



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015141082, 28.02.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.02.2013Дата регистрации:  
05.12.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.02.2013

(43) Дата публикации заявки: 03.04.2017 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 05.12.2017 Бюл. № 34

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 28.09.2015

(86) Заявка РСТ:

RU 2013/000162 (28.02.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:

WO 2014/133406 (04.09.2014)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

Гинесин Леонид Юльевич (RU),  
Шершнев Борис Борисович (RU),  
Сидько Игорь Петрович (RU),  
Валеев Алмаз Камилевич (RU),  
Мешков Сергей Анатольевич (RU)

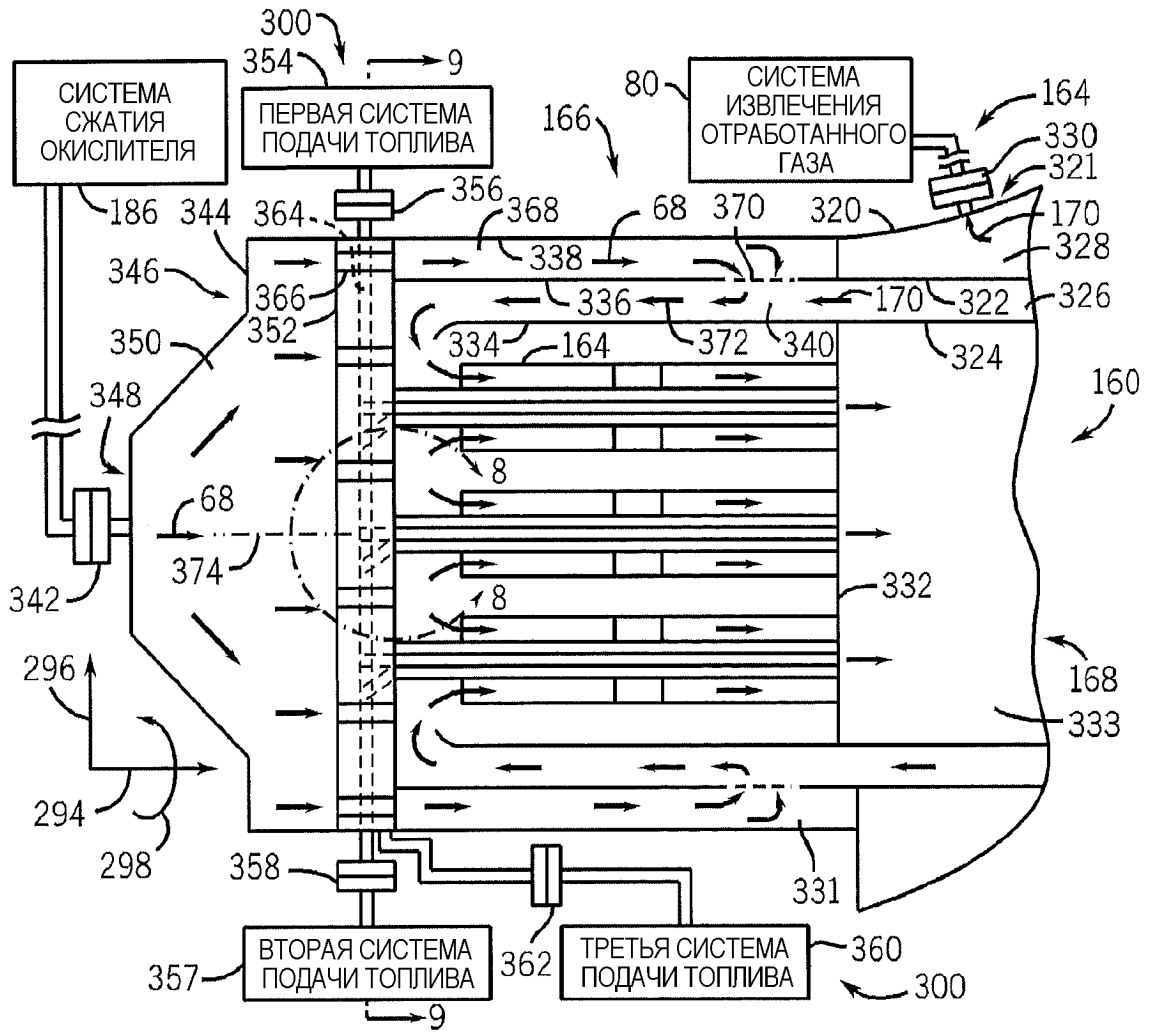
(73) Патентообладатель(и):

ЭКСОНМОБИЛ АПСТРИМ РИСЕРЧ  
КОМПАНИ (US)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: EP 1614963 A1, 11.01.2006. US  
5771696 A, 30.06.1998. RU 10443 U1, 16.07.1999.  
RU 2031226 C1, 20.03.1995.**(54) СИСТЕМА И СПОСОБ ДЛЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ТУРБИНЫ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к энергетике. Предложена система для сжигания топлива, содержащая турбинную камеру сгорания, которая содержит головную часть с головной камерой. При этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива и канал окислителя. Турбинная камера сгорания также содержит часть камеры сгорания, расположенную ниже по потоку от головной камеры. Причём турбинная камера сгорания содержит перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания, выполненную таким образом, что топливо из канала топлива и окислитель из канала окислителя предназначены для сгорания внутри камеры сгорания,

расположенной ниже по потоку от перегородки. Турбинная камера сгорания содержит торцевую пластину, имеющую, по меньшей мере, один порт, подсоединенный к каналу отработанных газов или каналу окислителя, при этом головная камера расположена соосно между перегородкой и торцевой пластиной. Также представлены варианты системы для сжигания топлива и способ сжигания топлива. Изобретение позволяет увеличить срок службы компонентов, а также позволяет контролировать температуру, давление, скорость потока, влажность содержимого, содержание частиц и состав отработавшего газа. 7 н. и 43 з.п. ф-лы, 20 ил., 2 табл.



ФИГ.7



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015141082, 28.02.2013**(24) Effective date for property rights:  
**28.02.2013**Registration date:  
**05.12.2017**

Priority:

(22) Date of filing: **28.02.2013**(43) Application published: **03.04.2017** Bull. № 10(45) Date of publication: **05.12.2017** Bull. № 34(85) Commencement of national phase: **28.09.2015**(86) PCT application:  
**RU 2013/000162 (28.02.2013)**(87) PCT publication:  
**WO 2014/133406 (04.09.2014)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**Ginesin Leonid Yulevich (RU),  
Shershnev Boris Borisovich (RU),  
Sidko Igor Petrovich (RU),  
Valeev Almaz Kamilevich (RU),  
Meshkov Sergej Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**EKSONMOBIL APSTRIM RISERCH  
KOMPANI (US)**(54) **SYSTEM AND METHOD FOR TURBINE COMBUSTION CHAMBER**

(57) Abstract:

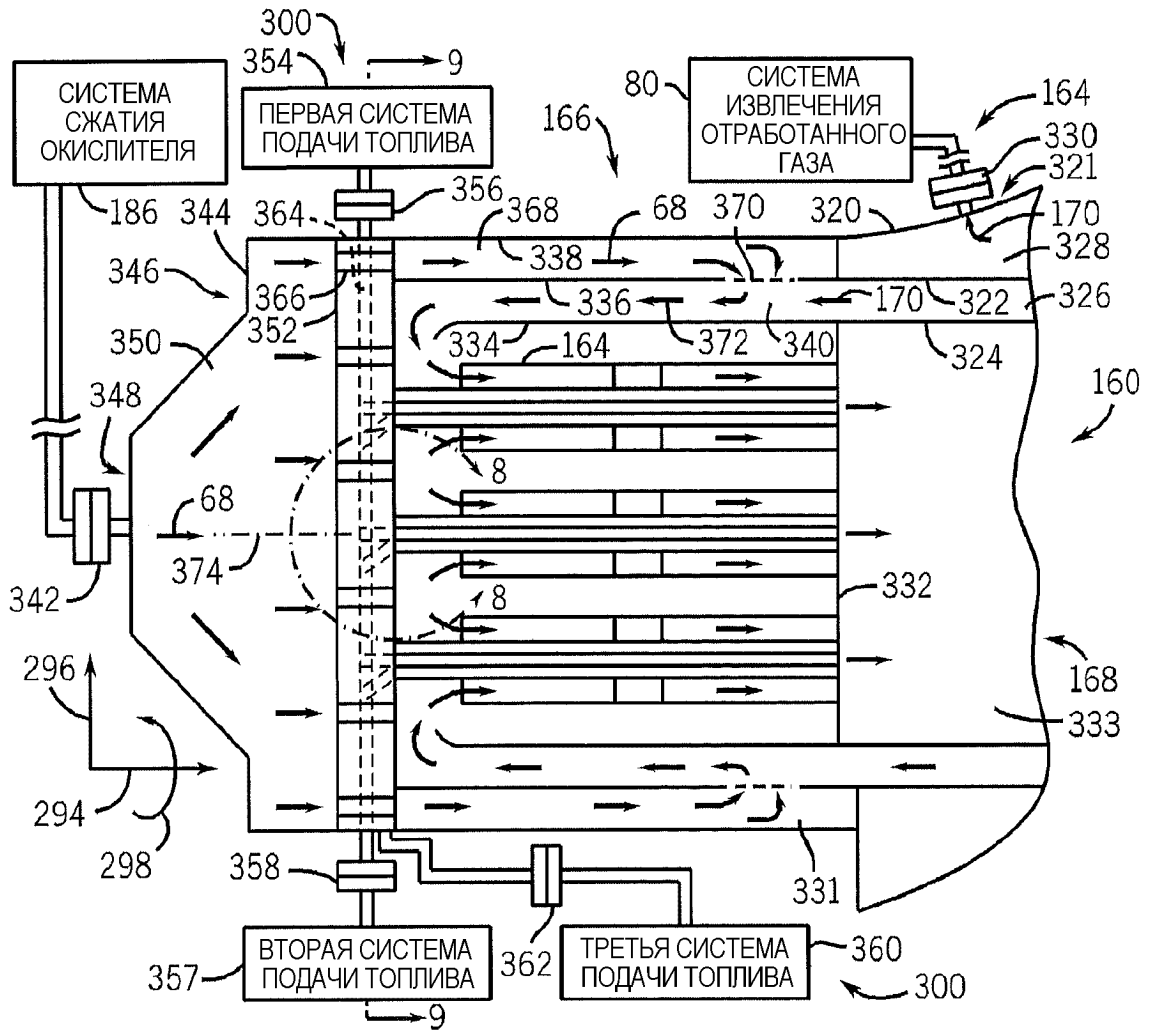
FIELD: machine engineering.

SUBSTANCE: fuel combustion system is proposed, comprising a turbine combustion chamber that includes a head part with a head chamber. The head part contains the exhaust gas channel, the fuel channel and the oxidant channel. The turbine combustion chamber also comprises a combustion chamber portion located downstream of the head chamber. The turbine combustion chamber includes a partition located between the head chamber and the combustion chamber so that the fuel from the fuel channel and the oxidant from the oxidant channel are intended for combustion inside the combustion chamber located downstream of

the partition. The turbine combustion chamber comprises an end plate having at least one port connected to the exhaust gas channel or oxidant channel, the head chamber being coaxial between the partition and the end plate. Variants of a system for fuel combustion and a method for fuel combustion are also presented.

EFFECT: increased service life of the components, allows to control the temperature, pressure, flow rate, moisture content, particle content and the composition of the exhaust gas.

50 cl, 20 dwg, 2 tbl



ФИГ.7

## Уровень техники изобретения

[0001] Раскрытый здесь объект изобретения относится к газотурбинным двигателям, и более конкретно, к системам и способам для камер сгорания турбин в газотурбинных двигателях.

5 [0002] Газотурбинные двигатели находят широкое применение в таких областях, как производство электроэнергии, авиация и различное производственное оборудование. Газотурбинные двигатели обычно сжигают топливо с использованием окислителя (например, воздуха) в секции камеры сгорания для получения горячих продуктов сгорания, которые затем приводят в действие одну или более ступеней турбины в секции  
10 турбины. Секция турбины, в свою очередь, приводит в движение одну или более ступеней компрессора в секции компрессора, сжимая, тем самым, окислитель для подачи его в секцию камеры сгорания вместе с топливом. Далее, топливо смешивается с окислителем в секции камеры сгорания, и затем камера сгорания производит горячие продукты сгорания. Газотурбинные двигатели обычно выполняют предварительное смешивание  
15 топлива и окислителя в одном или более каналов до камеры сгорания секции камеры сгорания. К сожалению, определенные компоненты секции камеры сгорания подвергаются воздействию высоких температур, что может уменьшить срок службы компонентов. Более того, газотурбинные двигатели обычно потребляют огромное количество воздуха в качестве окислителя, и выделяют значительное количество  
20 отработанного газа в атмосферу. Другими словами, отработанный газ обычно уходит в отходы как побочный продукт работы газовой турбины.

## Сущность изобретения

[0003] Определенные варианты осуществления, сопоставимые по объему с заявленным изобретением, кратко изложены ниже. Эти варианты осуществления не предназначены  
25 для ограничения объема заявленного изобретения, наоборот, эти варианты осуществления предназначены только для обеспечения краткого изложения возможных форм изобретения. Действительно, изобретение может содержать множество форм, которые могут быть похожи на или отличаться от изложенных ниже вариантов осуществления.

30 [0004] В первом варианте осуществления, система включает в себя камеру сгорания турбины, которая включает в себя головную часть, имеющую головную камеру. Головная камера включает в себя канал отработанных газов, канал топлива и канал окислителя. Камера сгорания турбины также включает в себя часть камеры сгорания, включающую в себя камеру сгорания, расположенную после головной камеры,  
35 перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания, и торцевую пластину, имеющую, по меньшей мере, один порт, подсоединенный к каналу отработанных газов или каналу окислителя. Головная камера имеет осевое расположение между перегородкой и торцевой пластиной.

[0005] Во втором варианте осуществления, система включает в себя камеру сгорания  
40 турбины, которая включает в себя головную часть, имеющую головную камеру. Головная часть включает в себя канал отработанных газов, канал топлива и канал окислителя. Камера сгорания турбины также включает в себя часть камеры сгорания, имеющую камеру сгорания, расположенную после головной камеры, перегородку между головной камерой и камерой сгорания, и торцевую пластину, имеющую первое  
45 впускное отверстие окислителя канала окислителя. Головная камера имеет осевое расположение между перегородкой и торцевой пластиной.

[0006] В третьем варианте осуществления, система включает в себя камеру сгорания турбины, которая включает в себя головную часть, имеющую головную камеру.

Головная часть включает в себя канал отработанных газов, канал топлива и канал окислителя. Камера сгорания турбины также включает в себя часть камеры сгорания, включающую в себя камеру сгорания, расположенную после головной камеры, перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания, и торцевую пластину, имеющую первое выпускное отверстие отработанных газов канала отработанных газов. Головная камера имеет осевое расположение между перегородкой и торцевой пластиной.

[0007] В четвертом варианте осуществления, система включает в себя камеру сгорания турбины, которая включает в себя головную часть, имеющую головную камеру. Головная часть включает в себя канал отработанных газов, канал топлива и канал окислителя. Камера сгорания турбины также включает в себя часть камеры сгорания, включающую в себя камеру сгорания, расположенную после головной камеры, перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания, и торцевую пластину. Головная камера имеет осевое расположение между перегородкой и торцевой пластиной. Камера сгорания турбины также включает в себя топливный коллектор, расположенный между перегородкой и торцевой пластиной. Топливный коллектор включает в себя первое радиальное впускное отверстия топлива, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива, и первый канал топлива включает в себя первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг средней линии топливного коллектора.

[0008] В пятом варианте осуществления, система включает в себя топливный коллектор камеры сгорания турбины, выполненный с возможностью установки внутри головной камеры сгорания турбины. Топливный коллектор камеры сгорания турбины включает в себя первое радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к первому топливному каналу, и первый топливный канал включает в себя первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг средней линии топливного коллектора камеры сгорания турбины.

[0009] В шестом варианте осуществления, система включает в себя торцевую пластину камеры сгорания газотурбинного двигателя со стехиометрической рециркуляцией отработанных газов (СРОГ). Торцевая пластина включает в себя, по меньшей мере, одно осевое впускное отверстие окислителя или выпускное отверстие отработанных газов.

[0010] В седьмом варианте осуществления, способ включает в себя направление топлива через головную часть камеры сгорания турбины, направление окислителя через головную часть камеры сгорания турбины, направление отработанных газов через головную часть камеры сгорания турбины, и сжигание смеси топлива, окислителя и отработанного газа в части камеры сгорания турбины. По меньшей мере, один из канала окислителя или канала отработанных газов проходит через торцевую пластину головной части камеры сгорания турбины.

Краткое описание чертежей

[0011] Эти и другие признаки, аспекты и преимущества настоящего изобретения станут более понятным при прочтении следующего описания с приложенными чертежам, где одинаковые символы представляют одинаковые части на всех чертежах, в которых:

[0012] Фиг.1 является диаграммой варианта осуществления системы, имеющей систему обслуживания на основе турбины, подсоединенную к системе добычи углеводорода.

[0013] Фиг.2 является диаграммой варианта осуществления на Фиг.1, дополнительно иллюстрирующей систему управления и систему комбинированного цикла.

[0014] Фиг.3 является диаграммой варианта осуществления системы на Фиг.1 и Фиг.2,

дополнительно иллюстрирующей подробности газотурбинного двигателя, систему подачи отработанных газов и систему обработки отработанных газов.

[0015] Фиг.4 является блок-схемой варианта осуществления процесса работы системы на Фиг.1-Фиг.3.

5 [0016] Фиг.5 является блок-схемой варианта осуществления процесса работы обслуживающей системы на основе турбины.

[0017] Фиг.6 является схематической диаграммой варианта осуществления секции камеры сгорания газотурбинного двигателя.

10 [0018] Фиг.7 является схематической диаграммой варианта осуществления камеры сгорания турбины с осевым отверстием для окислителя.

[0019] Фиг.8 является частичным поперечным сечением бокового вида варианта осуществления топливного коллектора и топливной форсунки камеры сгорания турбины, выполненным по линии 8-8 на Фиг.7.

15 [0020] Фиг.9 является поперечным сечением вида сзади варианта осуществления топливного коллектора.

[0021] Фиг.10 является видом в перспективе варианта осуществления торцевой пластины и топливного коллектора.

20 [0022] Фиг.11 является схематической диаграммой варианта осуществления камеры сгорания турбины с периферийным портом окислителя и периферийным портом отработанных газов.

[0023] Фиг.12 является поперечным сечением концевом виде варианта осуществления торцевой пластины камеры сгорания на Фиг.11, иллюстрирующим два периферийных порта.

25 [0024] Фиг.13 является поперечным сечением концевом виде варианта осуществления торцевой пластины камеры сгорания на Фиг.11, иллюстрирующим четыре периферийных порта.

[0025] Фиг.14 является схематической диаграммой варианта осуществления камеры сгорания с периферийными портами отработанных газов и центральным портом окислителя.

30 [0026] Фиг.15 является поперечным сечением концевом виде варианта осуществления торцевой пластины камеры сгорания на Фиг.14, иллюстрирующим два периферийных порта вокруг центрального порта.

35 [0027] Фиг.16 является поперечным сечением концевом виде варианта осуществления торцевой пластины камеры сгорания на Фиг.14, иллюстрирующим периферийные порты вокруг центрального порта.

[0028] Фиг.17 является частичным поперечным сечением бокового вида варианта осуществления головной части камеры сгорания турбины, выполненным по линии 17-17 на Фиг.14.

40 [0029] Фиг.18 является поперечным сечением концевом виде варианта осуществления топливного коллектора камеры сгорания на Фиг.14.

[0030] Фиг.19 является схематической диаграммой варианта осуществления камеры сгорания турбины с двумя радиальными портами отработанных газов и осевым портом окислителя; и

45 [0031] Фиг.20 является поперечным сечением бокового вида варианта осуществления головной части камеры сгорания турбины с двумя портами отработанных газов, выполненным по линии 20-20 на Фиг.19.

Подробное описание изобретения

[0032] Ниже будут описаны одно или несколько конкретных вариантов осуществления

настоящего изобретения. Для обеспечения краткого описания этих вариантов осуществления, не все признаки фактической реализации могут быть описаны в спецификации. Должно быть понятно, что при разработке любой такой фактической реализации, как в любом инженерном или дизайнерском проекте, должно быть сделано множество специфических для реализации решений для достижения конкретных целей разработчика, таких как соответствие системным и бизнес ограничениям, которые могут различаться от одной реализации к другой. Более того, следует понимать, что такие усилия по разработке могут быть сложными и требовать много времени, но все-таки они будут обычными операциями дизайна, изготовления и производства для обычных специалистов в данной области техники, имеющих преимущества настоящего раскрытия.

[0033] При введении элементов различных вариантов осуществления настоящего изобретения, использование единственного числа предназначено для обозначения того, что имеется один ли более элементов. Термины "содержит", "включает в себя" и "имеет" подразумеваются включающими в себя и означают, что могут быть другие элементы, отличные от перечисленных элементов.

[0034] Как подробно описывается ниже, раскрытые варианты осуществления относятся в основном к газотурбинным системам с рециркуляцией отработанных газов (РОГ), и конкретно к стехиометрической работе газотурбинных систем с РОГ. Например, газотурбинные системы могут быть выполнены с возможностью рециркуляции отработанных газов по каналу отработанных газов, стехиометрического сжигания топлива и окислителя с, по меньшей мере, некоторым количеством рециркулированного отработанного газа, и захвата отработанного газа для использования в различных целевых системах. Рециркуляция отработанных газов вместе со стехиометрическим горением может помочь увеличить уровень концентрации углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в отработанном газе, который может быть затем обработан для отделения и очистки  $\text{CO}_2$  и азота ( $\text{N}_2$ ) для использования в различных целевых системах. Газотурбинные системы могут использовать различную обработку отработанного газа (например, извлечения тепла, каталитические реакции, и так далее) в канале рециркуляции отработанных газов, увеличивая, тем самым, уровень концентрации  $\text{CO}_2$ , уменьшая уровень концентрации других выбросов (например, монооксида углерода, оксидов азота, и несгоревших углеводородов), и увеличивая извлечение энергии (например, с помощью установок рекуперации тепла). Более того, газовые турбины могут быть выполнены с возможностью сжигать топливо и окислитель с помощью одного или более диффузионных факелов (например, с использованием диффузионных топливных форсунок), факелов предварительно перемешанной смеси (например, с использованием топливных форсунок с предварительным перемешиванием), или любого их сочетания. В определенных вариантах осуществления, диффузионные факелы могут помочь обеспечить поддержание стабильности и работы с определенными ограничениями для стехиометрического горения, что, в свою очередь, помогает увеличить получение  $\text{CO}_2$ . Например, газотурбинные системы, работающие с диффузными факелами, могут позволить применение большего количества РОГ, в сравнении с газотурбинной системой, работающей с факелами предварительно перемешанной смеси. В свою очередь, увеличение количества РОГ помогает увеличить получение  $\text{CO}_2$ . Возможные целевые системы включают в себя трубопроводы, емкости для хранения, системы удаления углерода, и системы добычи углеводородов, такие как системы улучшенной добычи нефти (УДН).



[0035] Раскрытые варианты осуществления обеспечивают системы и способы для камер сгорания турбины в газотурбинных системах с РОГ. Более конкретно, камера сгорания турбины может включать в себя головную часть, имеющую головную камеру, и часть камеры сгорания, имеющую камеру сгорания, расположенную после головной камеры. Головная часть включает в себя канал отработанных газов, канал топлива и канал окислителя. Камера сгорания турбины может также включать в себя перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания. Далее, камера сгорания турбины может включать в себя торцевую пластину, имеющую, по меньшей мере, один порт, подсоединенный к каналу отработанных газов или к каналу окислителя. Головная камера может иметь осевое расположение между перегородкой и торцевой пластиной. В определенных вариантах осуществления, камера сгорания турбины может также включать в себя топливный коллектор, расположенный между перегородкой и торцевой пластиной. Топливный коллектор может включать в себя первое радиальное топливное сходное отверстие, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива, первый канал топлива может включать в себя первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[0036] Путем включения в себя, по меньшей мере, одного порта, расположенного на торцевой пластине и подсоединенного к каналу отработанных газов или каналу окислителя, камера сгорания турбины может предложить несколько преимуществ, особенно для газогенераторных систем с РОГ. Например, однородное извлечение или нагнетание отработанного газа может обеспечить низкие потери давления в газотурбинной системе. В дополнение, однородное распределение флюидов, таких как окислитель и/или отработанный газ, в камере сгорания турбины может обеспечить равномерные температурные поля в камере сгорания турбины для конкретных структурных элементов, таких как торцевая пластина и/или корпус камеры сгорания турбины. Далее, равномерное распределение флюидов в камере сгорания турбины может улучшить общую износостойчивость камеры сгорания турбины. Более того, путем обеспечения топливного коллектора в камере сгорания турбины, может быть уменьшен объем и количество внешних коллекторов камеры сгорания турбины, улучшая, тем самым, удобство обслуживания.

[0037] Фиг.1 является диаграммой варианта осуществления системы 10, имеющей систему 12 добычи углеводорода, связанную с обслуживающей системой 14 на основе турбины. Как описано более подробно ниже, различные варианты осуществления обслуживающей системы 14 на основе турбины выполнены с возможностью обеспечивать различные сервисы, такие как электроэнергия, механическая энергия, и флюиды (например, отработанный газ) для системы 12 добычи углеводорода для облегчения добычи или извлечения нефти и/или газа. В проиллюстрированном варианте осуществления, система 12 добычи углеводорода включает в себя систему 16 извлечения нефти/газа и систему 18 улучшенной добычи нефти (УДН), которые подсоединены к подземному резервуару 20 (например, к нефтяному, газовому или углеводородному резервуару). Система 16 извлечения нефти/газа включает в себя различное наземное оборудование 22, такое как фонтанная или эксплуатационная арматура 24, подсоединенная к нефтяной/газовой скважине 26. Более того, скважина 26 может включать в себя один или более трубопроводов 28, проходящих через пробуренную скважину 30 в земле 32 к подземному резервуару 20. Арматура 24 включает в себя один или более клапанов, дросселей, предохранительных втулок, противовыбросовых преенторов, и различные устройства управления потоком, которые регулируют давления и управляют потоком в и из подземного резервуара 20. В то время как

арматура 24 обычно используется для управления потоком добываемого флюида (например, нефти или газа) из подземного резервуара 20, система 18 УДН может увеличить добычу нефти или газа путем нагнетания одного или более флюидов в подземный резервуар 20.

5 [0038] Соответственно, система 18 УДН может включать в себя систему 34 нагнетания флюида, которая имеет один или более трубопроводов 36, проходящих через скважину 38 в земле 32 к подземному резервуару 20. Например, система 18 УДН может направлять один или более флюидов 40, таких как газ, пар, вода, химикаты, или любое их сочетания, в систему 34 нагнетания флюида. Например, как обсуждается подробно ниже, система 10 18 УДН может быть подсоединена к обслуживающей системе 14 на основе турбины, так что система 14 направляет отработанный газ 42 (например, практически или полностью свободный от кислорода) в систему 18 УДН для использования в качестве нагнетаемого флюида 40. Система 34 нагнетания флюида направляет флюид 40 15 (например, отработанный газ 42) через один или более трубопроводов 36 в подземный резервуар 20, как это показано стрелками 44. Нагнетаемый флюид 40 поступает в подземный резервуар 20 через трубопровод 36, расположенный на расстоянии 46 от трубопровода 28 нефтяной/газовой скважины 26. Соответственно, нагнетаемый флюид 40 замещает нефть/газ 48, расположенные в подземном резервуаре 20, и заставляет нефть/газ 48 перемещаться вверх по одному или более трубопроводам 28 системы 12 20 добычи углеводородов, как это показано стрелками 50. Как это будет подробно обсуждаться ниже, нагнетаемый флюид 40 может включать в себя углекислый газ 42, получаемый из обслуживающей системы 14 на основании турбины, которая может генерировать отработанный газ 42 на месте по мере необходимости для системы 12 25 добычи углеводородов. Другими словами, система 14 на основе турбины может одновременно обеспечивать один или более сервисов (например, электроэнергию, механическую энергию, пар, воду (например, опресненную воду), и отработанный газ (например, практически свободный от кислорода)) для использования в системе 12 30 добычи углеводорода, уменьшая, тем самым, или удаляя зависимость от внешних источников таких сервисов.

30 [0039] В проиллюстрированном варианте осуществления, обслуживающая система 14 на основе турбины включает в себя газотурбинную систему 52 со стехиометрической рециркуляцией отработанных газов (СРОГ). Газотурбинная система 52 может быть выполнена с возможностью работать в режиме стехиометрического горения (например, стехиометрический режим управления) и в режиме не стехиометрического сгорания 35 (например, не стехиометрический режим управления), таких как обедненный топливом режим управления и обогащенный топливом режим управления. В стехиометрическом режиме управления сжигание обычно происходит в практически стехиометрическом соотношении топлива и окислителя, получая, тем самым, практически стехиометрическое горение. В частности, стехиометрическое горение обычно включает в себя потребление 40 практически всего топлива и окислителя в реакции горения, так что продукты сгорания практически или полностью свободны от несгоревшего топлива и окислителя. Одной из мер стехиометрического горения является соотношение компонентов, или  $\phi$  ( $\Phi$ ), которое является отношением реального отношения топливо/окислитель и стехиометрического отношения топливо/окислитель. Соотношение компонентов более 45 чем 1,0 приводит к обогащенному топливом горению топлива и окислителя, а соотношение компонентов меньше чем 1,0 приводит к обедненному топливом горению топлива и окислителя. В отличие от этого, соотношение компонентов равное 1,0 приводит ни к обедненному топливом горению, ни к обогащенному топливом горению,

потребляя, вследствие этого, практически все топливо и окислитель в реакции горения. В контексте раскрытых вариантов осуществления, термин стехиометрический или практически стехиометрический может означать соотношение компонентов от приблизительно 0,95 до приблизительно 1,05. Однако, раскрытые варианты осуществления могут также включать в себя соотношение компонентов в 1,0 плюс или минус 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05 или более. Опять, стехиометрическое горение топлива и окислителя в обслуживающей системе 14 на основе турбины может приводить к продуктам сгорания или отработанным газам (например, 42) практически без несгоревшего топлива или без остаточного окислителя. Например, отработанный газ 42 может иметь менее чем 1, 2, 3, 4 или 5 процентов по объему окислителя (например, кислород), несгоревшего топлива или углеводородов (например, HC<sub>s</sub>), оксидов азота (например, NO<sub>x</sub>), монооксида углерода (CO), оксидов серы (например, SO<sub>x</sub>), водорода и других продуктов неполного сгорания. В следующем примере, отработанный газ 42 может иметь менее чем приблизительно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, или 5000 частей на миллион по объему окислителя (например, кислорода), несгоревшего топлива или углеводородов (например, HC<sub>s</sub>), оксидов азота (например, NO<sub>x</sub>), монооксида углерода (CO), оксидов серы (например, SO<sub>x</sub>), водорода и других продуктов неполного сгорания. Однако, раскрытые варианты осуществления также могут производить другие диапазоны остаточного топлива, окислителя и другие уровни выбросов в отработанном газе 42. Используемый здесь термин выбросы, уровень выбросов и нормы по выбросам может относиться к уровням концентрации определенных продуктов сгорания (например, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, HC<sub>s</sub>, и так далее), которые могут быть представлены в потоках рециркулированного газа, потоках отходящего газа (например, выбрасываемого в атмосферу), и потоках газа, используемого для различных целевых систем (например, система 12 добычи углеводородов).

[0040] Несмотря на то, что газотурбинная система 52 с СРОГ и система 54 обработки отработанных газов (ОГ) могут включать в себя множество компонентов в различных вариантах осуществления, проиллюстрированная система 54 обработки ОГ включает в себя парогенератор-рекуператор (ПГР) 56 и систему 58 рециркуляции отработанных газов (РОГ), которые принимают и обрабатывают отработанный газ 60, исходящий из газотурбинной системы 52 с СРОГ. ПГР 56 может включать в себя один или более теплообменников, конденсаторов, и различное теплообменное оборудование, которые вместе работают для передачи тепла от отработанного газа 60 к потоку воды для генерации пара 62. Пар 62 может быть использован в одной или нескольких паровых турбинах, системе 18 УДН, или в любой другой части системы 12 добычи углеводородов. Например, ПГР 56 может генерировать пар 62 низкого давления, среднего давления и/или высокого давления, который может быть избирательно применен в ступенях паровой турбины низкого, среднего и высокого давления, или в различных приложениях системы 18 УДН. В дополнение к пару 62, обработанная вода 64, такая как опресненная вода, может генерироваться ПГР 56, РОГ 58, и/или другой частью системы 54 обработки ОГ или газотурбинной системы 52 с СРОГ. Обработанная вода 64 (например, опресненная вода) может быть особенно полезной в областях с нехваткой воды, таких как внутренние или пустынные регионы. Обработанная вода 64 может генерироваться, по меньшей мере частично, вследствие большого объема воздуха, обеспечивающего горение топлива в газотурбинной системе 52 с СРОГ. В то время, как локальная генерация пара 62 и воды 64 может быть выгодной для многих применений (включающих в себя систему 12 добычи углеводородов), локально генерируемый отработанный газ

42660 может быть особенно полезен в системе 18 УДН, вследствие низкого содержания кислорода, высокого давления и тепла, получаемого из газотурбинной системы 52 с СРОГ. Соответственно, ПГР 56, РОГ 58, и/или другая часть системы 54 обработки ОГ может выдавать и рециркулировать отработанный газ 66 в газотурбинную систему 52 с СРОГ, и в то же время направляя отработанный газ 42 в систему 18 УДН для использования с системой 12 добычи углеводородов. Аналогично, отработанный газ 42 может извлекаться напрямую из газотурбинной системы 52 с СРОГ (то есть, без прохождения через систему 54 обработки ОГ) для использования в системе 18 УДН системы 12 добычи углеводородов.

[0041] Рециркуляция отработанного газа поддерживается системой 58 РОГ системы 54 обработки ОГ. Например, система 58 РОГ включает в себя один или более трубопроводов, клапанов, вентиляторов, систем очистки отработанного газа (например, фильтры, установки удаления частиц, установки разделения газов, установки очистки газов, теплообменники, установки рекуперации тепла, установки удаления влаги, катализаторные установки, установки введения химикатов, или любое их сочетание), и управляет рециркуляцией отработанного газа в канале рециркуляции отработанного газа, от выхода (например, выходящего отработанного газа 60, до входа (например, забора отработанного газа 66) газотурбинной системы 52 с СРОГ. В

проиллюстрированном варианте осуществления, газотурбинная система 52 с СРОГ принимает отработанный газ 66 в секцию компрессора, имеющую один или более компрессоров, сжимая тем самым отработанный газ 66 для использования в секции камеры сгорания вместе с принятым окислителем 68 и одним или более топливом 70. Окислитель может включать в себя атмосферный воздух, чистый кислород, обогащенный кислородом воздух, обедненный кислородом воздух, кислородно-азотные смеси, или любой подходящий окислитель, который обеспечивает сгорание топлива 70. Топливо 70 может включать в себя одно или более газообразных топлив, жидких топлив, или любое их сочетание. Например, топливо 70 может включать в себя природных газ, сжиженный природный газ, синтетический газ, метан, этан, пропан, бутан, нефть, керосин, дизельное топливо, этанол, метанол, биотопливо, или любое их сочетание.

[0042] Газотурбинная система 52 с СРОГ смешивает и сжигает отработанный газ 66, окислитель 68 и топливо 70 в секции камеры сгорания, получая, тем самым, горячие газообразные продукты сгорания или отработанные газы 60 для приведения в действие одной или более ступеней турбины в секции турбины. В определенных вариантах осуществления, каждая камера сгорания в секции камеры сгорания включает в себя одну или более топливных форсунок предварительного смешивания, или одну или более диффузионных топливных форсунок, или любое их сочетание. Например, каждая топливная форсунка предварительного смешивания может быть выполнена с возможностью смешивать окислитель 68 и топливо 70 внутри топливной форсунки и/или частично до топливной форсунки, нагнетая, тем самым смесь окислителя и топлива из топливной форсунки в зону горения для сжигания заранее перемешанной смеси (например, в пламени заранее перемешанной смеси). В следующем примере, каждая диффузионная топливная форсунка может быть выполнена с возможностью изоляции потоков окислителя 68 и топлива 70 внутри форсунки, отдельно нагнетая, тем самым, окислитель 68 и топливо 70 из топливной форсунки в зону горения для диффузионного сжигания (например, в диффузионном пламени). В частности, диффузионное сжигание, обеспечиваемое диффузионными топливными форсунками, задерживает смешивание окислителя 68 и топлива 70 до точки начала горения, то есть до зоны пламени. В вариантах осуществления, применяющих диффузионные топливные форсунки,

диффузионное пламя может обеспечивать увеличенную стабильность пламени, потому что диффузионное пламя обычно образуется в точке стехиометрии между разделенными потоками окислителя 68 и топлива 70 (например, по мере смешивания окислителя 68 и топлива 70). В определенных вариантах осуществления, один или более разбавителей (например, отработанный газ 60, пар, азот, или другой инертный газ) могут быть заранее смешаны с окислителем 68, топливом 70 или обоими, как в диффузионных топливных форсунках, так и в топливной форсунке предварительного смешивания. В дополнение, один или более разбавителей (например, отработанный газ 60, пар, азот, или другой инертный газ) могут нагнетаться в камеру сгорания или после точки горения в каждой камере сгорания. Использование этих разбавителей может помочь уменьшить пламя (например, пламя предварительного смешивания или диффузное пламя), помогая, тем самым, уменьшить выбросы NO<sub>x</sub>, таких как монооксид азота (NO) и диоксид азота (NO<sub>2</sub>). Независимо от типа пламени, сгорание производит горячие газообразные продукты сгорания или отработанный газ 60 для приведения в действие одной или нескольких ступеней турбины. При приведении в действие каждой ступени турбины отработанным газом 60, газотурбинная система 52 с СРОГ генерирует механическую энергию 72 и/или электрическую энергию 74 (например, при помощи электрического генератора). Система 52 также производит отработанный газ 60 и может также производить воду 64. Опять же, вода 64 может быть обработанной водой, такой как опресненная вода, которая может быть полезной для различных применений локально и удаленно.

[0043] Извлечение отработанных газов также обеспечивается газотурбинной системой 52 с СРОГ с использованием одной или более точек 76 извлечения. Например, проиллюстрированный вариант осуществления включает в себя систему 78 обеспечения отработанных газов (ОГ), имеющую систему 80 извлечения отработанного газа (ОГ) и систему 82 очистки отработанного газа (ОГ), которые получают отработанный газ 42 из точек 76 извлечения, обрабатывают отработанный газ 42 и затем направляют или распределяют отработанный газ 42 между различными целевыми системами. Целевые системы могут включать в себя систему 18 УДН и/или другие системы, такие как трубопровод 86, резервуар 88 хранения, или система 90 удаления углерода. Система 80 извлечения ОГ может включать в себя один или более трубопроводов, клапанов, управляющих элементов и разделений потоков, которые облегчают изоляцию отработанного газа 42 от окислителя 68 и топлива 70, и других примесей, и, в то же время, также управляют температурой, давлением и скоростью потока извлеченного отработанного газа 42. Система 82 очистки ОГ может включать в себя один или более теплообменников (например, установки рекуперации тепла, такие как парогенераторы-рекуператоры, конденсаторы, охладители, или нагреватели), каталитические системы (например, окислительные каталитические системы), системы удаления частиц и/или воды (например, установки осушения газов, инерционные сепараторы, коалесцирующие фильтры, водонепроницаемые фильтры, и другие фильтры), системы впрыска химических реагентов, системы обработки на основе растворителя (например, абсорберы, испарительные резервуары, и так далее), системы улавливания углерода, системы разделения газов, системы очистки газов, и/или системы обработки на основе растворителя, компрессоры отработанных газов, а также любое их сочетание. Эти подсистемы системы 82 очистки ОГ позволяют контролировать температуру, давление, скорость потока, влажность содержимого (например, количество удаляемой воды), содержание частиц (например, количество удаляемых частиц), и состав газа (например, процент CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, и так далее).

[0044] Извлеченный отработанный газ 42 обрабатывается одной или более подсистемами системы 82 очистки ОГ, в зависимости от целевой системы. Например, система 82 очистки ОГ может направлять весь или часть отработанного газа 42 через систему улавливания углекислого газа, систему разделения газов, систему очистки газов, и/или систему обработки на основе растворителей, которые управляются для разделения и очистки углеродсодержащих газов 92 (например, диоксида углерода) и/или азота (N<sub>2</sub>) 94 для использования в различных целевых системах. Например, варианты осуществления системы 82 очистки ОГ могут выполнять разделение газа и очистку для получения множества различных потоков 95 отработанного газа 42, таких как первый поток 96, второй поток 97 и третий поток 98. Первый поток 96 может иметь первый состав, который является обогащенным диоксидом углерода и обедненным азотом (например, поток, обогащенный CO<sub>2</sub> и обедненный N<sub>2</sub>). Второй поток 97 может иметь второй состав, который имеет средние уровни концентрации диоксида углерода и/или азота (например, поток со средней концентрацией CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>). Третий поток 98 может иметь третий состав, который является обедненным диоксидом углерода и/или обогащенным азотом (например, поток, обедненный CO<sub>2</sub> и обогащенный N<sub>2</sub>). Каждый поток 95 (например, 96, 97 и 98) может включать в себя установку осушения газа, фильтр, газовый компрессор или любое их сочетание, для облегчения доставки потока 95 к целевой системе. В определенных вариантах осуществления, богатый CO<sub>2</sub> и бедный N<sub>2</sub> поток 96 может иметь уровень чистоты или концентрации CO<sub>2</sub> больший, чем приблизительно 70, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, или 99 объемных процентов, и уровень чистоты или концентрации N<sub>2</sub>, меньший, чем приблизительно 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, или 30 объемных процентов. В противоположность этому, бедный CO<sub>2</sub> и богатый N<sub>2</sub> поток 98 может иметь уровень чистоты или концентрации CO<sub>2</sub> меньший, чем приблизительно 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, или 30 объемных процентов, и уровень чистоты или концентрации N<sub>2</sub>, больший, чем приблизительно 70, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, или 99 объемных процентов. Поток 97 со средней концентрацией CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> может иметь уровень чистоты или концентрации CO<sub>2</sub> и/или уровень чистоты или концентрации N<sub>2</sub> между приблизительно 30 и 70, 35 и 65, 40 и 60, или 45 и 55 процентов по объему. Несмотря на то, что указанные выше диапазоны являются просто неограничивающими примерами, богатый CO<sub>2</sub> и бедный N<sub>2</sub> поток 96 и бедный CO<sub>2</sub> и богатый N<sub>2</sub> поток 98 могут особенно хорошо подойти для использования с системой 18 УДН и другими системами 84. Однако, любой из этих потоков 95 с богатой, бедной или средней концентрацией CO<sub>2</sub> может быть использован, отдельно или в различных сочетаниях, с системой 18 УДН и другими системами 84. Например, каждая система из системы 18 УДН и других систем 84 (например, трубопровод 86, резервуар 88 для хранения, и система 90 удаления углерода), может принимать один или более богатых CO<sub>2</sub> и бедных N<sub>2</sub> потоков 96, один или более бедных CO<sub>2</sub> и богатых N<sub>2</sub> потоков 98, один или более потоков 97 со средней концентрацией CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>, и один или более неочищенных потоков отработанного газа 42 (то есть, пропустившего систему 82 очистки ОГ).

[0045] Система 80 извлечения ОГ извлекает отработанный газ 42 в одной или более точках 76 извлечения в секции компрессора, секции камеры сгорания, и/или секции турбины, так что отработанный газ 42 может быть использован в системе 18 УДН или других системах 84 при подходящих температурах и давлениях. Система 80 извлечения ОГ и/или система 82 очистки ОГ могут также осуществлять циркуляцию потоков флюида

(например, отработанного газа 42) в и из системы 54 обработки ОГ. Например, часть отработанных газов 42, проходящих через систему 54 обработки ОГ, извлекается системой 80 извлечения ОГ для использования в системе 18 УДН и других системах 84. В определенных вариантах осуществления, система 78 подачи отработанного газа и система 54 обработки ОГ могут быть независимыми или интегрированными одна в другую, и, таким образом, могут использовать независимые или общие подсистемы. Например, система 82 очистки ОГ может быть использована в системе 78 подачи отработанного газа и в системе 54 обработки ОГ. Отработанный газ 42, извлеченный из системы 54 обработки ОГ, может быть подвергнут многостадийной очистке газа, такой как одна или более стадий очистки газа в системе 54 обработки ОГ, с последующими одной или более дополнительными фазами очистки газа в системе 82 очистки ОГ.

[0046] В каждой точке 76 извлечения, извлеченный отработанный газ 42 может быть практически свободным от окислителя 68 и топлива 70 (например, несгоревшего топлива или углеводородов) благодаря практически стехиометрическому сжиганию и/или обработке газа в системе 54 обработки ОГ. Более того, в зависимости от целевой системы, извлеченный отработанный газ 42 может быть подвергнут дальнейшей обработке в системе 82 очистки ОГ системы 78 подачи отработанного газа, тем самым, дополнительно уменьшая количество остаточного окислителя 68, топлива 70 или других нежелательных продуктов сгорания. Например, или до или после очистки в системе 82 очистки ОГ, извлеченный отработанный газ 42 может иметь менее чем 1, 2, 3, 4 или 5 процентов по объему окислителя (например, кислорода), несгоревшего топлива или углеводородов (например, HC<sub>s</sub>), оксидов азота (например, NO<sub>x</sub>), монооксида углерода (CO), оксидов серы (например, SO<sub>x</sub>), водорода, и других продуктов неполного сгорания. В следующем примере, до или после очистки в системе 82 очистки ОГ, отработанный газ 42 может иметь менее чем приблизительно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, или 5000 частей на миллион по объему окислителя (например, кислорода), несгоревшего топлива или углеводородов (например, HC<sub>s</sub>), оксидов азота (например, NO<sub>x</sub>), монооксида углерода (CO), оксидов серы (например, SO<sub>x</sub>), водорода и других продуктов неполного сгорания. Таким образом, отработанный газ 42 является особенно подходящим для использования в системе 18 УДН.

[0047] Функция РОГ турбинной системы 52 особенно делает возможным извлечение отработанных газов во множестве мест 76. Например, секция компрессора системы 52 может быть использована для сжатия отработанного газа 66 без любого окислителя 68 (например, только сжатие отработанного газа 66), так что практически свободный от кислорода отработанный газ 42 может быть извлечен из секции компрессора и/или секции камеры сгорания до входа окислителя 68 и топлива 70. Точки 76 извлечения могут быть расположены в промежуточных портах между соседними компрессорными ступенями, у портов вдоль выпускной оболочки компрессора, у портов вдоль каждой камеры сгорания в секции камеры сгорания, или в любом их сочетании. В определенных вариантах осуществления, отработанный газ 66 может не смешиваться с окислителем 68 и топливом 70 до тех пор, пока он не достигнет головной части и/или топливных форсунок в каждой камере сгорания секции камеры сгорания. Более того, один или более разделителей потока (например, стенки, разделители, перегородки, или тому подобное) могут быть использованы для изоляции окислителя 68 и топлива 70 от точек 76 извлечения. С помощью этих разделителей потока, точки 76 извлечения могут быть расположены прямо на стенке каждой камеры сгорания в секции камеры сгорания.

[0048] Как только отработанный газ 66, окислитель 68 и топливо 70 проходят через

головную часть (например, через топливные форсунки) в часть камеры сгорания (например, камеру сгорания) каждой камеры сгорания, газотурбинная система 52 с СРОГ осуществляет контроль для обеспечения практически стехиометрического сгорания отработанного газа 66, окислителя 68 и топлива 70. Например, система 52 может поддерживать соотношение компонентов топлива в диапазоне от приблизительно 0,95 до приблизительно 1,05. В результате, продукты сгорания смеси отработанного газа 66, окислителя 68 и топлива 70 в каждой камере сгорания являются практически свободными от кислорода и несгоревшего топлива. Таким образом, продукты сгорания (или отработанный газ) может быть извлечен из секции турбины газотурбинной системой 52 с СРОГ для использования в качестве отработанного газа 42, направляемого в систему 18 УДН. Наряду с секцией турбины, точки 76 извлечения могут быть расположены в любой ступени турбины, такой как промежуточные порты между соседними ступенями турбины. Таким образом, используя любые описанные выше точки 76 извлечения, обслуживающая система 14 на основе турбины может генерировать, извлекать и доставлять отработанный газ 42 в систему 12 добычи углеводородов (например, систему 18 УДН) для использования в добыче нефти/газа 48 из подземного резервуара 20.

[0049] Фиг.2 является диаграммой варианта осуществления системы 10 на Фиг.1, иллюстрирующей систему 100 управления, подсоединенную к обслуживающей системе на основе турбины и системе 12 добычи углеводородов. В проиллюстрированном варианте осуществления, обслуживающая система 14 на основе турбины включает в себя систему 102 комбинированного цикла, которая включает в себя газотурбинную систему 52 с СРОГ в качестве надстроечного цикла, паровую турбину 104 в качестве утилизационного цикла, и ПГР 56 для извлечения тепла из отработанного газа 60 для генерации пара 62 для приведения в действие паровой турбины 104. Опять же, газотурбинная система 52 с СРОГ принимает, смешивает и стехиометрически сжигает отработанный газ 66, окислитель 68 и топливо 70 (например, в пламени предварительного смешивания или в диффузном пламени), получая тем самым отработанный газ 60, механическую энергию 72, электрическую энергию 74 и/или воду 64. Например, газотурбинная система 52 с СРОГ может приводить в действие одну или более нагрузок или машин 106, таких как электрический генератор, компрессор окислителя (например, основной воздушный компрессор), редуктор, насос, оборудование системы 12 добычи углеводородов, или любое их сочетание. В некоторых вариантах осуществления, машины 106 могут включать в себя другие приводы, такие как электрические моторы и паровые турбины (например, паровая турбина 104), в тандеме с газотурбинной системой 52 с СРОГ. Соответственно, выход машин 106, приводимых в действие газотурбинной системой 52 с СРОГ (и любыми дополнительными приводами) может включать в себя механическую энергию 72 и электрическую энергию 74. Механическая энергия 72 и/или электрическая энергия 74 может быть использована на месте для питания системы 12 добычи углеводородов, электрическая энергия 74 может быть распределена по энергетической сети, или любое их сочетание. Выход машин 106 может также включать в себя сжатый флюид, такой как сжатый окислитель 68 (например, воздух или кислород), для подачи в секцию камеры сгорания газотурбинной системы 52 с СРОГ. Каждый из этих выходов (например, отработанный газ 60, механическая энергия 72, электрическая энергия 74, и/или вода 64) могут считаться сервисами обслуживающая система 14 на основе турбины.

[0050] Газотурбинная система 52 с СРОГ производит отработанный газ 42,60, который может быть практически свободным от кислорода, и направляет этот отработанный



газ 42,60 в систему 54 обработки ОГ и/или систему 78 подачи отработанного газа. Система 78 подачи отработанного газа может обрабатывать и доставлять отработанный газ 42 (например, потоки 95) к системе 12 добычи углеводородов и/или другим системам 84. Как обсуждалось выше, система 54 обработки ОГ может включать в себя ПГР 56 и систему 58 РОГ. ПГР 56 может включать в себя один или более теплообменников, конденсаторов, и различное теплообменное оборудование, которые могут быть использованы для извлечения или передачи тепла от отработанного газа 60 к воде 108 для генерации пара 62 для приведения в действие паровой турбины 104. Аналогично газотурбинной системе 52 с СРОГ, паровая турбина 104 может приводить в действие одну или более нагрузок, или машин 106, генерируя, тем самым, механическую энергию 72 и электрическую энергию 74. В проиллюстрированном варианте осуществления, газотурбинная система 52 с СРОГ и паровая турбина 104 расположены в тандеме для приведения в действие одних и тех же машин 106. Однако, в других вариантах осуществления, газотурбинная система 52 с СРОГ и паровая турбина 104 могут раздельно приводить в действие различные машины 106 для независимой генерации механической энергии 72 и электрической энергии 74. Если паровая турбина 104 приводится в движение паром 62 из ПГР 56, температура и давление пара 62 постепенно уменьшается. Соответственно, паровая турбина 104 рециркулирует использованный пар 62 и/или воду 108 обратно в ПГР 56 для дополнительной генерации пара через извлечение тепла из отработанного газа 42. В дополнение к генерации пара, ПГР 56, система 58 РОГ и/или другая часть системы 54 обработки ОГ, может производить воду 64, отработанный газ 42 для использования с системой 12 добычи углеводородов, и отработанный газ 66 для подачи его в газотурбинную систему 52 с СРОГ. Например, вода 64 может быть очищенной водой 64, такой как опресненная вода для использования в других приложениях. Опресненная вода может быть особенно полезной в областях с нехваткой воды. Что касается отработанного газа 60, система 54 обработки ОГ может быть выполнена с возможностью рециркулировать отработанный газ 60 через систему 58 РОГ с или без передачи отработанного газа 60 через ПГР 56.

[0051] В проиллюстрированном варианте осуществления, газотурбинная система 52 с СРОГ имеет канал 110 рециркуляции отработанных газов, который проходит от выпускного отверстия отработанных газов к впускному отверстию отработанных газов системы 52. Наряду с каналом 110, отработанный газ 60 проходит через систему 54 обработки ОГ, которая включает в себя ПГР 56 и систему 58 РОГ в проиллюстрированном варианте осуществления. Система 58 РОГ включает в себя один или более трубопроводов, клапанов, вентиляторов, систем очистки отработанного газа (например, фильтры, установки удаления частиц, установки разделения газов, установки очистки газов, теплообменники, установки рекуперации тепла, установки удаления влаги, катализаторные установки, установки введения химикатов, или любое их сочетание), установленных последовательно и/или параллельно вдоль канала 110. Другими словами, система 58 РОГ может включать в себя любые компоненты управления потоком, компоненты управления давлением, компоненты управления температурой, компоненты управления влажностью и компоненты управления составом газов вдоль канала 110 рециркуляции отработанных газов между от выпускного отверстия отработанных газов к впускному отверстию отработанных газов системы 52. Соответственно, в вариантах осуществления с ПГР 56 в канале 110, ПГР 56 может считаться компонентом системы 58 РОГ. Однако, в определенных вариантах осуществления, ПГР 56 может быть расположена в канале отработанных газов, независимом от канала 110 рециркуляции отработанных газов. Независимо от того,

находится ли ПГР 56 в отдельном канале или в одном канале с системой 58 РОГ, ПГР 56 и система 58 РОГ принимают отработанный газ 60 и выдают рециркулированный отработанный газ 66, отработанный газ 42 для использования в системе 78 подачи отработанного газа (например, для системы 12 добычи углеводородов и/или других систем 84), или другой выход отработанного газа. Опять же, газотурбинная система 52 с СРОГ принимает, смешивает и стехиометрически сжигает отработанный газ 66, окислитель 68 и топливо 70 (например, в пламени предварительного смешивания или в диффузном пламени) для получения практически свободный от кислорода и топлива отработанный газ 60 для передачи в систему 54 обработки ОГ, систему 12 добычи углеводородов или другие системы 84.

[0052] Как уже упоминалось выше в отношении Фиг.1, система 12 добычи углеводородов может включать в себя множество оборудования для облегчения извлечения или добычи нефти/газа 48 из подземного резервуара 20 через нефтяную/газовую скважину 26. Например, система 12 добычи углеводородов может включать в себя систему 18 УДН, имеющую систему 34 нагнетания флюида. В проиллюстрированном варианте осуществления, система 34 нагнетания флюида включает в себя систему 112 УДН с нагнетанием отработанного газа и систему 114 УДН с нагнетанием пара. Несмотря на то, что система 34 нагнетания флюида может принимать флюиды из множества источников, проиллюстрированный вариант осуществления может принимать отработанный газ 42 и пар 62 из обслуживающей системы 14 на основе турбины. Отработанный газ 42 и пар 62, производимые обслуживающей системой 14 на основе турбины, также может быть направлен в систему 12 добычи углеводородов для использования в других нефтяных/газовых системах 116.

[0053] Количество, качество и поток отработанного газа 42 и/или пара 62 может управляться системой 100 управления. Система 100 управления может быть выделена целиком для обслуживающей системы 14 на основе турбины, или система 100 управления может необязательно обеспечивать управление (или, по меньшей мере, некоторые данные для облегчения управления) для системы 12 добычи углеводородов и/или других систем 84. В проиллюстрированном варианте осуществления, система 100 управления включает в себя контроллер 118, имеющий процессор 120, память 122, средство 124 управления паровой турбиной, средство 126 управления газотурбинной системой с СРОГ, и средство 128 управления машинами. Процессор 120 может включать в себя один процессор или два, или более избыточных процессоров, такой как процессоры с трехкратным резервированием для управления обслуживающей системой 14 на основе турбины. Память 122 может включать в себя временную и постоянную память. Например, память 122 может включать в себя один или более жестких дисков, флэш-память, память только для чтения, память с произвольным доступом, или любое их сочетание. Средства 124, 126 и 128 управления могут включать в себя программное обеспечение и/или аппаратные средства управления. Например, средства 124, 126 и 128 управления могут включать в себя различные инструкции или код, хранящиеся в памяти 122 и выполняемые процессором 120. Средство 124 управления выполнено с возможностью управлять работой паровой турбины 104, средство 125 управления газотурбинной системы с СРОГ выполнено с возможностью управлять системой 52, и средство 128 управления машинами выполнено с возможностью управлять машинами 106. Таким образом, контроллер 118 (например, средства 124, 126 и 128 управления) может быть выполнен с возможностью координировать различные подсистемы обслуживающей системы 14 на основе турбины для обеспечения подходящего потока отработанного газа 42 к системе 12 добычи углеводородов.

[0054] В определенных вариантах осуществления системы 100 управления, каждый элемент (например, система, подсистема и компонент), проиллюстрированные на чертежах или описанные здесь, включают в себя (например, непосредственно внутри, до или после такого элемента) один или более промышленных элементов управления, таких как датчики и управляющие устройства, которые соединены с возможностью связи друг с другом через промышленную сеть управления, а также с контроллером 118. Например, управляющие устройства, связанные с каждым элементом, могут включать в себя выделенные контроллеры устройств (например, включающие в себя процессор, память и управляющие инструкции), один или более приводов, клапанов, переключателей, и промышленного управляющего оборудования, которое позволяет управлять на основании отклика 130 датчика, управляющих сигналов от контроллера 118, управляющих сигналов от пользователей, и любого их сочетания. Таким образом, управляющий функционал, описанный здесь, может быть реализован с управляющими инструкциями, хранящимися и/или выполняющимися контроллером 118, выделенными контроллерами устройств, связанных с каждым элементом, или любым их сочетанием.

[0055] Для облегчения такой управляющей функциональности, система 100 управления включает в себя один или более датчиков, распределенных по системе 100 для получения отклика 130 датчика для использования при выполнении управления, например, средств 124, 126 и 128 управления. Например, отклик 130 датчика может быть получен от датчиков, распределенных по газотурбинной системе 52 с СРОГ, машинам 106, системе 54 обработки ОГ, паровой турбине 104, системе 12 добычи углеводородов, или любым другим компонентам обслуживающей системы 14 на основе турбины или системы 12 добычи углеводородов. Например, отклик 130 датчика может включать в себя отклик температуры, отклик давления, отклик скорости потока, отклик температуры пламени, отклик динамики сгорания, отклик потребления состава окислителя, отклик потребления состава топлива, отклик потребления отработанного газа, выпускной уровень механической энергии 72, выпускной уровень электрической энергии 74, выпускное количество отработанного газа 42,60, выпускное количество или качество воды 64, или любое их сочетание. Например, отклик 130 датчика может включать в себя состав отработанного газа 42,60 для облегчения стехиометрического сгорания в газотурбинной системе 52 с СРОГ. Например, отклик 130 датчика может включать в себя отклик из одного или нескольких датчиков в канале подачи окислителя для окислителя 68, одного или нескольких датчиков потребления топлива в канале подачи топлива для топлива 70, и одного или более датчиков выпуска отработанного газа, расположенных в канале 110 рециркуляции отработанного газа и/или в газотурбинной системе 52 с СРОГ. Датчики потребления окислителя, датчики потребления топлива, и датчики выпуска отработанного газа могут включать в себя датчики температуры, датчики давления, датчики скорости потока, и датчики состава. Датчики выпуска отработанного газа включают в себя датчики оксидов азота (например, датчики NOx), оксидов углерода (например, датчики CO и датчики CO<sub>2</sub>), оксидов серы (например, датчики SOx), водорода (например, датчики H<sub>2</sub>), кислорода (например, датчики O<sub>2</sub>), несгоревших углеводородов (например, датчики HC), или других продуктов неполного сгорания, или любого их сочетания.

[0056] Используя отклик 130, система 100 управления может регулировать (например, увеличивать, уменьшать или поддерживать) потребляемый поток отработанного газа 66, окислителя 68, и/или топлива 70 в газотурбинной системе 52 с СРОГ (среди прочих операционных параметров) для поддержания соотношения компонентов в подходящем диапазоне, например, между приблизительно 0,95 и приблизительно 1,05, между

приблизительно 0,95 и приблизительно 1,0, между приблизительно 1,0 и приблизительно 1,05, или практически равному 1,0. Например, система 100 управления может анализировать отклик 130 для мониторинга выпуска отработанного газа (например, уровней концентрации оксидов азота, оксидов углерода, таких как CO и CO<sub>2</sub>, оксидов серы, водорода, кислорода, несгоревших углеводородов, и других продуктов неполного сгорания) и/или для определения соотношения компонентов с последующим управлением одним или более компонентами для регулирования выпуска отработанных газов (например, уровней концентрации в отработанном газе 42) и/или соотношения компонентов. Управляемые компоненты могут включать в себя любые компоненты, проиллюстрированные и описанные со ссылкой на чертежи, включающие в себя, но не ограниченные ими, клапаны в каналах подачи для окислителя 68, топлива 70 и отработанного газа 66; компрессор окислителя, топливный насос, или любые компоненты в системе 54 обработки ОГ; любые компоненты в газотурбинной системе 52 с СРОГ, или любое их сочетание. Управляемые компоненты могут регулировать (например, увеличивать, уменьшать или поддерживать) скорости потоков, температуры, давления, или процентное содержание (например, соотношение компонентов) окислителя 68, топлива 70 и отработанного газа 66, которые сгорают в газотурбинной системе 52 с СРОГ. Управляемые компоненты могут включать в себя одну или более систем очистки газа, такие как катализаторные блоки (например, катализаторные блоки окисления), компоненты для катализаторных блоков (например, топливо окислителя, тепло, электричество, и так далее), блоки очистки и/или разделения газов (например, разделители на основе растворителя, абсорберы, испарительные резервуары, и так далее), и фильтрующие блоки. Системы очистки газа могут помочь уменьшить различные выбросы в отработанном газе в канале 110 рециркуляции отработанного газа, канале отвода (например, отработанных газов в атмосферу) или канал извлечения в систему 78 подачи отработанного газа.

[0057] В определенных вариантах осуществления, система 100 управления может анализировать отклик 130 и управлять одним или более компонентами для поддержания или уменьшения уровня выбросов (например, уровни концентрации в отработанном газе 42, 60, 95) до целевого диапазона, такого как меньше приблизительно 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, или 10000 частиц на миллион по объему. Эти целевые диапазоны могут быть одинаковыми или отличаться для каждого из выбросов отработанного газа, например, уровни концентрации оксидов азота, монооксида углерода, оксидов серы, водорода, кислорода, несгоревших углеводородов, и других продуктов неполного сгорания. Например, в зависимости от соотношения компонентов, система 100 управления может избирательно управлять выбросами отработанного газа (например, уровнями концентрации) окислителя (например, кислорода) в пределах целевого диапазона менее чем приблизительно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 250, 500, 750, или 1000 частиц на миллион по объему; монооксида углерода (CO) в пределах целевого диапазона менее чем приблизительно 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2500, или 5000 частиц на миллион по объему; и оксидов азота (NO<sub>x</sub>) в пределах целевого диапазона менее чем приблизительно 50, 100, 200, 300, 400, или 500 частиц на миллион по объему. В определенных вариантах осуществления, работающих с практически стехиометрическим соотношением компонентов, система 100 управления может избирательно управлять выбросами отработанного газа (например, уровнями концентрации) окислителя (например, кислорода) в пределах целевого диапазона менее чем приблизительно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, или 100 частиц на миллион по объему; и монооксида углерода (CO) в пределах целевого

диапазона менее чем приблизительно 500, 1000, 2000, 3000, 4000, или 5000 частиц на миллион по объему; В определенных вариантах осуществления, работающих с обедненным топливом соотношением компонентов (например, между приблизительно 0.95 и 1.0), система 100 управления может избирательно управлять выбросами отработанного газа (например, уровнями концентрации) окислителя (например, кислорода) в пределах целевого диапазона менее чем приблизительно 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, или 1500 частиц на миллион по объему; монооксида углерода (CO) в пределах целевого диапазона менее чем приблизительно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, или 200 частиц на миллион по объему; и оксидов азота (NOx) в пределах целевого диапазона менее чем приблизительно 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, или 400 частиц на миллион по объему. Описанные выше целевые диапазоны являются просто примерами, и не предназначены для ограничения объема раскрытых вариантов осуществления.

[0058] Система 100 управления также может быть подсоединена к локальному интерфейсу 132 и удаленному интерфейсу 134. Например, локальный интерфейс 132 может включать в себя компьютерную рабочую станцию, расположенную по месту работы обслуживающей системы 14 на основе турбины и/или системы 12 добычи углеводородов. Напротив, удаленный интерфейс 134 может включать в себя компьютерную рабочую станцию, расположенную удаленно по отношению к обслуживающей системе 14 на основе турбины и/или системе 12 добычи углеводородов, подключенную, например, через Интернет-соединение. Эти интерфейсы 132 и 134 облегчают мониторинг и управление обслуживающей системой 14 на основе турбины при помощи одного или более графических изображений отклика 130 датчика, параметров работы, и так далее.

[0059] Как это отмечалось выше, контроллер 118 включает в себя различные средства 124, 126 и 128 управления, которые облегчают управление обслуживающей системой 14 на основе турбины. Средство 124 управление паровой турбиной может принимать отклик 130 датчика и выдавать управляющие команды для обеспечения работы паровой турбины 104. Например, средство 124 управление паровой турбиной может принимать отклик 130 датчика от ПГР 56, машин 106, датчиков температуры и давления в канале пара 62, датчиков температуры и давления в канале воды 108, и различных датчиков, показывающих механическую энергию 72 и электрическую энергию 74. Аналогично, средство 126 управления газотурбинной системой 52 с СРОГ может принимать отклик 130 датчика от одного или более датчиков, расположенных в газотурбинной системе 52 с СРОГ, машинах 106, системе 54 обработки ОГ, или любом их сочетании. Например, отклик 130 датчика может быть получен от датчиков температуры, датчиков давления, датчиков зазоров, датчиков вибрации, датчиков пламени, датчиков состава топлива, датчиков состава отработанных газов, или любого их сочетания, расположенных внутри или снаружи газотурбинной системы 52 с СРОГ. Наконец, средство 128 управления машинами принимает отклик 130 датчика от различных датчиков, связанных с механической энергией 72 и электрической энергией 74, а также датчиков, расположенных внутри машин 106. Каждое из этих средств 124, 126 и 128 использует отклик 130 датчика для улучшения работы обслуживающей системы 14 на основе турбины.

[0060] В проиллюстрированных вариантах осуществления, средство 126 управления газотурбинной системой с СРОГ может выполнять инструкции для управления количеством и качеством отработанного газа 42, 60, 95 в системе 54 обработки ОГ, системе 78 подачи отработанного газа, системе 12 добычи углеводородов, и/или других

системах 84. Например, средство 126 управления газотурбинной системой с СРОГ может поддерживать уровень окислителя (например, кислорода) и/или несгоревшего топлива в отработанном газе 60 ниже порогового значения, подходящего для использования с система 112 УДН с нагнетанием отработанного газа. В определенных вариантах осуществления, пороговые уровни могут быть меньше чем 1, 2, 3, 4 или 5 процентов окислителя (например, кислорода) и/или несгоревшего топлива по объему в отработанном газе 42, 60; пороговые уровни окислителя (например, кислорода) и/или несгоревшего топлива (и других выбросов отработанного газа) могут быть менее чем приблизительно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, или 5000 частей на миллион по объему в отработанном газе 42, 60. В другом примере, для достижения этих низких уровней окислителя (например, кислорода) и/или несгоревшего топлива, средство 126 управления газотурбинной системой с СРОГ может поддерживать соотношение компонентов для сжигания в газотурбинной системе 52 с СРОГ между приблизительно 0,95 и приблизительно 1,05. Средство 126 управления газотурбинной системой с СРОГ также может управлять системой 80 извлечения ОГ и системой 82 очистки ОГ для поддержания температуры, давления, скорости потока, и состава газа в отработанном газе 42, 60, 95 в пределах подходящих диапазонов для системы 112 УДН с нагнетанием отработанного газа, трубопровода 86, резервуара 88 хранения, и системы 90 удаления углерода. Как обсуждалось выше, система 82 очистки ОГ может управляться для очистки и/или разделения отработанного газа 42 на один или более потоков 95 газа, богатых  $\text{CO}_2$  и обедненных  $\text{N}_2$  потоков 96, потоков 97 со средней концентрацией  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ , и потоков 98, обедненных  $\text{CO}_2$  и богатых  $\text{N}_2$ . В дополнение к средствам управления отработанным газом 42, 60 и 95, средства управления 124, 126 и 128 могут выполнять одну или более инструкций для поддержания механической энергии 72 в пределах подходящего диапазона энергий или поддержания электрической энергии 74 в пределах подходящих диапазонов частоты и мощности.

[0061] Фиг.3 является диаграммой варианта осуществления системы 10, дополнительно иллюстрирующей подробности газотурбинной системы 52 с СРОГ для использования с системой 12 добычи углеводородов и/или другими системами 84. В проиллюстрированном варианте осуществления, газотурбинная система 52 с СРОГ включает в себя газотурбинный двигатель 150, подсоединенный к системе 54 обработки ОГ. Проиллюстрированный газотурбинный двигатель 150 включает в себя секцию 152 компрессора, секцию 154 камеры сгорания, и секцию расширения или секцию 156 турбины. Секция 152 компрессора включает в себя один или более компрессоров отработанного газа или компрессорных ступеней 158, таких как от 1 до 20 ступеней лопаток роторного компрессора, расположенных последовательно. Аналогично, секция 154 камеры сгорания включает в себя одну или более камер 160 сгорания, таких как от 1 до 20 камер 160 сгорания, расположенных вокруг оси 162 вращения газотурбинной системы 52 с СРОГ. Более того, каждая камера 160 сгорания включает в себя одну или более топливных форсунок 164, выполненных с возможностью нагнетать отработанный газ 66, окислитель 68 и/или топливо 70. Например, головная часть 166 каждой камеры 160 сгорания может заключать в себе 1, 2, 3, 4, 5, 6 или более топливных форсунок 164, которые могут нагнетать потоки или смеси отработанного газа 66, окислителя 68 и/или топлива 70 в часть 168 камеры сгорания (например, камеру сгорания) камеры сгорания 160.

[0062] Топливные форсунки 164 могут включать в себя любое сочетания топливных форсунок 164 предварительного смешивания (например, выполненных с возможностью предварительно смешивать окислитель 68 и топливо 70 для генерации пламени

предварительно смешанных окислителя и топлива), и/или диффузных топливных форсунок 164 (например, выполненных с возможностью нагнетать отдельные потоки окислителя 68 и топлива 70 для генерации диффузного пламени окислителя и топлива). Варианты осуществления топливных форсунок 164 предварительного смешивания могут включать в себя лопатки завихрителя, смесительные камеры, или другие средства для внутреннего смешивания окислителя 68 и топлива 70 внутри форсунок 164 перед нагнетанием и сжиганием в камере 168 сгорания. Топливные форсунки 164 предварительного смешивания могут также получать, по меньшей мере частично, предварительно смешанные окислитель 68 и топливо 70. В определенных вариантах осуществления, каждая диффузная топливная форсунка 164 может изолировать потоки окислителя 68 и топлива 70 до точки впрыска, изолируя в то же время потоки одного или более разбавителей (например, отработанного газа 66, пара, азота, или другого инертного газа) до точки впрыска. В других вариантах осуществления, каждая диффузная топливная форсунка 164 может изолировать потоки окислителя 68 и топлива 70 до точки впрыска, смешивая в то же время один или более разбавителей (например, отработанный газ 66, пар, азот или другой инертный газ) с окислителем 68 и/или топливом 70 до точки впрыска. Дополнительно, один или более разбавителей (например, отработанный газ 66, пар, азот или другой инертный газ) могут впрыскиваться в камеру сгорания (например, в горячие продукты сгорания) внутри или ниже зоны горения, помогая, тем самым, уменьшить температуру горячих продуктов сгорания и уменьшить выбросы NO<sub>x</sub> (например, NO и NO<sub>2</sub>). Что касается типа топливных форсунок 164, газотурбинная система 52 с СРОГ может управляться для обеспечения практически стехиометрического горения окислителя 68 и топлива 70.

[0063] В вариантах осуществления диффузного сгорания, использующих диффузные топливные форсунки 164, топливо 70 и окислитель 68 обычно не смешиваются до диффузного пламени, но наоборот, топливо 70 и окислитель 68 смешиваются и вступают в реакцию непосредственно на поверхности пламени и/или на поверхности пламени, существующей в точке смешения между топливом 70 и окислителем 68. В частности, топливо 70 и окислитель 68 отдельно достигают поверхности пламени (или границы/поверхности диффузии), и, затем, смешиваются (например, посредством молекулярной или вязкой диффузии) на поверхности пламени (или границе/поверхности диффузии) для генерации диффузного пламени. Примечательно, что топливо 70 и окислитель 68 могут иметь практически стехиометрическое горение на поверхности этого пламени (или границе/поверхности диффузии, что может приводить к большей температуре пламени (например, пиковая температура) на поверхности этого пламени.

Стехиометрическое соотношение компонентов топлива/окислителя обычно приводит к большей температуре пламени (например, пиковой температуре пламени), по сравнению с обедненным топливом или обогащенным топливом соотношением компонентов. В результате, диффузное пламя может быть практически более стабильным, чем предварительно смешанное пламя, потому что диффузия топлива 70 и окислителя 68 помогает поддерживать стехиометрическое соотношение компонентов (и большую температуру) на поверхности пламени. Несмотря на то, что большая температура пламени может также приводить к большим выбросам, таким как выбросы NO<sub>x</sub>, раскрытые варианты осуществления используют один или более разбавителей для облегчения управления температурой и выбросами, одновременно избегая любого предварительного смешивания топлива 70 и окислителя 68. Например, раскрытые варианты осуществления могут вводить один или более разбавителей отдельно от топлива 70 и окислителя 68 (например, после точки горения и/или после диффузного

пламени), облегчая, тем самым, уменьшение температуры и уменьшение выбросов (например, выбросов NOx), производимых диффузным пламенем.

[0064] При работе, как проиллюстрировано, секция 152 компрессора принимает и сжимает отработанный газ 66 из системы 54 обработки ОГ, и выдает сжатый отработанный газ 170 в каждую камеру 160 сгорания в секции 154 камеры сгорания. При сгорании топлива 60, окислителя 68 и отработанного газа 170 в каждой камере 160, дополнительный отработанный газ или продукты сгорания 170 (то есть, газообразные продукты сгорания) направляются в секцию 156 турбины. Аналогично секции 152 компрессора, секция 156 турбины включает в себя одну или более турбин, или турбинных ступеней 174, которые могут включать в себя множество лопаток роторной турбины. Лопатки турбины затем приводятся в действие продуктами 172 сгорания, сгенерированными в секции 154 камеры сгорания, приводя, тем самым, во вращение вал 176, подсоединенный к машинам 106. Опять же, машины 106 могут включать в себя множество оборудования, подсоединенного к концу газотурбинной системы 52 с СРОГ, такого как машины 106, 178, подсоединенные к секции 156 турбины, и/или машины 106, 180, подсоединенные к секции 152 компрессора. В определенных вариантах осуществления, машины 106, 178, 180 могут включать в себя один или более электрических генераторов, компрессоров окислителя для окислителя 68, топливных насосов для топлива 70, редукторы, или дополнительные приводы (например, паровая турбина 104, электрический мотор, и так далее), подсоединенные к газотурбинной системе 52 с СРОГ. Далее подробно обсуждаются неограничивающие примеры со ссылкой на Таблицу 1. Как проиллюстрировано, секция 156 турбины выдает отработанный газ 60 для рециркуляции по каналу 110 рециркуляции отработанных газов из выпускного отверстия 182 отработанных газов секции 156 турбины во впускное отверстие 184 отработанного газа в секции 152 компрессора. Наряду с каналом 110 рециркуляции отработанных газов, отработанный газ 60 проходит через систему 54 обработки ОГ (например, ПГР 56 и/или систему 58 РОГ) как описано подробно выше.

[0065] Опять же, каждая камера 160 сгорания в секции 154 камеры сгорания принимает, смешивает и стехиометрически сжигает сжатый отработанный газ 170, окислитель 68, и топливо 70 для получения дополнительного отработанного газа или продуктов сгорания 172 для приведения в действие секции 156 турбины. В определенных вариантах осуществления, окислитель 68 сжимается системой 186 сжатия окислителя, такой как основная система сжатия окислителя (ОССО) (например, основная система сжатия воздуха (ОССВ)), имеющая один или более компрессоров окислителя. Система 186 сжатия окислителя включает в себя компрессор 188 окислителя, подсоединенный к приводу 190. Например, привод 190 может включать в себя электрический мотор, двигатель внутреннего сгорания, или любое их сочетание. В определенных вариантах осуществления, привод 190 может быть турбинным двигателем, таким как газотурбинный двигатель 150. Соответственно, система 186 сжатия окислителя может быть составной частью машин 106. Другими словами, компрессор 188 может прямо или косвенно приводиться в действие механической энергией 72, обеспечиваемой валом 176 газотурбинного двигателя 150. В таком варианте осуществления, привод 190 может быть исключен, потому что компрессор 188 полагается на энергию, получаемую от газотурбинного двигателя 150. Однако, определенные варианты осуществления, использующие более чем один компрессор окислителя, первый компрессор окислителя (например, компрессор низкого давления (НД) окислителя) может приводиться в действие приводом 190, в то время как вал 176 приводит в действие второй компрессор окислителя (например, компрессор высокого давления (ВД) окислителя), или наоборот. Например,



в другом варианте осуществления, ОССО ВД приводится в действие приводом 190 и компрессор НД окислителя приводится в действие валом 176. В проиллюстрированном варианте осуществления, система 186 сжатия окислителя отделена от машин 106. В каждом из этих вариантов осуществления, система 186 сжатия окислителя сжимает и направляет окислитель 68 к топливным форсункам 164 и камерам сгорания 160. Соответственно, некоторые или все машины 106, 178, 180 могут быть выполнены с возможностью увеличивать операционную эффективность системы 186 сжатия окислителя (например, компрессор 188 и/или дополнительные компрессоры).

[0066] Множество компонентов машин 106, показанных номерами 106А, 106В, 106С, 106D, 106Е, 106F. Например, машины 106, 178, 180 (например, от 106А до 106D) могут включать в себя любое последовательное и/или параллельное расположение, в любом порядке: один или более редукторов (например, параллельный вал, планетарный редуктор), один или более компрессоров (например, компрессоров окислителя, вспомогательных компрессоров, таких как вспомогательных компрессоров отработанного газа), один или более установок генерации энергии (например, электрической энергии), один или более приводов (например, паротурбинные двигатели, электрические моторы), теплообменные установки (например, прямые и не прямые теплообменники), муфты сцепления, или любое их сочетание. Компрессоры могут включать в себя осевые компрессоры, радиальные или центробежные компрессоры, или их любое сочетание, при этом каждый имеет одну или более компрессорных ступеней. Что касается теплообменников, прямые теплообменники могут включать в себя оросительные охладители (например, оросительные промежуточные охладители), которые впрыскивают капли жидкости в поток газа (например, поток окислителя) для прямого охлаждения потока газа. Не прямые теплообменники могут включать в себя, по меньшей мере, одну стенку (например, кожухо-трубный теплообменник), разделяющую первый и второй поток, так чтобы поток флюида (например, поток окислителя) был отделен от потока охладителя (например, воды, воздуха, хладагента, или любого другого жидкого или газового охладителя), при этом поток охладителя переносит тепло от потока флюида без прямого контакта. Примеры не прямых теплообменников включают в себя промежуточные теплообменники и тепло-утилизационные установки, такие как парогенераторы-рекуператоры. Теплообменники также могут включать в себя нагреватели. Как обсуждается подробно ниже, каждый такой компонент машин может быть использован в различных сочетаниях, что показано неограничивающими примерами, изложенными в Таблице 1.

[0067] В основном, машины 106, 178, 180 могут быть выполнены с возможностью увеличивать эффективность системы 186 сжатия при помощи, например, регулирования рабочих скоростей одного или более компрессоров окислителя в системе 186, облегчая сжатие окислителя 68 при помощи охлаждения и/или извлечения избыточной энергии. Раскрытые варианты осуществления предназначены для включения любых и всех сочетаний изложенных выше компонентов в машинах 106, 178, 180, в последовательном или параллельном размещении, где один или более чем один, все или никакие компоненты получают энергию от вала 176. Как проиллюстрировано ниже, Таблица 1 изображает некоторые неограничивающие примеры компоновок машин 106, 178, 180, расположенных рядом и/или подсоединенных к секциям 152, 156 компрессора и турбины.

Таблица 1

<b>106A</b>	<b>106B</b>	<b>106C</b>	<b>106D</b>	<b>106E</b>	<b>106F</b>
МOC	GEN				
МOC	GBX	GEN			

5

10

15

20

25

30

35

40

45

	LP MOC	HP MOC	GEN			
5	HP MOC	GBX	LP MOC	GEN		
	MOC	GBX	GEN			
10	MOC					
	HP MOC	GBX	GEN	LP MOC		
	MOC	GBX	GEN			
15	MOC	GBX	DRV			
	DRV	GBX	LP MOC	HP MOC	GBX	GEN
20	DRV	GBX	HP MOC	LP MOC	GEN	
	HP MOC	GBX	LP MOC	GEN		
25		CLR				
	HP MOC	GBX	LP MOC	GBX	GEN	
30		CLR				
	HP MOC	GBX	LP MOC	GEN		
35		HTR				
		STGN				
	MOC	GEN	DRV			
40	MOC	DRV	GEN			
	DRV	MOC	GEN			
	DRV	CLU	MOC	GEN		
45	DRV	CLU	MOC	GBX	GEN	

[0068] Как проиллюстрировано в Таблице 1, охладительная установка представлена

как CLR, сцепление представлено как CLU, привод представлен как DRV, редуктор представлен как GBX, генератор представлен как GEN, нагревательная установка представлена как HTR, основная компрессорная установка окислителя представлена как MOC, с вариантами низкого давления и высокого давления, представленными как LP MOC и HP MOC, соответственно, и установка парогенератора представлена как STGN. Несмотря на то, что Таблица 1 иллюстрирует машины 106, 178, 180 в последовательности по отношению к секции 152 компрессора или секции 156 турбины, Таблица 1 также подразумевает покрытие резервной последовательности машин 106, 178, 180. В таблице 1, любая ячейка, включающая два или более компонентов, подразумевает покрытие параллельной компоновки компонентов. Таблица 1 не подразумевает исключения любых не проиллюстрированных сочетаний машин 106, 178, 180. Эти компоненты машин 106, 178, 180 могут обеспечивать управление с обратной связью по температуре, давлению и скорости потока окислителя 68, направляемого в газотурбинный двигатель 150. Как подробно описано ниже, окислитель 68 и топливо 70 могут направляться в газотурбинный двигатель 150 в местах, специально выбранных для облегчения изоляции и извлечения сжатого отработанного газа 170 без окислителя 68 или топлива 70, снижающего качество отработанного газа 170.

[0069] Система 78 подачи отработанного газа, как проиллюстрировано на Фиг.3, расположена между газотурбинным двигателем 150 и целевыми системами (например, системой 12 добычи углеводородов и другими системами 84). В частности, система 78 подачи отработанного газа, например, система 80 извлечения ОГ, может быть подсоединена к газотурбинному двигателю 150. Например, точки 76 извлечения могут быть расположены между соседними компрессорными ступенями, такие как 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, или 10 промежуточные точки 76 извлечения между ступенями компрессора. Каждая из этих промежуточных точек 76 извлечения обеспечивает различные температуру и давление отработанного газа 42. Аналогично, точки 76 извлечения могут быть расположены между соседними турбинными ступенями, такие как 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, или 10 промежуточные точки 76 извлечения между ступенями турбины. Каждая из этих промежуточных точек 76 извлечения обеспечивает различные температуру и давление отработанного газа 42. В следующем примере, точки 76 извлечения могут быть расположены во множестве мест по всей секции 154 камеры сгорания, что может обеспечить различные температуры, давления, скорости потоков и составы газов. Каждая из точек 76 извлечения может включать в себя трубопровод извлечения ОГ, один или более клапанов, датчики, средства управления, которые могут быть использованы для избирательного управления потоком извлеченного отработанного газа 42 в систему 78 подачи отработанного газа.

[0070] Извлеченный отработанный газ 42, который распределяется системой 78 подачи отработанного газа, имеет контролируемый состав, подходящий для целевых систем (например, системы 12 добычи углеводородов и других систем 84). Например, в каждой из этих точек 76 извлечения, отработанный газ 170 может быть практически изолирован от точек впрыска (или потоков) окислителя 68 и топлива 70. Другими словами, система 78 подачи отработанного газа может быть конкретно спроектирована для извлечения отработанного газа 170 из газотурбинного двигателя 150 без примесей окислителя 68 или топлива 70. Более того, в виде стехиометрического сгорания в каждой камере 160 сгорания, извлеченный отработанный газ 42 может быть практически свободен от окислителя и топлива. Система 78 подачи отработанного газа может направлять отработанный газ 42 прямо или косвенно в систему 12 добычи углеводородов и/или другие системы 84 для использования в различных процессах,

таких как улучшенная добыча нефти, удаление углерода, хранение или транспортировка в удаленное место. Однако, в определенных вариантах осуществления, система 78 подачи отработанного газа включает в себя систему 82 очистки ОГ для дальнейшей очистки отработанного газа 42 перед его использованием в целевых системах. Например, система 82 очистки ОГ может очищать и/или разделять отработанный газ 42 на один или несколько потоков 95, таких как богатый  $\text{CO}_2$  и обедненный  $\text{N}_2$  поток 96, поток 97 со средней концентрацией  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ , и поток 98, обедненный  $\text{CO}_2$  и богатый  $\text{N}_2$ . Эти очищенные потоки 95 отработанного газа могут быть использованы отдельно, или в любом сочетании, с системой 12 добычи углеводородов или другими системами 84 (например, трубопроводом 86, резервуаром 88 хранения, и системой 90 удаления углерода).

[0071] Аналогично очистке отработанного газа, выполняемого системой 78 подачи отработанного газа, система 54 обработки ОГ может включать в себя множество компонентов 192 обработки отработанного газа, таких как показанные номерами 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206, 208, и 210. Эти компоненты 192 обработки ОГ (например, от 194 до 210) могут быть расположены вдоль канала 110 рециркуляции отработанных газов одним или нескольких последовательных или параллельных компоновках, или в любом сочетании последовательных и параллельных компоновках. Например, компоненты 192 обработки ОГ (например, от 194 до 210) могут включать в себя любую последовательную или параллельную компоновку, в любом порядке, состоящую из: один или более теплообменников (например, установки рекуперации тепла, такие как парогенераторы-рекуператоры, конденсаторы, охладители, или нагреватели), каталитические системы (например, окислительные каталитические системы), системы удаления частиц и/или воды (например, инерционные сепараторы, коалесцирующие фильтры, водонепроницаемые фильтры, и другие фильтры), системы впрыска химических реагентов, системы обработки на основе растворителя (например, абсорберы, испарительные резервуары, и так далее), системы улавливания углерода, системы разделения газов, системы очистки газов, и/или системы обработки на основе растворителя, или любое их сочетание. В определенных вариантах осуществления, каталитические системы могут включать в себя окислительные катализаторы, восстановительный катализатор монооксида углерода, восстановительный катализатор оксидов азота, оксид алюминия, оксид циркония, оксид кремния, оксид титана, оксид платины, оксид палладия, оксид кобальта, или любой смешанный оксид металла, или их сочетание. Раскрытые варианты осуществления подразумевают включение любого и всех сочетаний изложенных выше компонентов 192 в последовательных или параллельных компоновках. Как проиллюстрировано ниже, Таблица 2 изображает некоторые неограничивающие компоновки компонентов 192 вдоль канала 110 рециркуляции отработанных газов.

40

45

Таблица 2

	194	196	198	200	202	204	206	208	210
5	CU	HRU	BB	MRU	PRU				
	CU	HRU	HRU	BB	MRU	PRU	DIL		
10	CU	HRSG	HRSG	BB	MRU	PRU			
	OCU	HRU	OCU	HRU	OCU	BB	MRU	PRU	
15	HRU	HRU	BB	MRU	PRU				
	CU	CU							
20	HRSG	HRSG	BB	MRU	PRU	DIL			
	OCU	OCU							
25	OCU	HRSG	OCU	HRSG	OCU	BB	MRU	PRU	DIL
		OCU		OCU					
30	OCU	HRSG	HRSG	BB	COND	INER	WFIL	CFIL	DIL
		ST	ST						
35	OCU	OCU	BB	COND	INER	FIL	DIL		
	HRSG	HRSG							
	ST	ST							
40	OCU	HRSG	HRSG	OCU	BB	MRU	MRU	PRU	PRU
		ST	ST			HE	WFIL	INER	FIL
						COND			CFIL
45									

CU	HRU	HRU	HRU	BB	MRU	PRU	PRU	DIL
	COND	COND	COND		HE	INER	FIL	
					COND		CFIL	
					WFIL			

5

10

[0072] Как проиллюстрировано выше в Таблице 2, каталитическая установка представлена CU, установка окислительного катализатора представлена OCU, вспомогательный вентилятор представлен BB, теплообменник представлен HX, установка рекуперации тепла представлена HRU, парогенератор-рекуператор представлен HRSG, конденсатор представлен COND, паровая турбина представлена ST, установка удаления частиц представлена PRU, установки удаления влаги представлена MRU, фильтр представлен FIL, коалесцирующий фильтр представлен CFIL, водонепроницаемый фильтр представлен WFIL, инерционный сепаратор представлен INER, и система подачи разбавителя (например, пара, азота, или другого инертного газа) представлена DIL. Несмотря на то, что Таблица 2 иллюстрирует компоненты 192 в последовательности от выпускного отверстия 182 отработанного газа секции 156 турбины до впускного отверстия 184 секции 152 компрессора, Таблица 2 также предназначена для покрытия обратной последовательности проиллюстрированных компонентов 192. В Таблице 2, любая ячейка, включающая в себя два или более компонентов, предназначена для покрытия интегрированной установки с компонентами, параллельной компоновки компонентов, или любого их сочетания. Более того, в контексте Таблицы 2, HRU, HRSG, и COND являются примерами HE; HRSG является примером HRU; COND, WFIL, и CFIL являются примерами WRU; INER, FIL, WFIL, и CFIL являются примерами PRU и WFIL и CFIL являются примерами FIL. Опять же, Таблица 2 не подразумевает исключения любых не проиллюстрированных сочетаний компонентов 192. В определенных вариантах осуществления, проиллюстрированные компоненты 192 (например, с 194 по 210) могут быть частично или полностью интегрированы с ПГР 56 системой 58 РОГ или любым их сочетанием. Эти компоненты 192 обработки ОГ могут обеспечивать управление с обратной связью по температуре, давлению, скорости потока и составу газа, одновременно также удаляя влагу и частицы из отработанного газа 60. Более того, очищенный отработанный газ 60 может быть извлечен в одной или более точек 76 извлечения для использования в системе 78 подачи отработанного газа или рециркуляции во впускное отверстие 184 отработанного газа секции 152 компрессора.

25

30

35

40

45

[0073] По мере очистки, рециркулированный отработанный газ 66 проходит через секцию 152 компрессора, газотурбинная система 52 с СРОГ может отобрать часть сжатого отработанного газа по одной или более линиям 212 (например, выпускным трубопроводам или обводным трубопроводам). Каждая линия 212 может направлять отработанный газ в один или более теплообменников 214 (например, охладительные установки), охлаждая, тем самым газ для рециркуляции обратно в газотурбинную систему 52 с СРОГ. Например, после прохождения через теплообменник 214, часть охлажденного отработанного газа может быть направлена в секцию 156 турбины по линии 212 для охлаждения и/или уплотнения корпуса турбины, бандажей турбины,

подшипников и других компонентов. В таком варианте осуществления газотурбинная система 52 с СРОГ не направляет окислитель 68 (или другие потенциальные загрязнители) через секцию турбины 156 для целей охлаждения и/или уплотнения, так что любая утечка охлажденного отработанного газа не будет загрязнять горячие продукты сгорания (например, рабочий отработанный газ), протекающий через турбину и приводящий в действие ступени турбины в секции 156 турбины. В следующем примере, после прохождения через теплообменник 214, часть охлажденного отработанного газа может быть направлена по линии 216 (например, обратный трубопровод) к следующей компрессорной ступени секции 152 компрессора. В таком варианте осуществления, теплообменник 214 может быть выполнен как промежуточная охлаждающая установка для секции 152 компрессора. Таким образом, охлажденный отработанный газ помогает улучшить рабочую эффективность газотурбинной системы 52 с СРОГ, одновременно помогая поддерживать чистоту отработанного газа (например, практически свободным от окислителя и топлива).

[0074] Фиг.4 является блок-схемой варианта осуществления рабочего процесса 220 системы 10, проиллюстрированной на Фиг.1-3. В определенных вариантах осуществления, процесс 220 может быть компьютерно-реализованным процессом, который получает доступ к одной или более инструкциям, хранящимся в памяти 122, и выполняет инструкции в процессоре 120 контроллера 118, показанного на Фиг.2. Например, каждый этап в процессе 220 может включать в себя инструкции, выполнимые контроллером 118 системы 100 управления, описанной на Фиг.2.

[0075] Процесс 220 может начинаться с инициализации режима запуска газотурбинной системы 52 с СРОГ на Фиг.1-Фиг.3, как это показано блоком 222. Например, режим запуска может включать в себя постепенное раскручивание газотурбинной системы 52 с СРОГ для поддержания тепловых градиентов, вибрации и зазоров (например, между вращающимися и неподвижными частями) в пределах приемлемых порогов. Например, во время режима 222 запуска процесс 220 может начинать подавать сжатый окислитель 68 в камеры 160 сгорания и топливные форсунки 164 секции 154 камеры сгорания, как это показано блоком 224. В определенных вариантах осуществления, сжатый окислитель может включать в себя сжатый воздух, кислород, обогащенный кислородом воздух, обедненный кислородом воздух, кислородно-азотные смеси, или любое их сочетание. Например, окислитель 68 может быть сжат системой 186 сжатия окислителя, проиллюстрированной на Фиг.3. Процесс 220 также может начинать подавать топливо в камеры 160 сгорания и топливные форсунки 164 во время режима 222 запуска, как это показано блоком 226. Во время режима 222 запуска, процесс 220 может также начинать подавать отработанный газ (по мере доступности) в камеры 160 сгорания и топливные форсунки 164, как это показано блоком 228. Например, топливные форсунки 164 могут производят один или более факелов диффузного пламени, предварительно смешанного пламени, или сочетание диффузного и предварительно смешанного факелов пламени. Во время режима 222 запуска, отработанный газ 60, генерируемый газотурбинным двигателем 156, может быть недостаточным или нестабильным по количеству и/или качеству. Соответственно, во время режима запуска, процесс 220 может подавать отработанный газ 66 из одной или более установок хранения (например, резервуара 88 хранения) трубопровода 86, других газотурбинных систем 52 с СРОГ, или других источников отработанного газа.

[0076] Процесс 220 может быть затем сжигать смесь сжатого окислителя, топлива и отработанных газов в камере сгорания 160 для получения газообразных продуктов 172 сгорания. В частности, процесс 220 может контролироваться системой 100 управления



на Фиг.2 для облегчения стехиометрического сгорания (например, стехиометрического диффузного сгорания, сгорания предварительного смешивания, или оба) смеси в камерах 160 сгорания секции 154 камеры сгорания. Однако, во время режима 222 запуска, может быть особенно трубным поддерживать стехиометрическое сгорание смеси (и, таким образом, низкие уровни окислителя и несгоревшего топлива могут находиться в газообразных продуктах 172 сгорания). В результате, в режиме 222 запуска, газообразные продукты 172 сгорания могут иметь большее количество остаточного окислителя 68 и/или топлива 70, чем во время устоявшегося режима, как это будет подробно обсуждаться ниже. По этой причине, процесс 220 может выполнять одну или более управляющих инструкций для уменьшения или удаления остаточного окислителя 68 и/или топлива 70 в газообразных продуктах 172 сгорания во время режима запуска.

[0077] Процесс 220 затем приводит в действие секцию 156 турбины при помощи газообразных продуктов 172 сгорания, как это показано блоком 232. Например, газообразные продукты 172 сгорания могут приводить в действие одну или более ступеней 174 турбины, расположенных в секции 156 турбины. После секции 156 турбины, процесс 220 может очищать отработанный газ 60 из последней ступени 174 турбины, как это показано блоком 234. Например, обработка 234 отработанного газа может включать в себя фильтрацию, каталитическую реакцию любого остаточного окислителя 68 и/или топлива 70, химическую обработку, рекуперацию тепла при помощи ПГР 56, и так далее. Процесс 220 может также рециркулировать, по меньшей мере, некоторое количество отработанного газа 60 обратно в секцию 152 компрессора газотурбинной системы 52 с СРОГ, как это показано блоком 236. Например, рециркуляция 238 отработанного газа может включать в себя прохождение через канал 110 рециркуляции отработанных газов, имеющий систему 54 обработки ОГ, как показано на Фиг.1-Фиг.3.

[0078] В свою очередь, рециркулированный отработанный газ 66 может быть сжат в секции 152 компрессора, как это показано блоком 238. Например, газотурбинная система 52 с СРОГ может последовательно сжимать рециркулированный отработанный газ 66 в одной или более ступеней 158 компрессора секции 152 компрессора. Далее, сжатый отработанный газ 170 может быть направлен в камеры сгорания 160 и топливные форсунки 164, как это показано блоком 228. Этапы 230, 232, 234, 236 и 238 могут затем быть повторены, пока процесс 220 в итоге не перейдет в устоявшийся режим, как это показано блоком 240. После перехода 240, процесс 220 может продолжать выполнять этапы с 224 по 238, но также может начать извлекать отработанный газ 42 при помощи системы 78 подачи отработанного газа, как это показано блоком 242. Например, отработанный газ 42 может быть извлечен из одной или более точек 76 извлечения в секции 152 компрессора, секции 154 камеры сгорания и секции 156 турбины, как это показано на Фиг.3. В свою очередь, процесс 220 может подавать извлеченный отработанный газ 42 из системы 78 подачи отработанного газа в систему 12 добычи углеводородов, как это показано блоком 244. Система 12 добычи углеводородов может затем нагнетать отработанный газ 42 в землю 32 для улучшения добычи нефти, как это показано блоком 246. Например, извлеченный отработанный газ 42 может быть использован системой 112 УДН с нагнетанием отработанного газа системы 18 УДН, проиллюстрированной на Фиг.1-Фиг.3.

[0079] Фиг.5 является блок-схемой процесса 260 для управления газотурбинным двигателем 150. В следующем обсуждении упоминаются осевое, радиальное и круговое направления, которые показаны на Фиг.6-Фиг.20. На этапе 262, окислитель 68 сжимается в компрессоре 188 окислителя. На этапе 264, отработанный газ 66 сжимается в секции 152 компрессора. На этапе 266, топливо 70 направляется радиально в топливопровод

внутри головной части 166 камеры сгорания 160. Радиальное направление топлива 70 может обеспечивать больше пространства в головной части 166 для других портов, как это подробно описывается ниже. На этапе 268, топливо 70 направляется по радиальному и круговому каналам через топливный коллектор к, по меньшей мере, одной топливной форсунке 164. На этапе 270, окислитель 68 направляется в осевом направлении через торцевую пластину головной части 166. На этапе 272, окислитель 68 направляется по каналу окислителя через камеру окислителя, топливный коллектор и в топливную форсунку 164. На этапе 274, сжатый отработанный газ 170 подается в головную часть 166 камеры 160 сгорания. На этапе 276, первая часть сжатого отработанного газа 170 направляется по каналу отработанного газа через боковую стенку, топливный коллектор и/или торцевую пластину головной части 166. На этапе 278, первая часть сжатого отработанного газа извлекается, например, в осевом направлении и/или радиальном направлении. Извлеченный отработанный газ может быть затем направлен в систему 16 извлечения нефти/газа, систему 18 улучшенной добычи нефти (УДН), или другую систему 84. На этапе 280, вторая часть сжатого отработанного газа 170 направляется через головную часть 166 в топливную форсунку 164. На этапе 282, смесь топлива 70, окислителя, и второй части сжатого отработанного газа 170 из топливной форсунки 164 может быть сожжена в части 168 камеры сгорания. На этапе 284, ступени 174 турбины могут быть приведены в действие газообразными продуктами 172 сгорания из камеры сгорания 160. Отработанный газ 60 из ступеней 174 турбины может быть рециркулирован в секцию 152 компрессора для сжатия на втором этапе 264. С использованием процесса 260 для управления газотурбинным двигателем 150, падение давления в газотурбинном двигателе 150 может быть уменьшена, температурные поля могут быть более однородными, и надежность и срок службы газотурбинного двигателя 150 могут быть увеличены.

[0080] Фиг.6 является схематической диаграммой варианта осуществления секции 154 камеры сгорания, которая включает в себя различные признаки, которые показаны подробно на Фиг.7-Фиг.20. Элементы на Фиг.6, общие с элементами, показанными на предыдущих чертежах, отмечены одинаковыми номерами. Осевое направление камеры 160 сгорания обозначено стрелкой 294, радиальное направление обозначено стрелкой 296 и круговое направление обозначено стрелкой 298. Как показано на Фиг.6, система 300 подачи топлива подает топливо 70 в камеру 160 сгорания. Система 300 подачи топлива может включать в себя насосы, клапаны, резервуары, трубы, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы, датчики и другое оборудование или устройства для передачи топлива 70 в секцию 154 камеры сгорания. Топливо 70 может подаваться через радиальный топливный коллектор, подробно описанный ниже. В дополнение, система 186 сжатия окислителя подает окислитель 68 в одно или более мест камеры 160 сгорания. Далее, разделитель потока 304, расположенный в головной части 166 камеры 160 сгорания, может разделять сжатый отработанный газ 170 на две или более частей. Например, разделитель потока 304 может направлять часть сжатого отработанного газа 170 в систему 80 извлечения ОГ для обеспечения отработанного газа 42. В дополнение, разделитель потока может направлять другую часть сжатого отработанного газа 170 в топливные форсунки 164 для сжигания в части 168 камеры сгорания. В других вариантах осуществления, разделитель потока 304 может быть использован для разделения одного или более потоков, протекающих через камеру 160 сгорания, таких как отработанный газ 170, окислитель 68, топливо 70 и так далее. Сжатый отработанный газ 170 может быть практически свободным от окислителя и несгоревшего топлива, и может получаться от стехиометрического сгорания и рециркуляции отработанного

газа, как это обсуждалось выше. Как описывается подробно ниже, камера 160 сгорания может включать в себя множество точек впрыска и/или извлечения. Например, камера 160 сгорания может включать в себя четыре точки радиального извлечения отработанного газа, три точки осевого впрыска окислителя (по бокам и в центре), радиальную подачу топлива в топливный коллектор, две точки осевого извлечения отработанного газа (например, на торцевой пластине), и так далее. В дополнение, котроллер 118 может быть использован для управления системой 80 извлечения ОГ, системой 186 сжатия окислителя, системой 30 подачи топлива, или любого их сочетания. Контроллер 118 может быть использован для управления любыми такими системами в следующих чертежах, однако он не показан в целях наглядности. Дополнительные подробности камеры 160 сгорания и разделителя 304 потоков описываются ниже в отношении Фиг.7-Фиг.20.

[0081] Фиг.7 является частичной схематической диаграммой секции 154 камеры сгорания, иллюстрирующей головную часть 166 камеры 160 сгорания. Как показано на Фиг.7, секция 154 камеры сгорания имеет корпус 320 камеры сгорания, расположенный вокруг камеры 160 сгорания. Головная часть 166 расположена вплотную к части 168 камеры сгорания, которая имеет патрубок 322 потока газа, расположенный вокруг оболочки 324 камеры сгорания в общем, любой из корпуса 320 камеры сгорания, патрубка 322 потока газа, оболочки 324 камеры сгорания, может быть обозначена как боковая стенка 321. В определенных вариантах осуществления, патрубок 322 потока газа и оболочка 324 камеры сгорания расположены соосно относительно друг друга для образования первого канала 326 потока (например, кольцеобразного канала), который может обеспечивать прохождение сжатого отработанного газа 170 для охлаждения и для поступления в головную часть 166. В дополнение, корпус 320 камеры сгорания и патрубок 322 потока газа могут образовывать второй канал 328 потока, который может обеспечивать прохождение сжатого отработанного газа 170 для охлаждения и для поступления в головную часть 166. Первый порт 330 извлечения отработанного газа может быть подсоединен к корпусу 320 камеры сгорания (например, к боковой стенке 321). Как показано, первый порт 330 извлечения отработанного газа может быть радиальным портом, проводящим сжатый отработанный газ 170 от второго канала 328 потока к системе 80 извлечения ОГ в радиальном направлении 296. В определенных вариантах осуществления, перегородка 332 может быть расположена между головной частью 166 и частью 168 камеры сгорания, разделяя, тем самым, камеру 160 сгорания на головную камеру 331 и камеру сгорания 333.

[0082] Как показано на Фиг.7, несколько стенок расположены вокруг головной камеры 331 головной части 166. А именно, первая стенка 334 окружает в круговом направлении 298 топливные форсунки 164 в головной камере 331, вторая стенка 336 окружает в круговом направлении 298 первую стенку 334, и третья стенка 338 окружает в круговом направлении 298 вторую стенку 336. В определенных вариантах осуществления, первая, вторая и третья стенки 334, 336 и 338 могут быть соосными или концентрическими относительно друг друга. В проиллюстрированном варианте осуществления, первая стенка 334 в основном совпадает с оболочкой 324 камеры сгорания, вторая стенка в основном совпадает с патрубком 322 потока газа, и третья стенка 338 в основном совпадает с корпусом 320 камеры сгорания. Однако, в других вариантах осуществления, первая, вторая и третья стенки 334, 336 и 338 могут быть расположены в других местах. В проиллюстрированном варианте осуществления, сжатый отработанный газ 170 в первом канале 326 потока проходит перегородку 332 и поступает в первое пространство 340 (например, кольцеобразный канал) между первой

стенкой 334 и второй стенкой 336, при этом сжатый отработанный газ 170 может затем смешиваться с окислителем 68, как это подробно описано ниже.

5 [0083] В проиллюстрированном варианте осуществления, порт 342 окислителя (например, впускное отверстие окислителя) расположен на торцевой пластине 344  
головной части 166. Как проиллюстрировано, порт 342 окислителя может быть осевым  
портом (например, осевым портом окислителя), проводящим окислитель 68 из системы  
186 сжатия окислителя к камере 160 сгорания в осевом направлении 294. Как показано  
на Фиг.7, порт 342 окислителя расположен вдоль осевой поверхности 346 торцевой  
10 пластины 344. Осевая поверхность 346 может быть описана как смотрящая от головной  
части 166. В дополнение, порт 342 окислителя подсоединен к центральной части 348  
торцевой пластины 344. Как показано на Фиг.7, торцевая пластина 344 может окружать  
камеру 350 окислителя, которая содержит окислитель 68.

[0084] Топливный коллектор 352, который включает в себя пластину распределения  
15 топлива, может быть расположен между торцевой пластиной 344 и топливными  
форсунками 164 в головной части 166. Другими словами, топливный коллектор 352  
расположен между камерой 350 окислителя и головной камерой 331. В определенных  
вариантах осуществления, камера 160 сгорания может быть выполнена с возможностью  
принимать несколько разных типов топлив 70. Например, камера 160 сгорания может  
принимать жидкое топливо и газообразное топливо. В других вариантах осуществления,  
20 камера 160 сгорания может принимать два или более жидких топлива и/или два или  
более газообразных топлива. В проиллюстрированном варианте осуществления, первая  
система 354 подачи топлива подает топливо (например, жидкое топливо или  
газообразное топливо) через первый порт 356 топлива, вторая система 357 подачи  
топлива подает второе топливо (например, жидкое топливо или газообразное топливо)  
25 через второй порт 358 топлива, и третья система 360 подачи топлива подает третье  
топливо (например, жидкое топливо или газообразное топливо) через третий порт 362  
топлива. Первая, вторая и третья системы 354, 357 и 360 подачи топлива могут быть  
частью системы 300 подачи топлива. Одно или более топлив 70, подаваемых первой,  
второй и третьей системами 354, 357 и 360 подачи топлива, могут быть направлены  
30 через топливный коллектор 352 через множество каналов 364 топлива. Каналы 364  
топлива могут включать в себя отдельные и независимые каналы для каждого из  
первой, второй и третьей систем 354, 357 и 360 подачи топлива, обеспечивая, тем самым,  
управление потоком топлива из систем 354, 357 и 360 подачи топлива. Топливо 70  
может затем направлять из каналов 364 топлива в одну или более топливных форсунок  
35 164, связанных с каждой из систем 354, 357 и 360 подачи топлива. Таким образом,  
топливо 70 может быть направлен в радиальном направлении 296 в топливный  
коллектор 352 и затем в осевом направлении 294 в топливные форсунки 164. В  
дополнение, топливо 70 может проходить в круговом направлении 298 и/или радиальном  
направлении 296 внутри топливного коллектора 352, как это подробно описано ниже.

40 [0085] В дополнение к топливным каналам 364, топливный коллектор 352 может  
включать в себя один или более каналов 366 окислителя. А именно, каналы 366  
окислителя могут проводить окислитель 68 из камеры 350 окислителя во второе  
пространство 368 (например, кольцеобразный канал), расположенное между второй и  
третьей стенками 336 и 338. Окислитель 68 может течь через второе пространство 368  
45 в направлении перегородки 332 до прохождения через одно или более отверстий 370  
во второй стенке 336. Окислитель 68 может затем поступать в первое пространство 340  
для смешивания со сжатым отработанным газом 170 для образования смеси 372  
окислителя и отработанного газа. Смесь 372 окислителя и отработанного газа может

течь в направлении топливного коллектора 352 до поворота в головную камеру 331 и поступления в одну или более топливных форсунок 164. Другие каналы 366 окислителя могут позволять комбинирование окислителя 68 со смесью 372 окислителя и отработанного газа из первого пространства 340 до поступления в топливные форсунки 164. Другими словами, каналы 366 окислителя позволяют окислителю 68 течь прямо из камеры 350 окислителя в головную камеру 331. Как показано на Фиг.7, топливный коллектор 352 может включать в себя центральную линию 374. Таким образом, каналы 366 окислителя могут быть расположены по кругу относительно центральной линии 374, как это подробно описано ниже. Как показано на Фиг.7, смесь 372 окислителя и отработанного газа затем поступает в топливные форсунки 164 для смешения с топливом 70 из топливного коллектора 352 до сжигания в камере 333 сгорания (например, топливные форсунки предварительного смешивания). В других вариантах осуществления, смесь 372 окислителя и отработанного газа не смешивается с топливом 70 до выхода из топливных форсунок 164 (например, диффузные топливные форсунки).

[0086] Фиг.8 является видом частичного поперечного сечения части камеры 160 сгорания по линии 8-8 на Фиг.7. Как показано на Фиг.8, топливо 70 может быть направлено из топливного коллектора 352 к топливным форсункам 164 через каналы 364 топлива. Например, каждый из каналов 364 топлива может быть использован для направления топлива 70 из первой, второй и третьей систем 354, 357 и 360 подачи топлива. Таким образом, два или более топлива 70 могут быть направлены к каждой топливной форсунке 164. В дополнение, смесь 372 окислителя и отработанного газа может быть направлена отдельно от топлива 70 и окислителя 68 к топливной форсунке 164. Несмотря на то, что центральный канал топливной форсунки 164 показан как проводящий только топливо 70 на Фиг.8, в других вариантах осуществления, центральный канал может быть также использован для направления окислителя 68 и/или смеси 372 окислителя и отработанного газа, в зависимости от конкретного режима работы газотурбинного двигателя 150. Топливная форсунка 164 может доставлять окислитель 68, топливо 70 и смесь 372 окислителя и отработанного газа для сжигания в части 168 камеры сгорания.

[0087] Фиг.9 является торцевым видом топливного коллектора 352. Как показано на Фиг.9, топливный коллектор 352 может включать в себя пластину 353 распределения топлива. Например, топливный коллектор 352 подсоединен к первому, второму и третьему портам 356, 358 и 362, которые направляют первый, второй и третий потоки топлива 70 к топливным форсункам 164. А именно, первый канал 390 топлива направляет топливо 70 из первого порта 356 топлива в одну или более топливных форсунок 164, второй канал 392 топлива направляет топливо 70 из второго порта 358 топлива в одну или более топливных форсунок 164, и третий канал 394 топлива направляет топливо 70 из третьего порта 362 топлива в одну или более топливных форсунок 164. В определенных вариантах осуществления, первый канал 390 топлива может включать в себя первый круговой канал 396 и первый радиальный канал 398, второй канал 392 топлива может включать в себя второй радиальный канал 400 и второй круговой канал 402, и третий канал 394 топлива может включать в себя третий радиальный канал 404 и третий круговой канал 406. Радиальные каналы 398, 400 и 404 могут направлять топливо 70 в радиальном направлении 297 и круговые каналы 396, 402 и 406 могут направлять топливо в круговом направлении 298. Как проиллюстрировано, каналы 396, 398, 400, 402, 404 и 406 могут быть расположены вокруг центральной линии 374 топливного коллектора 352. В определенных вариантах осуществления, расположение первого, второго и третьего каналов 390, 392 и 394

топлива может быть использовано для подачи разных топлив 70 к конкретным топливным форсункам 164. Например, в одном варианте осуществления, один канал топлива может подавать топливо 70 ко всем топливным форсункам 164. В другом варианте осуществления, первый канал топлива может подавать топливо 70 к центральной топливной форсунке и второй канал топлива может подавать топливо 70 к внешним топливным форсункам. В еще одном варианте осуществления, первый канал топлива может подавать топливо 70 к центральной топливной форсунке 164, второй канал топлива может подавать топливо 70 к первому набору внешних топливных форсунок, и третий канал топлива может подавать топливо 70 ко второму набору внешних топливных форсунок 164. В дополнение, топливный коллектор 352 включает в себя множество каналов 366 окислителя, образованных в топливном коллекторе 352 для того, чтобы позволить окислителю 68 проходить через топливный коллектор 352 из камеры 350 окислителя в головную камеру 331. Как показано на Фиг.9, каналы 366 окислителя могут иметь продолговатую форму. Однако, в других вариантах осуществления, форма и/или размер каналов 366 окислителя может регулироваться для достижения желательной скорости потока окислителя 68 через топливный коллектор 352. В дополнение, два или более топлив 70, направляемые к каждой топливной форсунке 164, могут быть одинаковыми или отличаться друг от друга. Например, два или более топлив 70 могут быть двумя различными газовыми топливами, двумя различными жидкими топливами, газовым топливом и жидким топливом, и так далее.

[0088] Фиг.10 является видом в перспективе торцевой пластины 344, подсоединенной к топливному коллектору 352. Как показано на Фиг.10, окислитель 68 поступает через порт 342 окислителя в камеру 350 окислителя перед тем как он пройдет через один или более каналов 366 окислителя, сформированных в топливном коллекторе 352. В дополнение, части каналов 364 топлива показаны в топливном коллекторе 352. Торцевая пластина 344 может быть подсоединена к топливному коллектору через одно или более отверстий 408 для болтов. Как показано на Фиг.10, топливный коллектор 352 обеспечивает разделение топлива 70 и окислителя 68.

[0089] Фиг.11 является схематической диаграммой варианта осуществления секции 154 камеры сгорания. Как показано на Фиг.11, сжатый отработанный газ 170 течет через первый канал 326 в направлении к головной части 166. Затем, вторая стенка 336 отклоняет сжатый отработанный газ 170 во второе пространство 368 между второй и третьей стенками 336 и 338. Первая стенка 334 окружает в круговом направлении 298 топливные форсунки 164 в головной камере 331, вторая стенка 336 окружает в круговом направлении 298 первую стенку 334, и третья стенка 338 окружает в круговом направлении 298 вторую стенку 336. В определенных вариантах осуществления, первая, вторая и третья стенки 334, 336 и 338 могут быть соосными или концентрическими относительно друг друга. Сжатый отработанный газ 170 продолжает течь через второе пространство 368 в направлении к топливному коллектору 352. Сжатый отработанный газ 170 затем протекает через канал 420 отработанного газа в топливном коллекторе 352 перед тем как выйти из торцевой пластины 344. А именно, второй порт 422 извлечения отработанного газа может быть подсоединен к периферийному региону 424 торцевой пластины 344, которая окружает центральный регион 348 торцевой пластины 344. Как проиллюстрировано, второй порт 422 извлечения отработанного газа может быть осевым портом, направляя, тем самым, сжатый отработанный газ 170 из второго порта 422 отработанного газа в систему 80 извлечения отработанного газа в осевом направлении 294 для комбинирования со сжатым отработанным газом 170, направляемым в радиальном направлении из первого порта 330 извлечения

отработанного газа. Таким образом, сжатый отработанный газ 170, протекающий через второе пространство 368, может обеспечивать дополнительное охлаждение для компонентов головной части 166.

5 [0090] Порт 342 окислителя может быть также подсоединен к периферийному региону 424 торцевой пластины 344. Окислитель 68 может быть направлен из порта 342 окислителя в камеру 350 окислителя, расположенную между торцевой пластиной 344 и топливным коллектором 352. Из камеры 350 окислителя окислитель 68 может течь через множество каналов 366 окислителя, расположенных в топливном коллекторе 352. Например, окислитель 68 может течь из канала 366 окислителя в третье  
10 пространство 426, расположенное между четвертой стенкой 428 и второй стенкой 336. А именно, четвертая стенка 428 может быть расположена между первой и второй стенками 344 и 336. Другими словами, четвертая стенка 428 окружает в круговом направлении первую стенку 334. В определенных вариантах осуществления, первая, вторая, третья и четвертая стенки 334, 336, 338, 428 могут быть соосными или  
15 концентрическими относительно друг друга. Окислитель 68 может течь через третье пространство 426 в направлении части 168 камеры сгорания, пока окислитель, но достигнет одного или более отверстий 370, сформированных в четвертой стенке 428. Окислитель 68 может затем повернуть в первое пространство 340, расположенное между первой и четвертой стенками 334 и 428. По мере того, как окислитель 68 входит  
20 в первое пространство 340, окислитель 68 смешивается со сжатым отработанным газом 170, текущим из первого канала 326, для получения смеси 372 окислителя и отработанного газа, которая протекает через первое пространство 340 в направлении топливного коллектора 352. В топливном коллекторе 352 смесь 372 окислителя и отработанного газа поворачивает в радиальном направлении 296 в головную камеру  
25 331 и затем поступает в топливные форсунки 164. Окислитель 68 может также течь через другие каналы 366 окислителя для смешивания со смесью 372 окислителя и отработанного газа. А именно, окислитель 68 течет напрямую из камеры 350 окислителя в головную камеру 331 через каналы 366 окислителя. В дополнение, как показано на Фиг.11, первая и вторая системы 354 и 357 подачи топлива подсоединены к топливному  
30 коллектору 352 через первый и второй порты 356 и 358 топлива. Несмотря на то, что на Фиг.11 показаны только две системы подачи топлива, другие варианты осуществления могут включать в себя 1, 2, 3, 4, 5 или более систем подачи топлива. В дополнение, каналы 366 окислителя и каналы 420 отработанного газа являются независимыми от канала 364 топлива.

35 [0091] Фиг.12 является видом сзади торцевой пластины 344, взятым по линии 12-12 на Фиг.11. Как показано на Фиг.12, порт 342 окислителя и второй порт 422 извлечения отработанного газа расположены в периферийных регионах 424 торцевой пластины 344. Другими словами, порт 342 окислителя и второй порт 422 извлечения отработанного газа расположены диаметрально противоположно относительно друг друга. В  
40 дополнение, порт 342 окислителя и второй порт 422 извлечения отработанного газа могут включать в себя фланцы со встроенным гнездом для подсоединения к трубопроводам. В других вариантах осуществления, порт 342 окислителя и второй порт 422 извлечения отработанного газа могут быть расположены где угодно на торцевой пластине 344.

45 [0092] Фиг.13 является видом сзади торцевой пластины 344, взятым по линии 13-13 на Фиг.11. Как показано на Фиг.13, два порта 342 окислителя подсоединены к периферийным регионам 424 торцевой пластины 344 друг напротив друга. В дополнение, два порта 422 извлечения отработанного газа также подсоединены к периферийному

региону 424 друг напротив друга. Таким образом, порты 342 окислителя и порты 422 извлечения отработанного газа расположены поочередно каждые приблизительно 90 градусов. В других вариантах осуществления, порты 342 окислителя и вторые порты 422 извлечения отработанного газа могут быть расположены где угодно на торцевой пластине 344. Например, два порта 342 окислителя и/или два вторых порта 422 извлечения отработанного газа могут быть расположены рядом друг с другом вместо противоположного расположения друг относительно друга. В дополнительном варианте осуществления дополнительные порты могут быть подсоединены к торцевой пластине 344.

[0093] Фиг.14 является схематической диаграммой вариантах осуществления секции 154 камеры сгорания. Как показано на Фиг.14, торцевая пластина 344 включает в себя второй порт 422 извлечения отработанного газа, расположенный в периферийном регионе 424 и порт 342 окислителя, расположенный в центральном регионе 348 (например, центральный порт окислителя). В дополнение, торцевая пластина 344 включает в себя третий порт 440 извлечения отработанного газа, расположенный в периферийном регионе 424. Как проиллюстрировано, третий порт 440 извлечения отработанного газа может быть осевым портом, извлекая, тем самым, сжатый отработанный газ 170 из камеры 160 сгорания в осевом направлении 294. Как показано на Фиг.14, второй и третий порты 422 и 440 извлечения отработанного газа расположены в периферийном регионе 424 друг напротив друга. Такая компоновка второго и третьего портов 422 и 440 извлечения отработанного газа обеспечивает однородное распределение сжатого отработанного газа 170, текущего через головную часть 166, и/или возможность для увеличенного извлечения сжатого отработанного газа 170 из камеры 160 сгорания. В других аспектах, вариант осуществления камеры 160 сгорания, показанный на Фиг.14, является аналогичным варианту осуществления камеры 160 сгорания, показанном на Фиг.11.

[0094] Фиг.15 является видом сзади торцевой пластины 344, взятым по линии 15-15 на Фиг.14. Как показано на Фиг.15, второй и третий порты 422 и 440 извлечения отработанного газа расположены в периферийном регионе 424 друг напротив друга. В дополнение, порт 342 окислителя расположен в центральном регионе 348 между портами 422 и 440 извлечения отработанного газа. В других вариантах осуществления, второй и третий порты 422 и 440 извлечения отработанного газа и порт 342 окислителя могут быть расположены где угодно на торцевой пластине 344.

[0095] Фиг.16 является видом сзади торцевой пластины 344, взятым по линии 16-16 на Фиг.14. Как показано на Фиг.16, порт 342 окислителя расположен в центральном регионе 348. Два вторых порта 422 извлечения отработанного газа расположены в периферийном регионе 424 друг напротив друга. В дополнение, два третьих порта 440 извлечения отработанного газа расположены в периферийном регионе 424 друг напротив друга. Таким образом, порты 422 извлечения и порты 440 извлечения расположены поочередно каждые приблизительно 90 градусов. В дополнительных вариантах осуществления, дополнительные порты окислителя и/или извлечения отработанного газа могут быть обеспечены в торцевой пластине 344 или расположение портов может быть другим. Например, два вторых порта 422 извлечения отработанного газа и/или третий порт 440 извлечения отработанного газа могут быть расположены рядом друг с другом вместо противоположного расположения друг относительно друга.

[0096] Фиг.17 является частичным поперечным сечением торцевой пластины 344, подсоединенной к топливному коллектору 352, выполненным по линии 17-17 на Фиг.14. Как показано на Фиг.17, сжатый отработанный газ 170 поступает во второе



пространство 368, течет через канал 420 отработанного газа топливного коллектора 352 перед тем как покинуть торцевую пластину 344 (например, в осевом направлении 294). В дополнение, окислитель 68 течет из камеры 350 окислителя через каналы 366 окислителя в третье пространство 426 перед тем как поступить в отверстия 370 и смешаться со сжатым отработанным газом 170 для получения смеси 372 окислителя и отработанного газа. В других вариантах осуществления, вторая стенка 336 может выступать в первое пространство 340 и отверстия во второй стенке 336 могут быть использованы для регулирования количества сжатого отработанного газа 170, смешивающегося с окислителем 68. А именно, вторая стенка 336 может подсоединяться к оболочке 324 камеры сгорания.

[0097] Фиг.18 является видом сзади варианта осуществления топливного коллектора 352 на Фиг.14. Как показано на Фиг.18, первый, второй и третий порты 356, 258 и 362 топлива подсоединены к топливному коллектору 352. В дополнение, топливный коллектор 352 включает в себя множество каналов 420 отработанного газа и множество каналов 366 окислителя. Например, каждый из множества каналов 420 отработанного газа может находиться на расстоянии друг от друга в круговом направлении 298 для формирования кругового расположения. В дополнение, каждый из множества каналов 366 окислителя может находиться на расстоянии друг от друга в круговом направлении 298 для формирования кругового расположения. Как показано на Фиг.18, каналы 366 окислителя и/или каналы 420 отработанного газа могут иметь продолговатую форму. Однако, в других вариантах осуществления, форма и/или размер каналов 366 окислителя и/или каналов 420 отработанного газа может регулироваться для достижения желательной скорости потока окислителя 68 и сжатого отработанного газа 170 через топливный коллектор 352. Более того, топливный коллектор 352 включает в себя множество отверстий 408 для болтов для подсоединения топливного коллектора 352 к торцевой пластине 344 и/или камере 160 сгорания. Далее, каждый из первого, второго и третьего портов 356, 358 и 362 топлива может быть подсоединен к радиальным каналам 398, 400 и 404 и круговым каналам 396, 402 и 406, как это описано выше.

[0098] Фиг. 19 является схематической диаграммой варианта осуществления секции 154 камеры сгорания. Как показано на Фиг.19, сжатый отработанный газ 170 во втором канале 328 поступает в первый порт 330 извлечения отработанного газа в радиальном направлении 296. Сжатый отработанный газ 170 в первом канале 326 течет через отверстия 370 во второй стенке 336, чтобы попасть во второе пространство 368. Сжатый отработанный газ 170 во втором пространстве 368 затем покидает камеру 160 сгорания через второй порт 422 извлечения отработанного газа (например, в радиальном направлении 296) и попадает в систему 80 извлечения отработанного газа. Таким образом, первый и второй порты 330 и 442 отработанного газа подсоединены к боковой стенке 321. Оставшийся сжатый отработанный газ 170 в первом пространстве 340 течет к топливному коллектору 352 и поступает в осевой завихритель 450, который вызывает вихревое движение сжатого отработанного газа 170 в круговом направлении 298 вокруг оси 374 в камере 160 сгорания. Завихренный сжатый отработанный газ 170 затем поворачивает к топливному коллектору 352 для смешивания с окислителем 68, текущим через каналы 366 окислителя для получения смеси 372 окислителя и отработанного газа. Другими словами, сжатый отработанный газ 170 поворачивает в радиальном направлении 296 для того, чтобы войти в головную камеру 331. Поскольку длина, доступная для получения смеси 372 окислителя и отработанного газа в проиллюстрированных вариантах осуществления ограничена, осевой завихритель 450 может помочь улучшить смешивание сжатого отработанного газа 170 с топливом 68.

В определенных вариантах осуществления, осевой завихритель 450 может включать в себя множество закручивающих лопаток, расположенных по кругу в первом пространстве 340 вокруг центральной линии 374.

[0099] Фиг.20 является частичным поперечным сечением торцевой пластины 344 и топливного коллектора 352, выполненным по линии 20-20 на Фиг.19. Как показано на Фиг.20, окислитель 68 течет через каналы 366 окислителя из камеры 350 окислителя в головную камеру 331. Сжатый отработанный газ 170 течет через отверстия 370 для удаления из камеры 160 сгорания через второй порты 422 извлечения отработанного газа (например, в радиальном направлении 296). В дополнение, сжатый отработанный газ 170 течет через осевой завихритель 450 для смешивания с окислителем 68 для получения смеси 372 окислителя и отработанного газа, которая затем течет к топливным форсункам 164. А именно, сжатый отработанный газ 170 движется в круговом направлении 298, как это показано стрелками 452.

[00100] Как это было описано выше, определенные варианты осуществления камеры 160 сгорания включают в себя головную часть 166 и часть 168 камеры сгорания. В дополнение, перегородка 332 может быть расположена между головной частью 166 и частью 168 камеры сгорания. Головная часть 166 может быть расположена соосно между перегородкой 332 и торцевой пластиной 344. В определенных вариантах осуществления, торцевая пластина 344 может включать в себя одну из следующих компоновок портов: порт 342 окислителя; порт 342 окислителя и порты 422 извлечения отработанного газа; порт 342 окислителя, второй порт 422 извлечения и третий порт 440 извлечения. Порт 342 окислителя может быть расположен в центральном регионе 348 или в периферийном регионе 424. Второй и третий порты 422 и 440 могут быть расположены в периферийном регионе 424. В определенных вариантах осуществления, второй порты 422 извлечения отработанного газа может быть подсоединен к третьей стенке 338 или боковой стенке 321. В определенных вариантах осуществления, отработанный газ 42 может быть извлечен в осевом направлении 294 или радиальном направлении 296, топливо может подаваться в осевом направлении 294 или в радиальном направлении 296, и окислитель 68 может подаваться в осевом направлении 294 или в радиальном направлении 296. Используя конфигурации камеры 160 сгорания, описанные выше, камера 160 сгорания может обеспечить более однородное распределение окислителя 68 и сжатого отработанного газа 170 в камере 160 сгорания. В дополнение, сжатый отработанный газ 170 может быть использован для охлаждения различных внутренних компонентов камеры 160 сгорания, увеличивая, тем самым, срок службы компонентов. Далее, раскрытые варианты осуществления могут обеспечивать лучшее смешивание окислителя 68 со сжатым отработанным газом 170.

#### Дополнительное описание

[00101] Настоящие варианты осуществления обеспечивают системы и способы для турбинных камер сгорания газотурбинных двигателей. Следует отметить, что любой один или сочетание описанных выше признаков может быть использовано в любом подходящем сочетании. Более того, сейчас рассматриваются все сочетания таких комбинаций. В качестве примера, следующие предложения предлагаются как дополнительное описание настоящего раскрытия:

[00102] Вариант осуществления 1. Система, содержащая: турбинную камеру сгорания, содержащую: головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива, и канал окислителя; часть камеры сгорания, имеющая камеру сгорания, расположенную после головной камеры; перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания; и торцевую

пластину, имеющую, по меньшей мере, один порт, подсоединенный к каналу отработанных газов или каналу окислителя, при этом головная камера расположена соосно между перегородкой и торцевой пластиной.

5 [00103] Вариант осуществления 2. Система по варианту осуществления 1, в котором, по меньшей мере, один порт расположен на осевой поверхности торцевой пластины.

[00104] Вариант осуществления 3. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое впускное отверстие окислителя канала окислителя.

10 [00105] Вариант осуществления 4. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первое впускное отверстие окислителя содержит осевой порт окислителя.

[00106] Вариант осуществления 5. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой осевой порт окислителя содержит центральный порт окислителя, подсоединенный к центральному региону торцевой пластины.

15 [00107] Вариант осуществления 6. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой осевой порт окислителя содержит периферийный порт окислителя, подсоединенный к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

20 [00108] Вариант осуществления 7. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой, по меньшей мере, один порт содержит второе впускное отверстие подсоединено к торцевой пластине, в которой первое впускное отверстие окислителя содержит центральный порт окислителя, подсоединенный к центральному региону торцевой пластины, и второе впускное отверстие окислителя содержит периферийный порт окислителя, подсоединенный к периферийному региону, 25 окружающему центральный регион торцевой пластины.

[00109] Вариант осуществления 8. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой, по меньшей мере, один порт содержит второе впускное отверстие в торцевой пластине, в которой первое впускное отверстие окислителя содержит первый периферийный порт окислителя, второе впускное отверстие окислителя содержит второй периферийный порт окислителя, и первый и второй периферийные порты окислителя подсоединены к периферийному региону, 30 окружающему центральный регион торцевой пластины.

[00110] Вариант осуществления 9. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, содержащая первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, подсоединенное к головной части. 35

[00111] Вариант осуществления 10. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое выпускное отверстие отработанного газа, и первое выпускное отверстие отработанного газа содержит осевой порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к торцевой 40 пластине.

[00112] Вариант осуществления 11. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой осевой порт извлечения отработанного газа содержит центральный порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к центральному региону торцевой пластины.

45 [00113] Вариант осуществления 12. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой осевой порт извлечения отработанного газа содержит периферийный порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

[00114] Вариант осуществления 13. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое выпускное отверстие отработанного газа и второе выпускное отверстие отработанного газа, каждое из которых подсоединено торцевой пластине, при этом первое выпускное отверстие отработанного газа содержит первый периферийный порт извлечения отработанного газа, второе выпускное отверстие отработанного газа содержит второй периферийный порт извлечения отработанного газа, и первый и второй периферийные порты извлечения отработанного газа подсоединены к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

[00115] Вариант осуществления 14. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первое выпускное отверстие отработанного газа содержит радиальный порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к боковой стенке головной части.

[00116] Вариант осуществления 15. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое выпускное отверстие окислителя канала окислителя, и первое выпускное отверстие окислителя содержит осевой порт окислителя.

[00117] Вариант осуществления 16. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое выпускное отверстие окислителя канала окислителя, и первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, первое выпускное отверстие окислителя содержит осевой порт окислителя, подсоединенный к торцевой пластине, и первое выпускное отверстие отработанного газа содержит осевой порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к торцевой пластине.

[00118] Вариант осуществления 17. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой головная часть содержит топливный коллектор, имеющий первое радиальное выпускное отверстие топлива, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива.

[00119] Вариант осуществления 18. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой топливный коллектор расположен между, по меньшей мере, одним портом и перегородкой.

[00120] Вариант осуществления 19. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой топливный коллектор содержит пластину распределения топлива, расположенную между торцевой пластиной и, по меньшей мере, одной топливной форсункой в головной камере.

[00121] Вариант осуществления 20. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[00122] Вариант осуществления 21. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой топливный коллектор содержит второе радиальное выпускное отверстие топлива, подсоединенное ко второму каналу топлива, независимого от первого канала топлива.

[00123] Вариант осуществления 22. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора, и второй канал топлива содержит второй радиальный канал и второй круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[00124] Вариант осуществления 23. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой топливный коллектор содержит третье радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к третьему каналу, при этом первый, второй и третий каналы топлива являются независимыми друг от друга.

5 [00125] Вариант осуществления 24. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора, и второй канал топлива содержит второй радиальный канал и второй круговой канала, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора,  
10 и третий канал топлива содержит третий радиальный канал и третий круговой канала, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[00126] Вариант осуществления 25. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, содержащая газотурбинный двигатель, имеющий турбинную камеру сгорания, турбину, приводимую в действие продуктами сгорания из турбинной  
15 камеры сгорания, и компрессор отработанного газа, приводимый в действие турбиной, при этом компрессор отработанного газа выполнен с возможностью направлять отработанный газ в турбинную камеру сгорания, при этом канал отработанного газа выполнен с возможностью направлять отработанный газ в головную часть.

[00127] Вариант осуществления 26. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, содержащая систему извлечения отработанного газа, подсоединенную к газотурбинному двигателю, и систему добычи углеводорода, подсоединенную к системе извлечения отработанного газа.  
20

[00128] Вариант осуществления 27. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой газотурбинный двигатель является газотурбинным  
25 двигателем со стехиометрической рециркуляцией отработанных газов (СРОГ).

[00129] Вариант осуществления 28. Система, содержащая: турбинную камеру сгорания, содержащую: головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива, и канал окислителя; часть  
30 камеры сгорания, имеющая камеру сгорания, расположенную после головной камеры; перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания; и торцевую пластину, имеющую первое впускное отверстие окислителя канала окислителя, при этом головная камера расположена соосно между перегородкой и торцевой пластиной.

[00130] Вариант осуществления 29. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первое впускное отверстие окислителя расположено  
35 на поверхности торцевой пластины, обращенной от головной камеры, при этом торцевая пластина имеет первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, расположенного на поверхности.

[00131] Вариант осуществления 30. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первое впускное отверстие окислителя расположено  
40 на поверхности торцевой пластины, обращенной от головной камеры, и боковая стенка головной части содержит первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа.

[00132] Вариант осуществления 31. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой головная часть содержит топливный коллектор, имеющий первое радиальное впускное отверстие, подсоединенное к первому каналу  
45 топлива канала топлива, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[00133] Вариант осуществления 32. Система, содержащая: турбинную камеру сгорания, содержащую: головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива, и канал окислителя; часть камеры сгорания, имеющая камеру сгорания, расположенную после головной камеры; 5 перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания; и торцевую пластину, имеющую первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, при этом головная камера расположена между перегородкой и торцевой пластиной.

[00134] Вариант осуществления 33. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой первое выпускное отверстие отработанного газа 10 расположено на поверхности торцевой пластины, обращенной от головной камеры.

[00135] Вариант осуществления 34. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой головная часть содержит первое выпускное отверстие окислителя канала окислителя.

[00136] Вариант осуществления 35. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой головная часть содержит топливный коллектор, 15 имеющий первое радиальное впускное отверстие, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного 20 коллектора.

[00137] Вариант осуществления 36. Система, содержащая: турбинную камеру сгорания, содержащую: головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива, и канал окислителя; часть 25 камеры сгорания, имеющая камеру сгорания, расположенную после головной камеры; перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания; торцевую пластину, при этом головная камера расположена соосно между перегородкой и торцевой пластиной; и топливный коллектор, расположенный между перегородкой и торцевой пластиной, при этом топливный коллектор содержит первое радиальное 30 впускное отверстие топлива, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[00138] Вариант осуществления 37. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой канал окислителя проходит через топливный коллектор независимо от канала топлива.

[00139] Вариант осуществления 38. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой канал отработанного газа проходит через топливный коллектор независимо от канала топлива.

[00140] Вариант осуществления 39. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой торцевая пластина имеет, по меньшей мере, один 40 порт, подсоединенный к каналу отработанного газа или каналу окислителя.

[00141] Вариант осуществления 40. Система, содержащая: топливный коллектор турбинной камеры сгорания, выполненный с возможностью монтажа в головной части турбинной камеры сгорания, при этом топливный коллектор турбинной камеры сгорания содержит первое радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к 45 первому каналу топлива, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[00142] Вариант осуществления 41. Система, определенная в любом предшествующем

варианте осуществления, содержащая канал окислителя, проходящий через топливный коллектор турбинной камеры сгорания.

5 [00143] Вариант осуществления 42. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, содержащая канал отработанного газа, проходящий через топливный коллектор турбинной камеры сгорания.

10 [00144] Вариант осуществления 43. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой топливный коллектор турбинной камеры сгорания содержит второе радиальное впускное отверстие, подсоединенное ко второму каналу топлива независимо от первого канала топлива, где второй канал топлива содержит второй радиальный канал и второй круговой канала, расположенный вокруг

15 [00145] Вариант осуществления 44. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, в которой топливный коллектор турбинной камеры сгорания содержит третье радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к третьему канала, при этом первый, второй и третий каналы топлива являются независимыми друг от друга, при этом третий канал топлива содержит третий радиальный канал и третий круговой канала, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора турбинной камеры сгорания.

20 [00146] Вариант осуществления 45. Система, содержащая: торцевую пластину камеры сгорания газотурбинного двигателя со стехиометрической рециркуляцией отработанных газов (СРОГ), при этом торцевая пластина содержит, по меньшей мере, одно осевое впускное отверстие окислителя или осевое выпускное отверстие отработанного газа.

25 [00147] Вариант осуществления 46. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, содержащая осевое впускное отверстие окислителя, выполненное с возможностью принимать окислитель в камеру сгорания.

[00148] Вариант осуществления 47. Система, определенная в любом предшествующем варианте осуществления, содержащая осевое выпускное отверстие отработанного газа, выполненное с возможностью выводить отработанный газ.

30 [00149] Вариант осуществления 48. Способ, содержащий: направление топлива через головную часть турбинной камеры сгорания; направление окислителя через головную часть турбинной камеры сгорания; направление отработанного газа через головную часть турбинной камеры сгорания; сжигание смеси топлива, окислителя и отработанного газа в части камеры сгорания в турбинной камере сгорания; при этом, по меньшей мере, один из топлива или отработанного газа проходит через торцевую пластину

35 [00150] Вариант осуществления 49. Способ или система, определенные в любом предшествующем варианте осуществления, в которых направление топлива включает в себя прием топлива через первое радиальное отверстие топлива в первый канал топлива в топливном коллекторе, распложенном внутри головной части, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

[00151] Вариант осуществления 50. Способ или система, определенные в любом предшествующем варианте осуществления, в которых направление окислителя содержит прием окислителя через торцевую пластину в головную часть.

45 [00152] Вариант осуществления 51. Способ или система, определенные в любом предшествующем варианте осуществления, в которых направление отработанного газа содержит извлечение отработанного газа через торцевую пластину из головной части.

[00153] Вариант осуществления 52. Способ или система, определенные в любом предшествующем варианте осуществления, содержащие: первую стенку, расположенную вокруг головной камеры; вторую стенку, расположенную вокруг первой стенки для создания первого пространства; и третью стенку, расположенную вокруг второй стенки для создания второго пространства, при этом второе пространство выполнено с возможностью направлять окислитель в первое пространство.

[00154] Вариант осуществления 52. Способ или система, определенные в любом предшествующем варианте осуществления, содержащие: первую стенку, расположенную вокруг головной камеры; вторую стенку, расположенную вокруг первой стенки для создания первого пространства; третью стенку, расположенную вокруг второй стенки для создания второго пространства, при этом вторая стенка выполнена с возможностью направлять отработанный газ; и осевой завихритель, расположенный во втором пространстве, при этом осевой завихритель выполнен с возможностью передавать вращательное движение отработанному газу.

[00155] Вариант осуществления 53. Способ или система, определенные в любом предшествующем варианте осуществления, в которых турбинная камера сгорания выполнена с возможностью сжигать смесь топлива и окислителя с соотношением компонентов от приблизительно 0.95 до приблизительно 1.05.

[00156] Это написанное описание использует примеры для раскрытия изобретения, включающие в себя лучший вариант, и также позволяет любому специалисту в данной области техники осуществлять применение изобретения, включающее в себя создание и использование любых устройств или систем, и выполнение любых предусмотренных способов. Патентуемый объем изобретения определяется формулой изобретения, и может включать в себя другие примеры, которые будут понятны специалистам в данной области техники. Такие другие примеры предназначены быть в объеме формулы изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквального языка формулы изобретения, или если они включают в себя эквивалентные структурные элементы с незначительными отличиями от буквального языка формулы изобретения.

#### (57) Формула изобретения

1. Система для сжигания топлива, содержащая:

турбинную камеру сгорания, содержащую:

головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива и канал окислителя;

часть камеры сгорания, имеющую камеру сгорания, расположенную ниже по потоку от головной камеры;

перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания, причем топливо из канала топлива и окислитель из канала окислителя предназначены для сгорания внутри камеры сгорания, расположенной ниже по потоку от перегородки; и

торцевую пластину, имеющую, по меньшей мере, один порт, подсоединенный к каналу отработанных газов или каналу окислителя, при этом головная камера расположена соосно между перегородкой и торцевой пластиной.

2. Система по п. 1, в котором, по меньшей мере, один порт расположен на осевой поверхности торцевой пластины.

3. Система по п. 1, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое впускное отверстие окислителя канала окислителя.

4. Система по п. 3, в которой первое впускное отверстие окислителя содержит осевой



порт окислителя.

5. Система по п. 4, в которой осевой порт окислителя содержит центральный порт окислителя, подсоединенный к центральному региону торцевой пластины.

6. Система по п. 4, в которой осевой порт окислителя содержит периферийный порт окислителя, подсоединенный к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

7. Система по п. 3, в которой, по меньшей мере, один порт содержит второе впускное отверстие, подсоединенное к торцевой пластине, причем первое впускное отверстие окислителя содержит центральный порт окислителя, подсоединенный к центральному региону торцевой пластины, и второе впускное отверстие окислителя содержит периферийный порт окислителя, подсоединенный к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

8. Система по п. 3, в которой, по меньшей мере, один порт содержит второе впускное отверстие в торцевой пластине, причем первое впускное отверстие окислителя содержит первый периферийный порт окислителя, второе впускное отверстие окислителя содержит второй периферийный порт окислителя и первый и второй периферийные порты окислителя подсоединены к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

9. Система по п. 1, содержащая первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, подсоединенное к головной части.

10. Система по п. 9, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое выпускное отверстие отработанного газа и первое выпускное отверстие отработанного газа содержит осевой порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к торцевой пластине.

11. Система по п. 10, в которой осевой порт извлечения отработанного газа содержит центральный порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к центральному региону торцевой пластины.

12. Система по п. 10, в которой осевой порт извлечения отработанного газа содержит периферийный порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

13. Система по п. 9, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое выпускное отверстие отработанного газа и второе выпускное отверстие отработанного газа, каждое из которых подсоединено к торцевой пластине, при этом первое выпускное отверстие отработанного газа содержит первый периферийный порт извлечения отработанного газа, второе выпускное отверстие отработанного газа содержит второй периферийный порт извлечения отработанного газа и первый и второй периферийные порты извлечения отработанного газа подсоединены к периферийному региону, окружающему центральный регион торцевой пластины.

14. Система по п. 9, в которой первое выпускное отверстие отработанного газа содержит радиальный порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к боковой стенке головной части.

15. Система по п. 14, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое впускное отверстие окислителя канала окислителя и первое впускное отверстие окислителя содержит осевой порт окислителя.

16. Система по п. 1, в которой, по меньшей мере, один порт содержит первое впускное отверстие окислителя канала окислителя и первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, первое впускное отверстие окислителя содержит осевой порт окислителя, подсоединенный к торцевой пластине, и первое выпускное отверстие

отработанного газа содержит осевой порт извлечения отработанного газа, подсоединенный к торцевой пластине.

17. Система по п. 1, в которой головная часть содержит топливный коллектор, имеющий первое радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива.

18. Система по п. 17, в которой топливный коллектор расположен между, по меньшей мере, одним портом и перегородкой.

19. Система по п. 18, в которой топливный коллектор содержит пластину распределения топлива, расположенную между торцевой пластиной и, по меньшей мере, одной топливной форсункой в головной камере.

20. Система по п. 17, в которой первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

21. Система по п. 17, в которой топливный коллектор содержит второе радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное ко второму каналу топлива, независимому от первого канала топлива.

22. Система по п. 21, в которой первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора, и второй канал топлива содержит второй радиальный канал и второй круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

23. Система по п. 21, в которой топливный коллектор содержит третье радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к третьему каналу, при этом первый, второй и третий каналы топлива являются независимыми друг от друга.

24. Система по п. 23, в которой первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора, причем второй канал топлива содержит второй радиальный канал и второй круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора, и третий канал топлива содержит третий радиальный канал и третий круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

25. Система по п. 1, содержащая газотурбинный двигатель, имеющий турбинную камеру сгорания, турбину, приводимую в действие продуктами сгорания из турбинной камеры сгорания, и компрессор отработанного газа, приводимый в действие турбиной, при этом компрессор отработанного газа выполнен с возможностью направлять отработанный газ в турбинную камеру сгорания, при этом канал отработанного газа выполнен с возможностью направлять отработанный газ в головную часть.

26. Система по п. 25, содержащая систему извлечения отработанного газа, подсоединенную к газотурбинному двигателю, и систему добычи углеводорода, подсоединенную к системе извлечения отработанного газа.

27. Система по п. 25, в которой газотурбинный двигатель является газотурбинным двигателем со стехиометрической рециркуляцией отработанных газов (СРОГ).

28. Система для сжигания топлива, содержащая:  
турбинную камеру сгорания, содержащую:

головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива и канал окислителя;

часть камеры сгорания, имеющую камеру сгорания, расположенную после головной камеры;

перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания, причем топливо из канала топлива и окислитель из канала окислителя предназначены для

сгорания внутри камеры сгорания, расположенной ниже по потоку от перегородки; и торцевую пластину, имеющую первое впускное отверстие окислителя канала окислителя, при этом головная камера расположена соосно между перегородкой и торцевой пластиной.

5 29. Система по п. 28, в которой первое впускное отверстие окислителя расположено на поверхности торцевой пластины, обращенной от головной камеры, при этом торцевая пластина имеет первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, расположенного на поверхности.

10 30. Система по п. 28, в которой первое впускное отверстие окислителя расположено на поверхности торцевой пластины, обращенной от головной камеры, и боковая стенка головной части содержит первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа.

15 31. Система по п. 28, в которой головная часть содержит топливный коллектор, имеющий первое радиальное впускное отверстие, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

32. Система для сжигания топлива, содержащая:  
турбинную камеру сгорания, содержащую:

20 головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива и канал окислителя;

часть камеры сгорания, имеющую камеру сгорания, расположенную после головной камеры;

25 перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания, причем топливо из канала топлива и окислитель из канала окислителя предназначены для сгорания внутри камеры сгорания, расположенной ниже по потоку от перегородки; и торцевую пластину, имеющую первое выпускное отверстие отработанного газа канала отработанного газа, при этом головная камера расположена между перегородкой и торцевой пластиной.

30 33. Система по п. 32, в которой первое выпускное отверстие отработанного газа расположено на поверхности торцевой пластины, обращенной от головной камеры.

34. Система по п. 33, в которой головная часть содержит первое впускное отверстие окислителя канала окислителя.

35 35. Система по п. 32, в которой головная часть содержит топливный коллектор, имеющий первое радиальное впускное отверстие, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

36. Система для сжигания топлива, содержащая:

40 турбинную камеру сгорания, содержащую:

головную часть, имеющую головную камеру, при этом головная часть содержит канал отработанного газа, канал топлива и канал окислителя;

часть камеры сгорания, имеющую камеру сгорания, расположенную после головной камеры;

45 перегородку, расположенную между головной камерой и камерой сгорания; и торцевую пластину, при этом головная камера расположена соосно между перегородкой и торцевой пластиной; и

топливный коллектор, расположенный между перегородкой и торцевой пластиной,

при этом топливный коллектор содержит первое радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к первому каналу топлива канала топлива, и первый канал топлива содержит первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

5 37. Система по п. 36, в которой канал окислителя проходит через топливный коллектор независимо от канала топлива.

38. Система по п. 36, в которой канал отработанного газа проходит через топливный коллектор независимо от канала топлива.

10 39. Система по п. 36, в которой торцевая пластина имеет, по меньшей мере, один порт, подсоединенный к каналу отработанного газа или каналу окислителя.

40. Система для сжигания топлива, содержащая:

топливный коллектор турбинной камеры сгорания, выполненный с возможностью  
монтажа в головной части турбинной камеры сгорания, при этом топливный  
коллектор турбинной камеры сгорания содержит первое радиальное впускное отверстие  
15 топлива, подсоединенное к первому каналу топлива, и первый канал топлива содержит  
первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг  
центральной линии топливного коллектора, и

множество каналов отработанного газа, проходящих через центральную линию  
топливного коллектора, причем каждый канал отработанного газа из множество  
20 каналов отработанного газа предназначен для направления отработанного газа в  
направлении выше по потоку к торцевой пластине турбинной камеры сгорания.

41. Система по п. 40, содержащая канал окислителя, проходящий через топливный коллектор турбинной камеры сгорания.

25 42. Система по п. 40, в которой топливный коллектор турбинной камеры сгорания  
содержит второе радиальное впускное отверстие, подсоединенное ко второму каналу  
топлива независимо от первого канала топлива, где второй канал топлива содержит  
второй радиальный канал и второй круговой канал, расположенный вокруг центральной  
линии топливного коллектора турбинной камеры сгорания.

30 43. Система по п. 42, в которой топливный коллектор турбинной камеры сгорания  
содержит третье радиальное впускное отверстие топлива, подсоединенное к третьему  
каналу, при этом первый, второй и третий каналы топлива являются независимыми  
друг от друга, при этом третий канал топлива содержит третий радиальный канал и  
третий круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного  
коллектора турбинной камеры сгорания.

35 44. Система для сжигания топлива, содержащая:  
торцевую пластину камеры сгорания газотурбинного двигателя со стехиометрической  
рециркуляцией отработанных газов (СРОГ), при этом торцевая пластина содержит  
одно осевое впускное отверстие окислителя и осевое выпускное отверстие отработанного  
газа.

40 45. Способ сжигания топлива, содержащий этапы, на которых:

направляют топливо через головную часть турбинной камеры сгорания, причем  
турбинная камера сгорания содержит перегородку, расположенную между головной  
камерой и камерой сгорания,

направляют окислитель через головную часть турбинной камеры сгорания;  
45 направляют отработанный газ через головную часть турбинной камеры сгорания;  
сжигают смесь топлива, окислителя и отработанного газа в части камеры сгорания  
в турбинной камере сгорания, расположенной ниже по потоку от перегородки;  
при этом, по меньшей мере, один из топлива или отработанного газа проходит через

торцевую пластину головной части турбинной камеры сгорания.

46. Способ по п. 45, в котором направление топлива включает в себя прием топлива через первое радиальное отверстие топлива в первый канал топлива в топливном коллекторе, расположенном внутри головной части, и первый канал топлива содержит 5 первый радиальный канал и первый круговой канал, расположенный вокруг центральной линии топливного коллектора.

47. Способ по п. 45, в котором направление окислителя содержит прием окислителя через торцевую пластину в головную часть.

48. Способ по п. 45, в котором направление отработанного газа содержит извлечение 10 отработанного газа через торцевую пластину из головной части.

49. Система по п. 1, содержащая:

первую стенку, расположенную вокруг головной камеры;

вторую стенку, расположенную вокруг первой стенки для создания первого пространства;

15 и третью стенку, расположенную вокруг второй стенки для создания второго пространства, при этом второе пространство выполнено с возможностью направлять окислитель в первое пространство.

50. Система по п. 1, содержащая:

первую стенку, расположенную вокруг головной камеры;

20 вторую стенку, расположенную вокруг первой стенки для создания первого пространства;

третью стенку, расположенную вокруг второй стенки для создания второго пространства, при этом вторая стенка выполнена с возможностью направлять отработанный газ;

25 и осевой завихритель, расположенный во втором пространстве, при этом осевой завихритель выполнен с возможностью передавать вращательное движение отработанному газу.

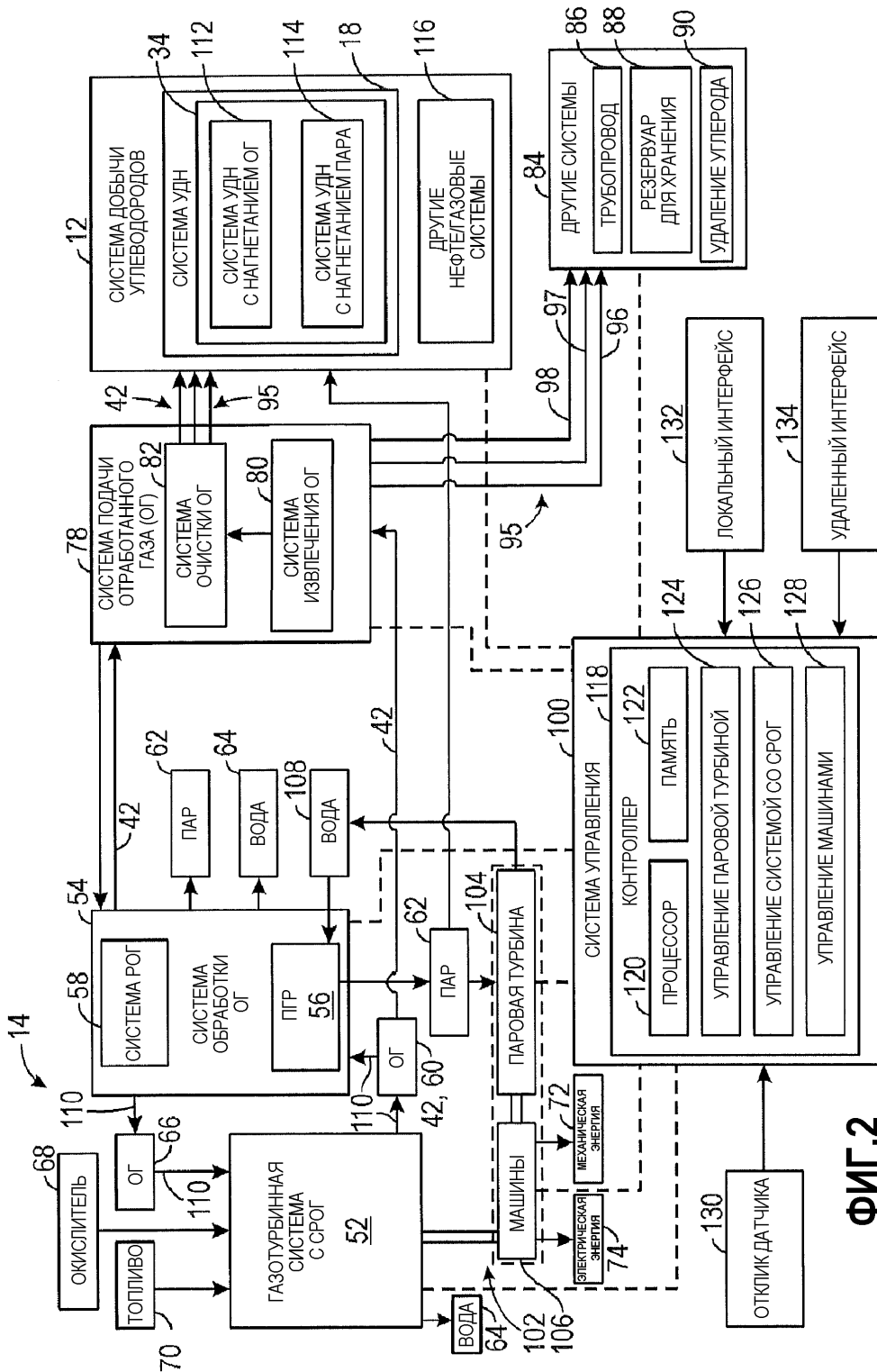
30

35

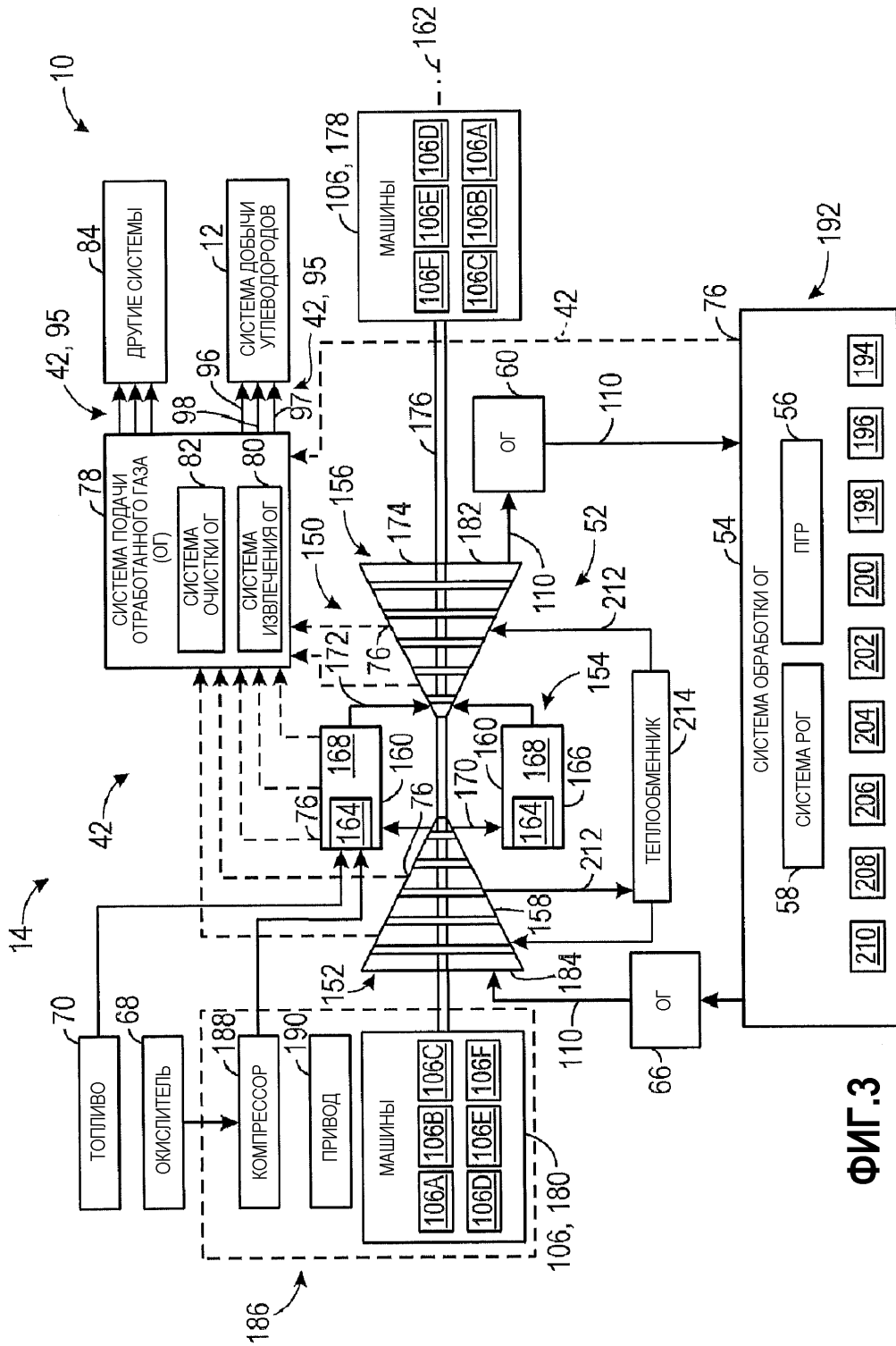
40

45





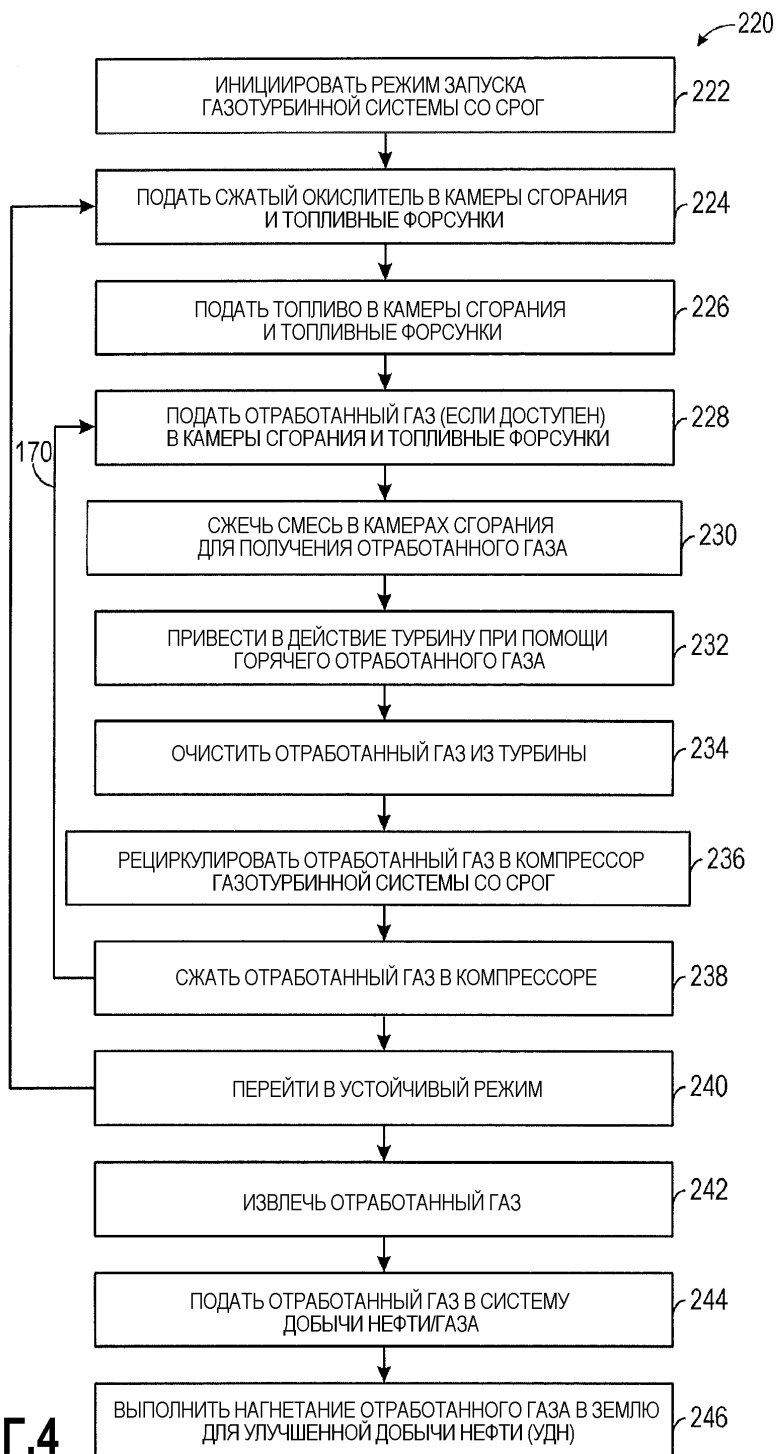
ФИГ. 2



ФИГ.3

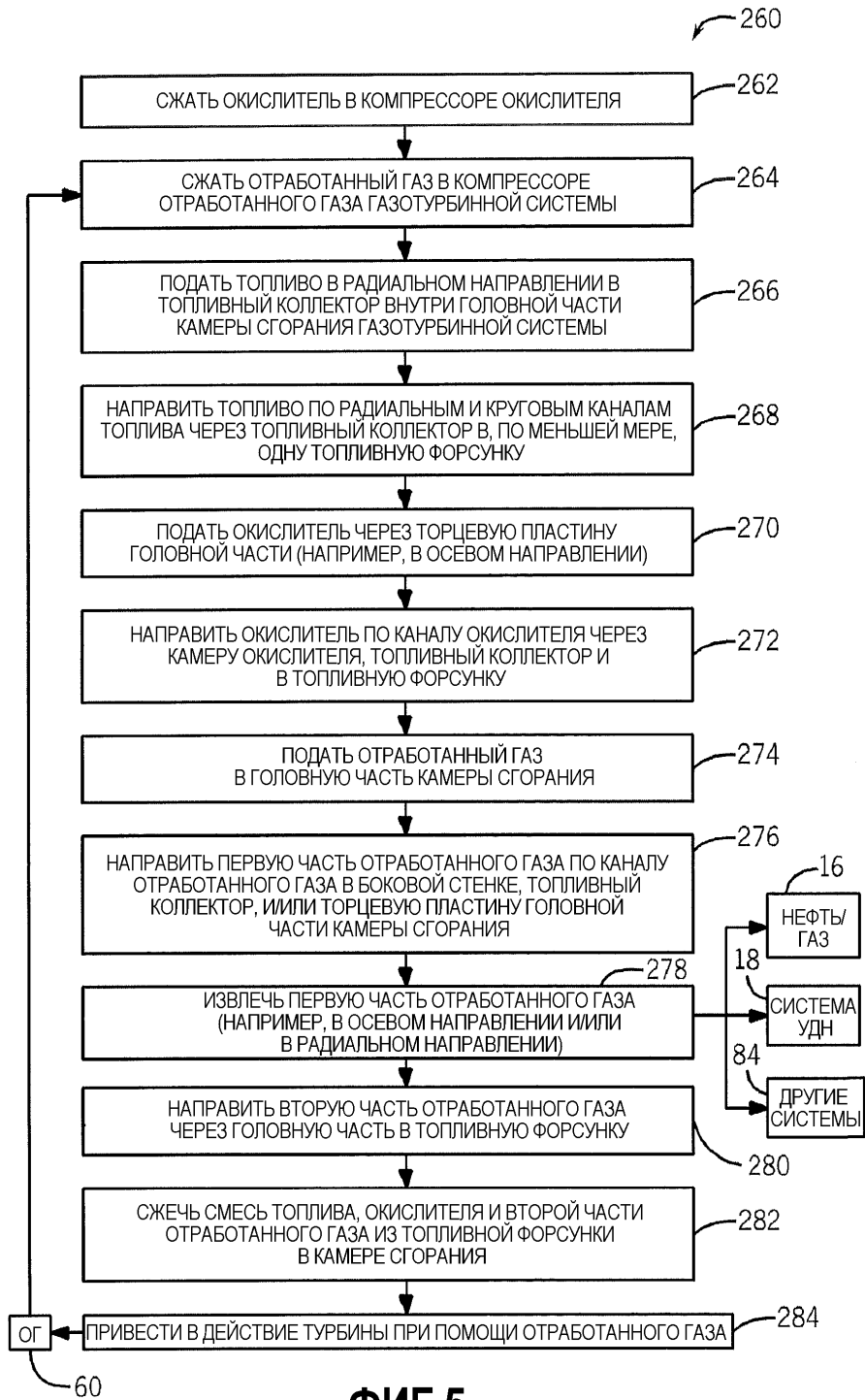


4/12



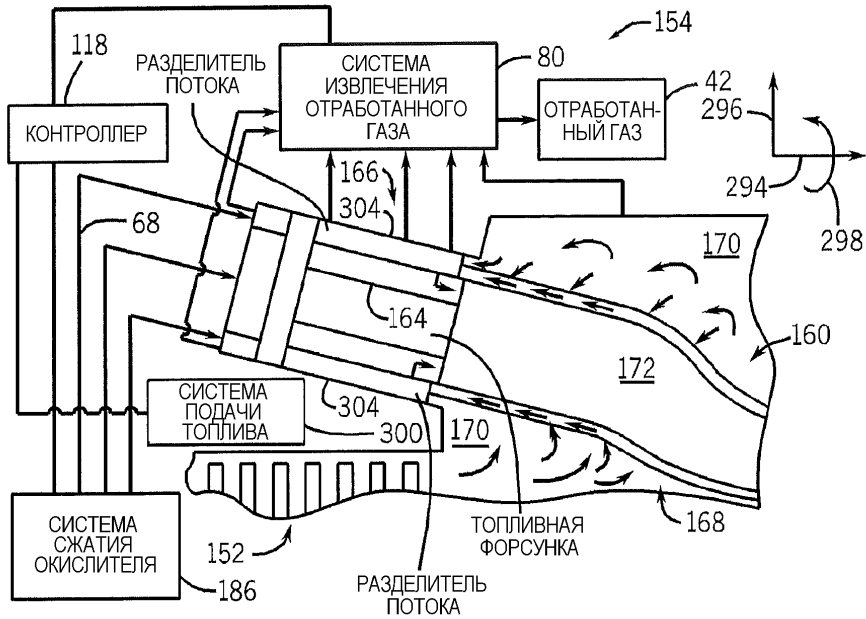
ФИГ.4

5/12

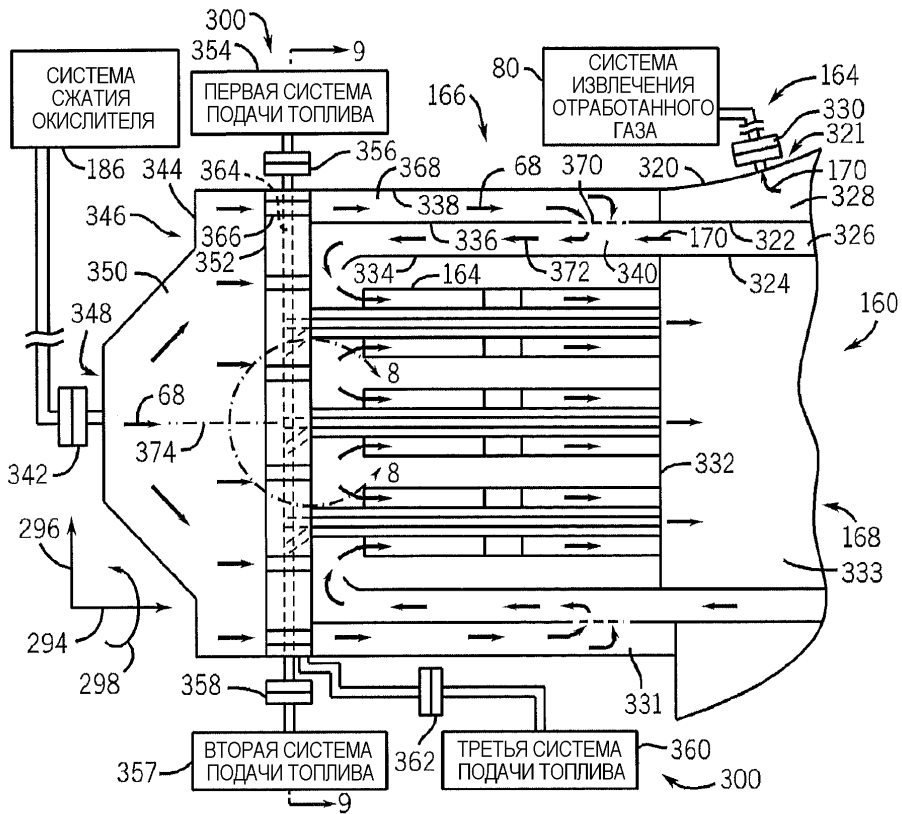


ФИГ.5

6/12

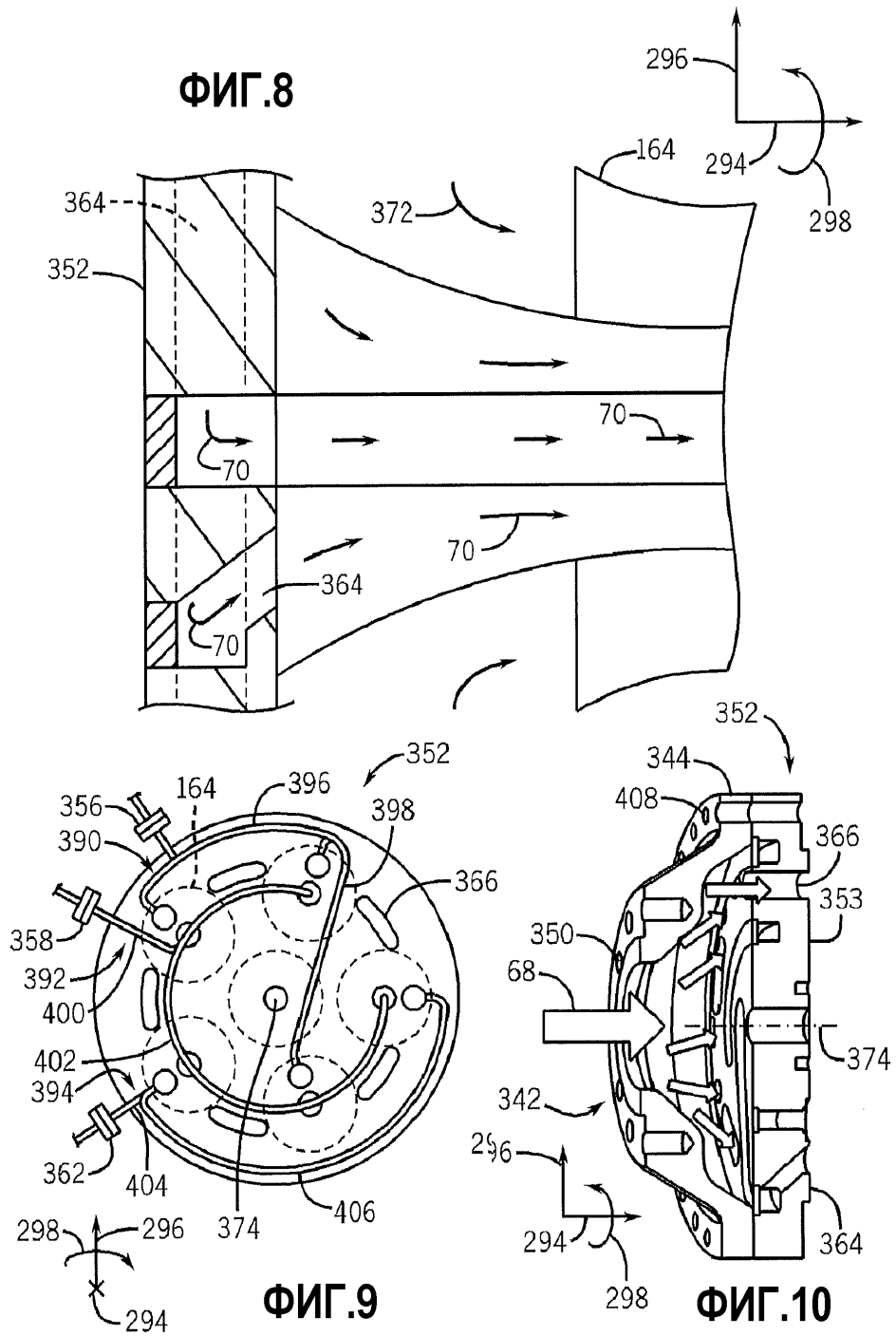


ФИГ.6

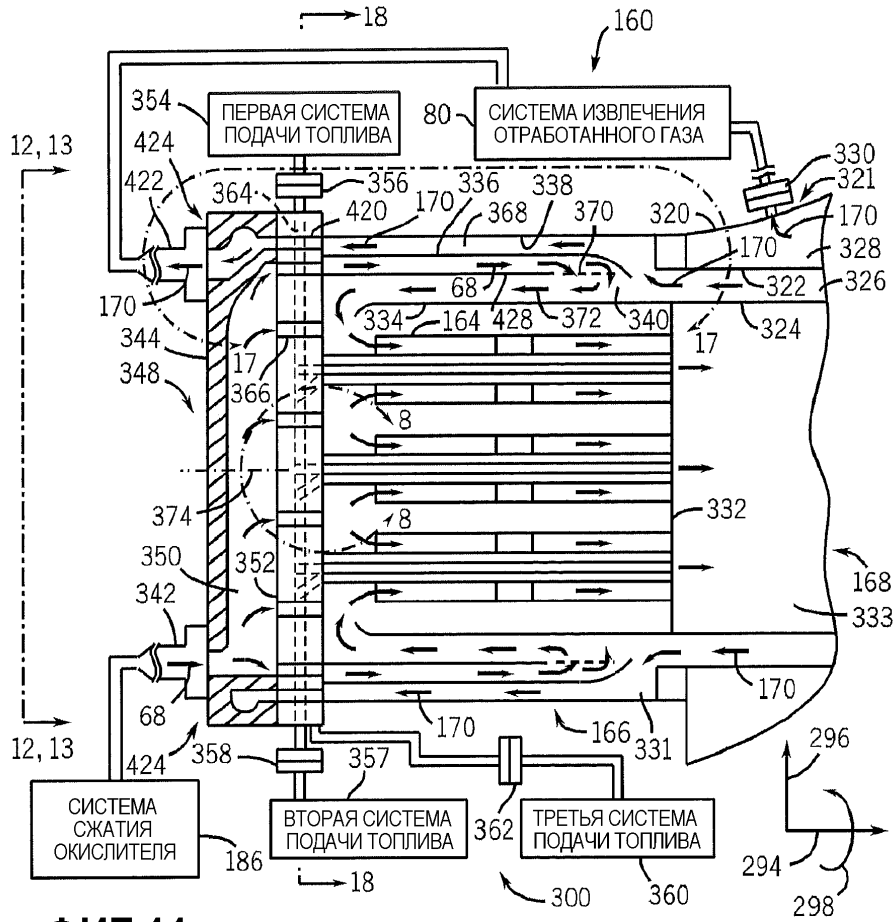


ФИГ.7

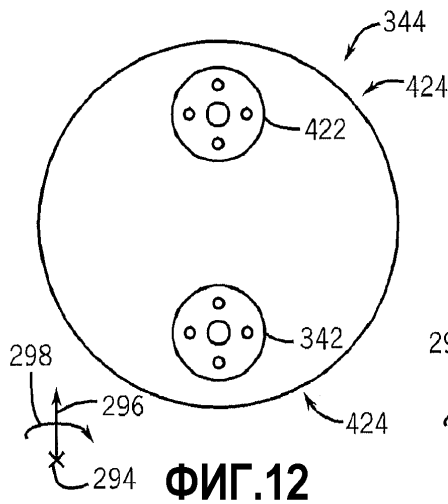
7/12



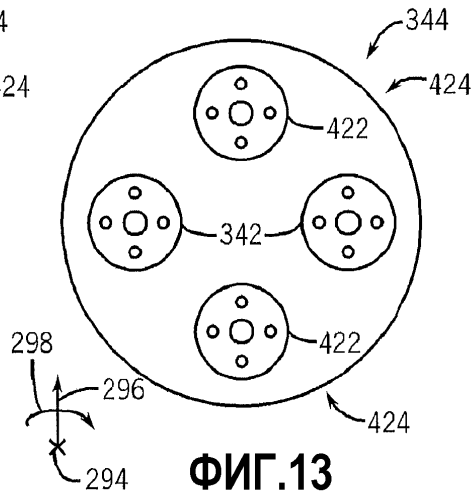
8/12



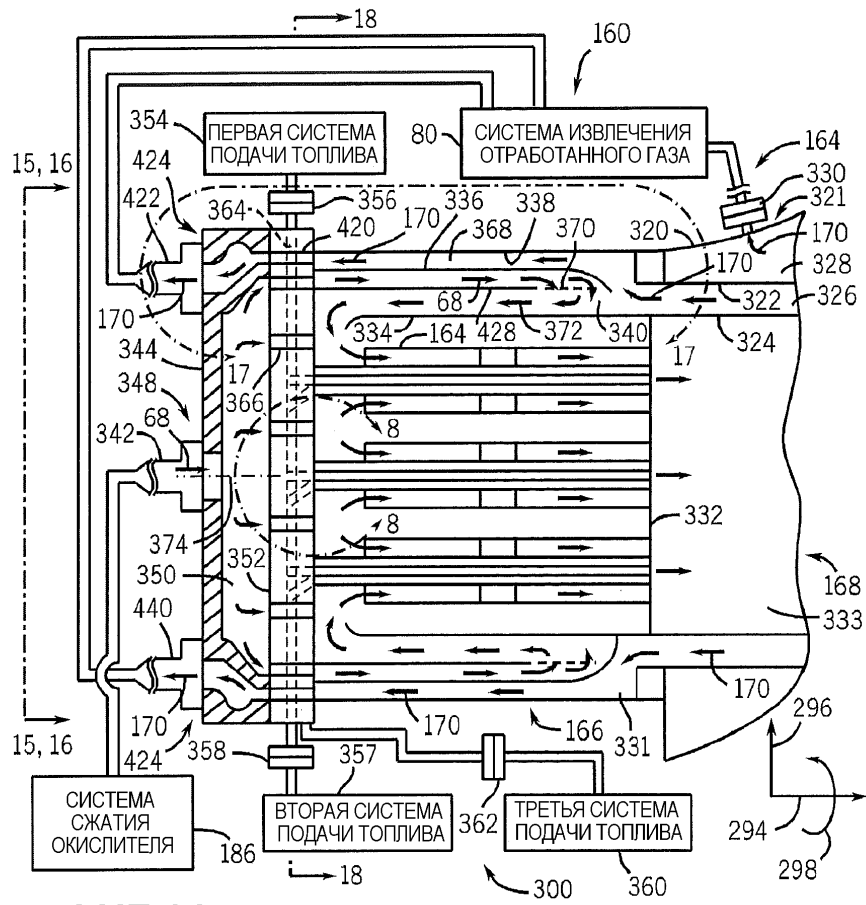
ФИГ.11



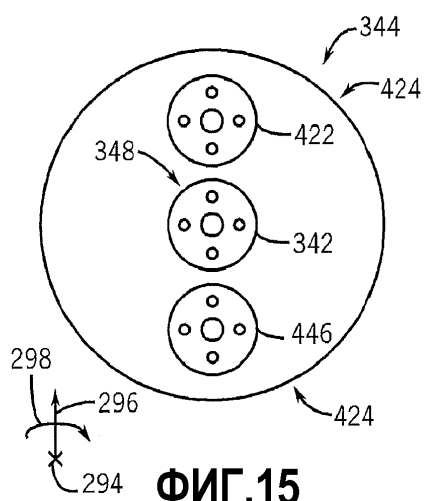
ФИГ.12



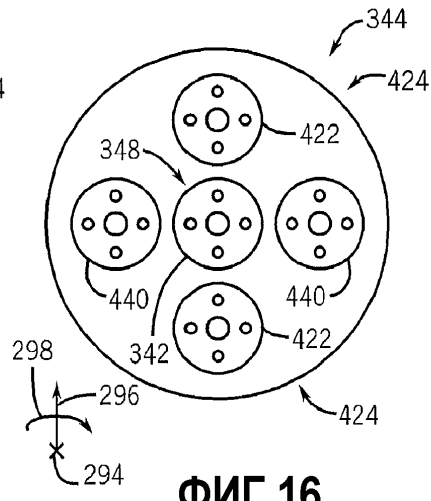
ФИГ.13



**ФИГ.14**

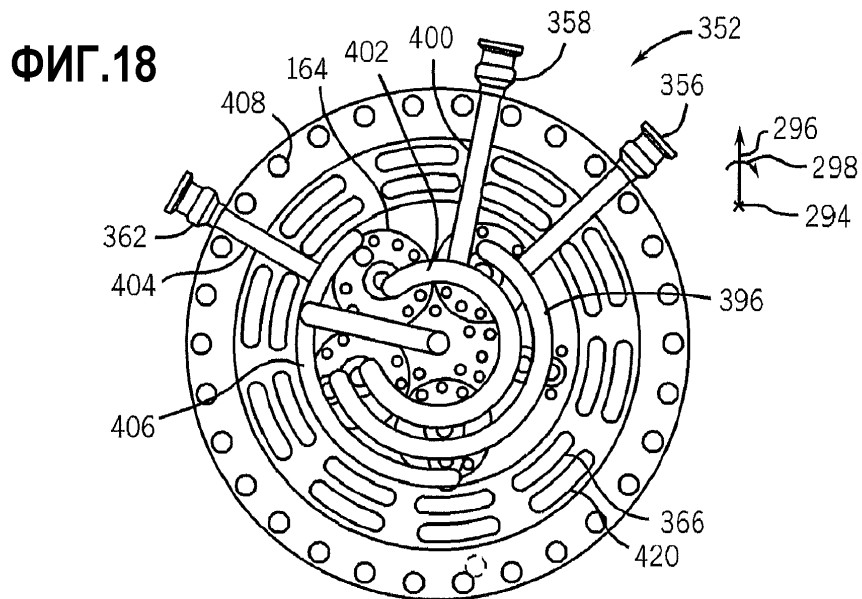
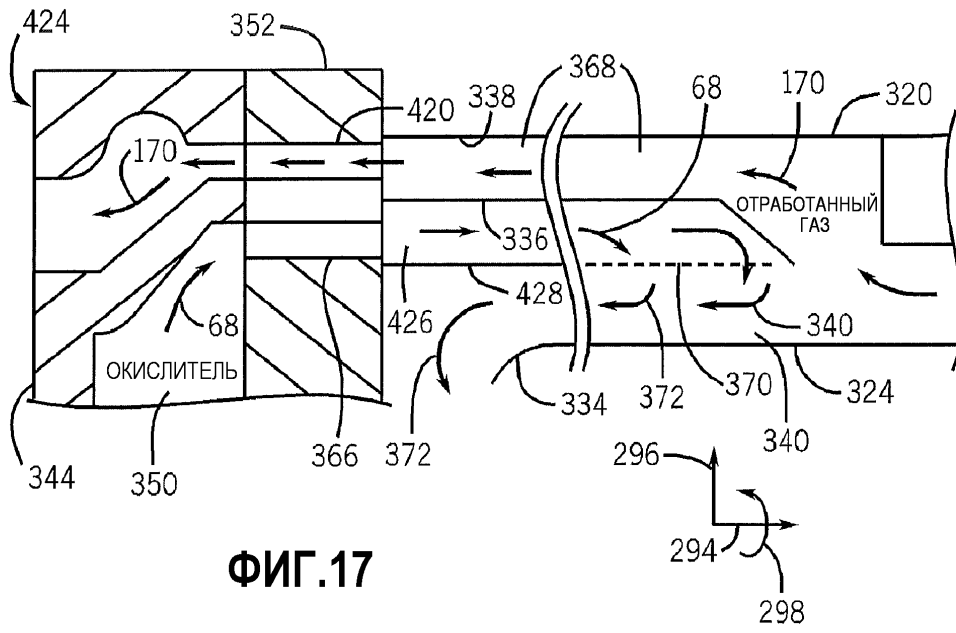


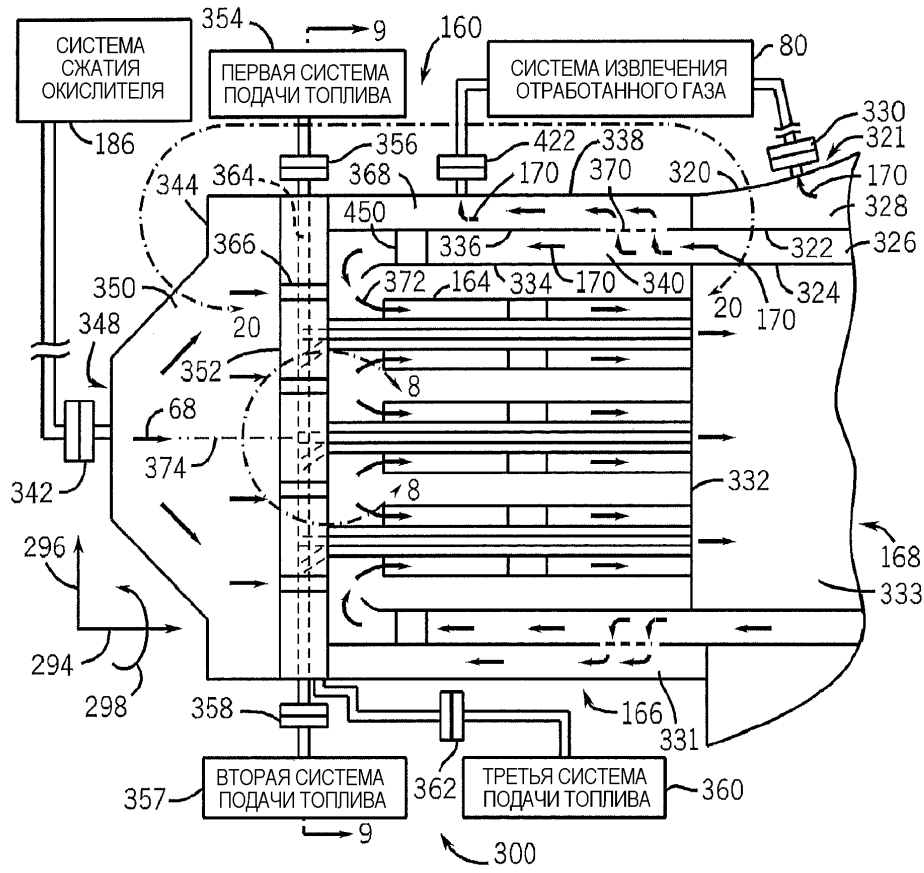
**ФИГ.15**



**ФИГ.16**

10/12

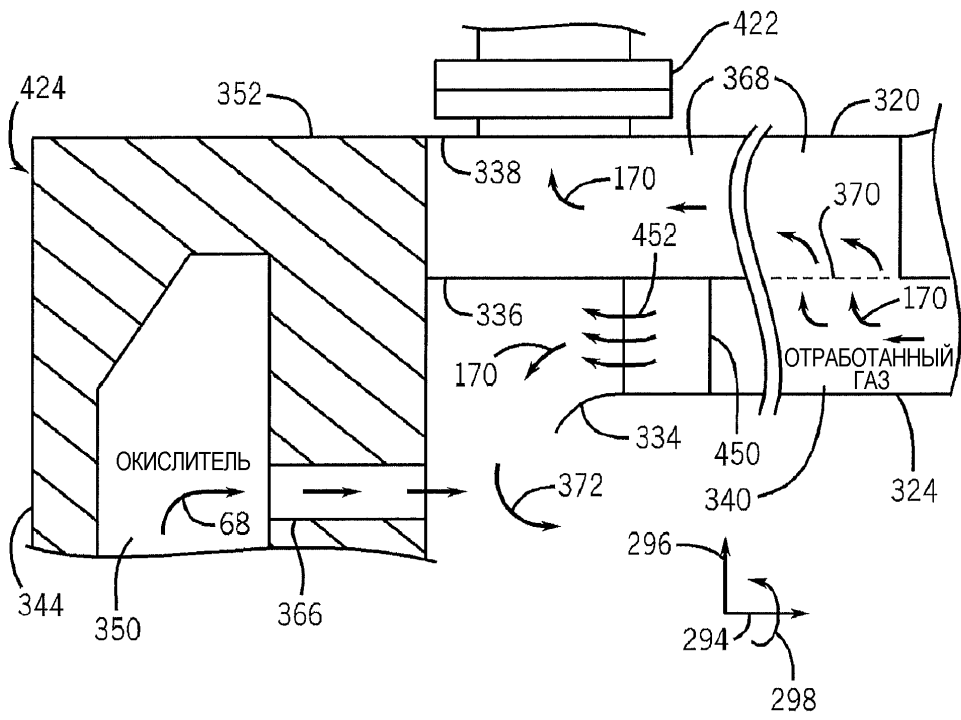




ФИГ.19



12/12



ФИГ.20