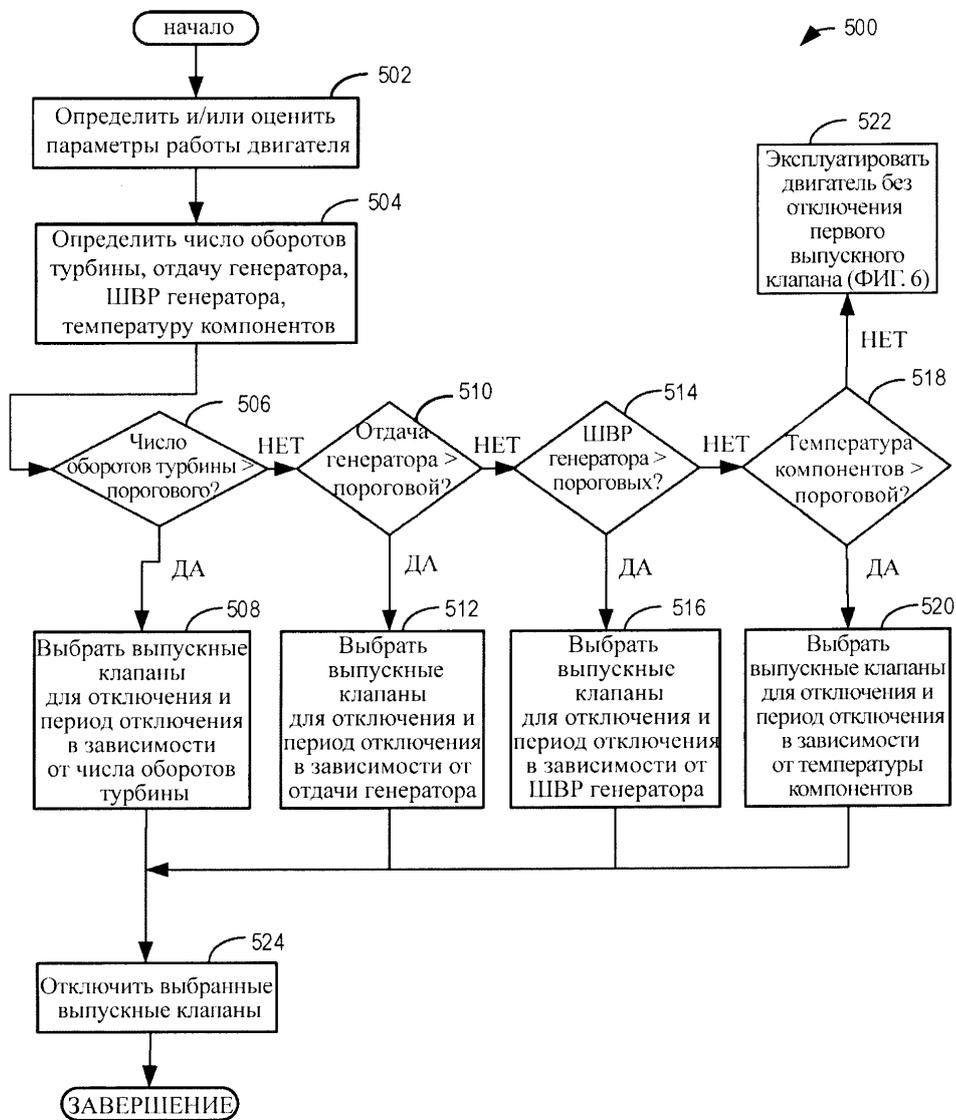
5

400

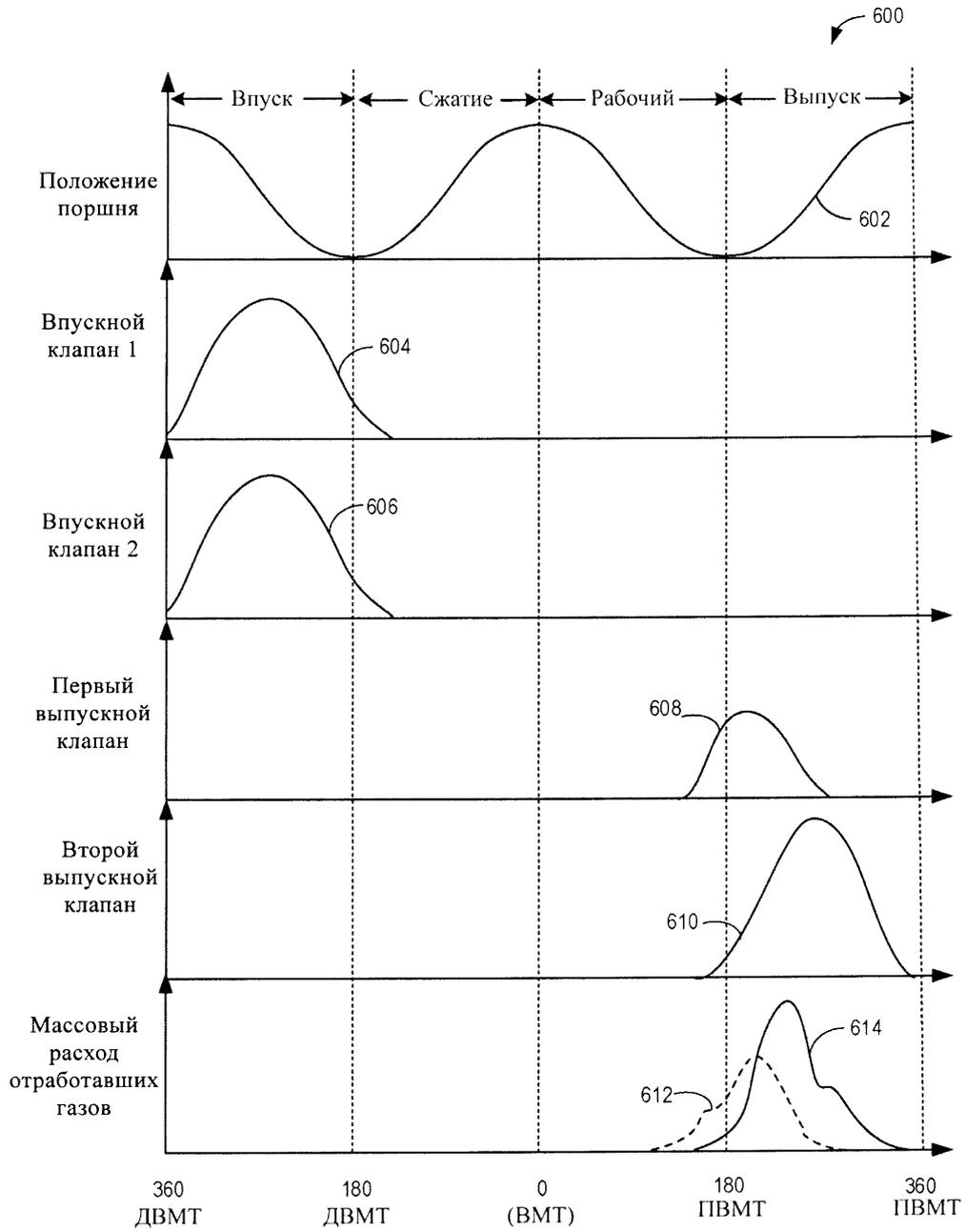


ФИГ. 4

6

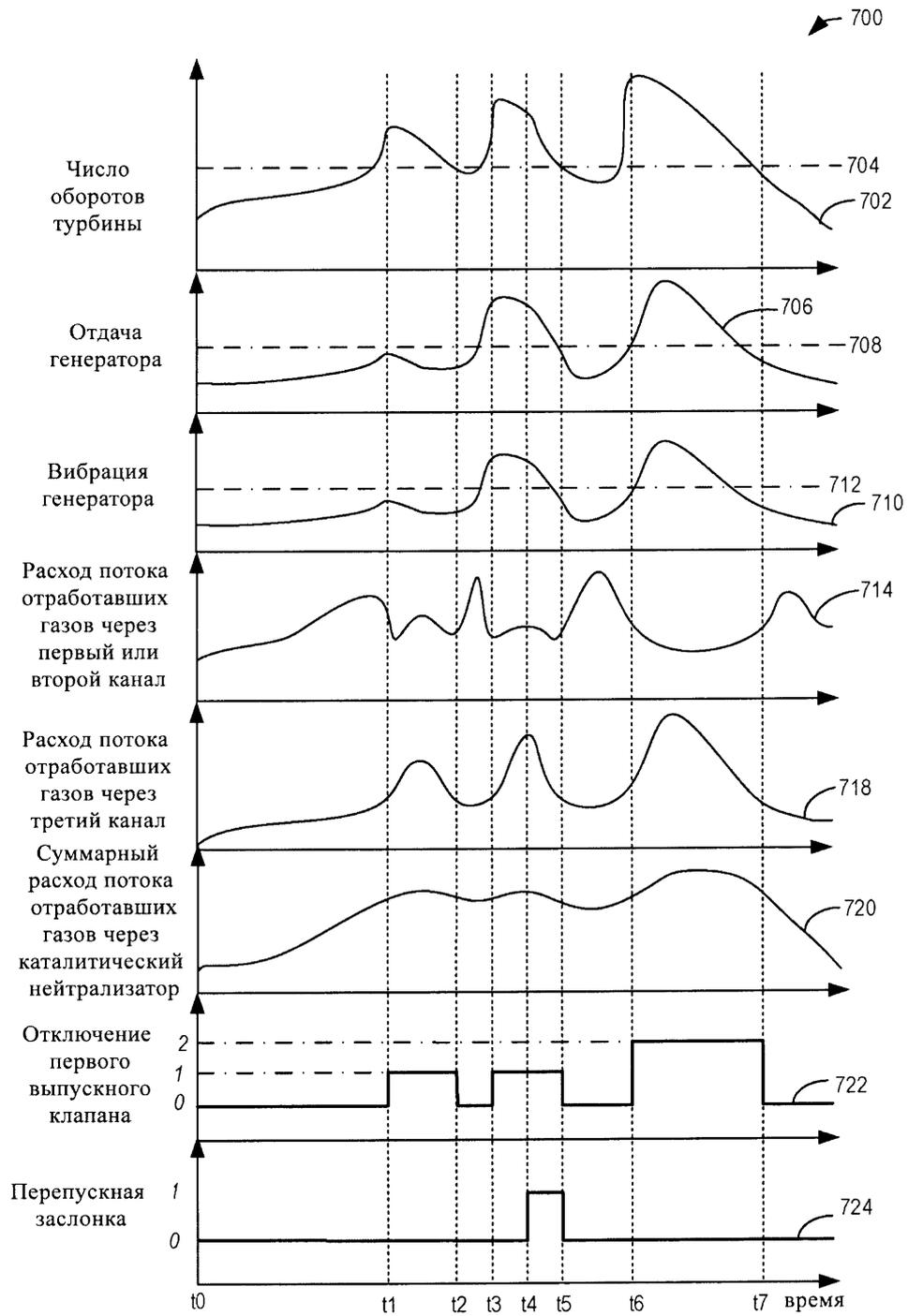


ФИГ. 5

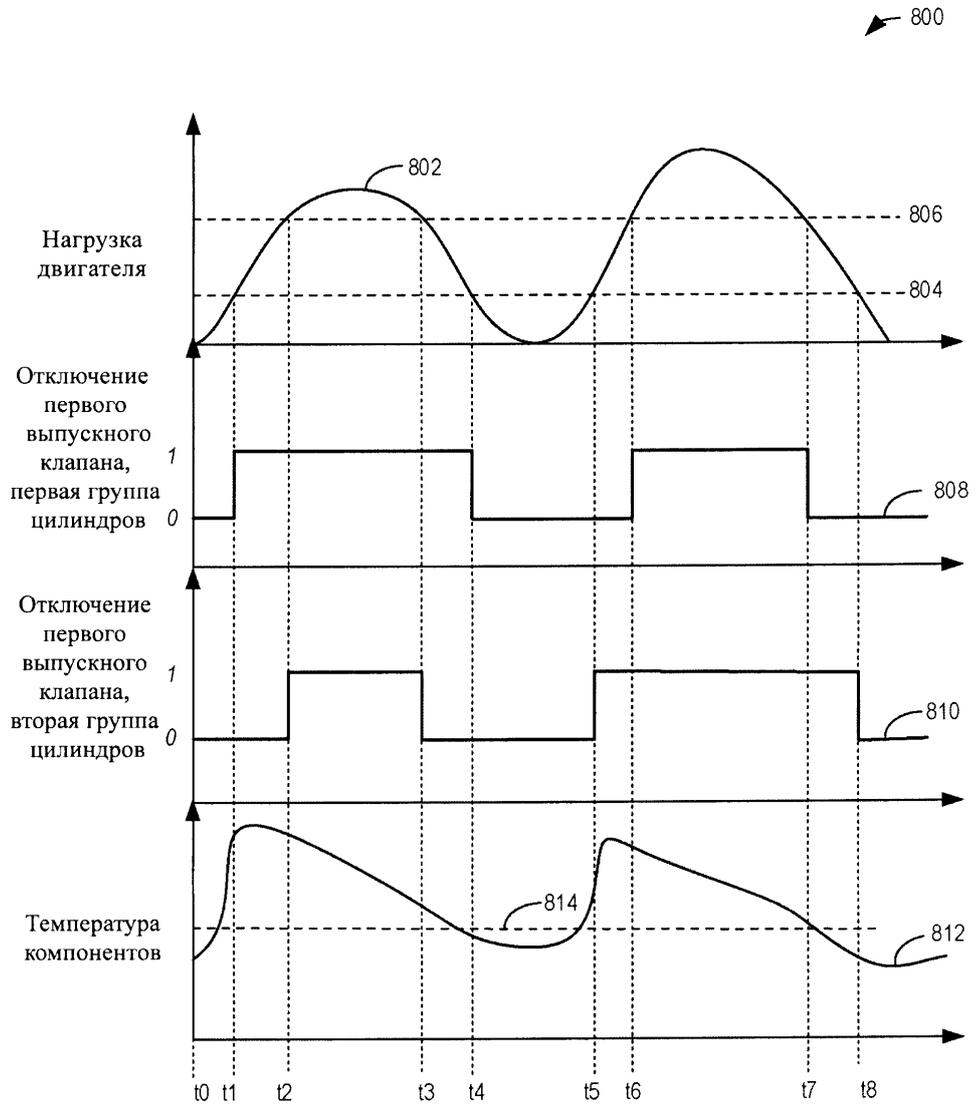


ФИГ. 6

8



ФИГ. 7



ФИГ. 8