

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009132684/06, 01.09.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.09.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.09.2009

(43) Дата публикации заявки: 10.03.2011 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 27.02.2014 Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2219439 C1, 20.12.2003. SU 1703921 A1,
17.01.1992. SU 930364 A1, 23.05.1982. RU
2175422 C1, 27.10.2001. US 6640544 B2,
04.03.2003. US 6758199 B2, 06.04.2004.

Адрес для переписки:

191036, Санкт-Петербург, а/я 24,
"НЕВИНПАТ", пат.пов. А.В.Поликарпову

(72) Автор(ы):

Слободянский Илья Александрович (RU),
Третьяков Дмитрий Владленович (RU),
ЛИПИНСКИ Джон (US),
СРИНИВАСАН Шива (US)

(73) Патентообладатель(и):

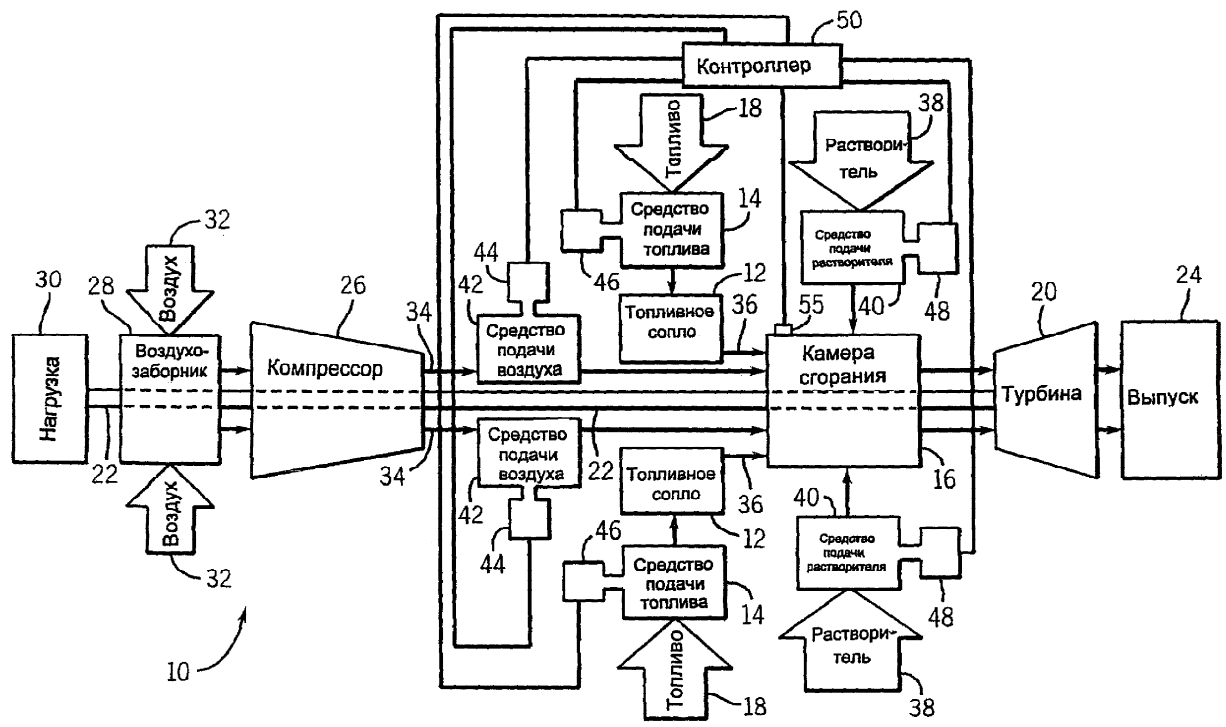
Дженерал Электрик Компани (US)

(54) СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ВВОДА ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ
ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

(57) Реферат:

Установка содержит газотурбинный двигатель, имеющий компрессор, турбину, камеру сгорания, расположенную за компрессором перед турбиной, систему ввода текучей среды, резонатор с изменяемой геометрией и контроллер, выполненный с возможностью настройки указанного резонатора в соответствии с сигналом обратной связи. Система ввода текучей среды

выполнена с возможностью ввода одной или более текучих сред в камеру сгорания. Резонатор с изменяемой геометрией присоединен к системе ввода текучей среды и содержит резонатор Гельмгольца. Изобретение направлено на уменьшение создаваемых камерой сгорания колебаний путем флуктуации давления внутри средств подачи текучей среды. 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 8 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009132684/06, 01.09.2009**

(24) Effective date for property rights:
01.09.2009

Priority:

(22) Date of filing: 01.09.2009

(43) Application published: **10.03.2011** Bull. 7

(45) Date of publication: 27.02.2014 Bull. 6

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT",
pat.pov. A.V.Polikarpovu

(72) Inventor(s):

Slobodjanskij Il'ja Aleksandrovich (RU),
Tret'jakov Dmitrij Vladlenovich (RU),
LIPINSKI Dzhon (US),
SRINIVASAN Shiva (US)

(73) Proprietor(s):

Dzheneral Ehlektrik Kompani (US)

(54) METHOD AND UNIT FOR FLUID FEED IN GAS TURBINE ENGINE COMBUSTION CHAMBER

(57) Abstract:

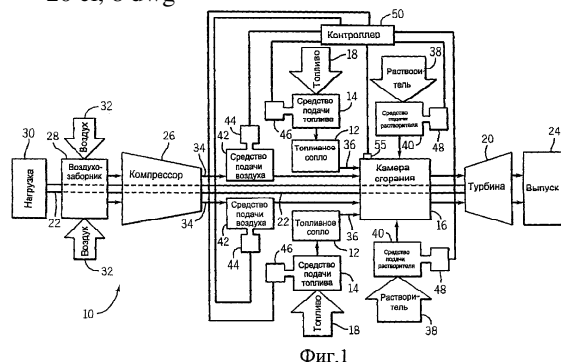
FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: proposed unit comprises gas turbine engine with compressor, turbine, combustion chamber arranged behind the compressor and ahead of turbine, fluid feed system, variable-geometry resonator and controller to tune said resonator in response to feedback signal. Fluid feed system can feed one or several fluids into combustion chamber. Variable-geometry resonator is connected to said fluid feed system and incorporates Helmholtz resonator.

EFFECT: decreased oscillations created by

combustion chamber owing to pressure fluctuation inside fluid feed components.

20 cl, 8 dwg



УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Объект изобретения, описанный здесь, относится к газотурбинному двигателю и более конкретно к акустически устойчивой системе питания камеры сгорания газовой турбины.

В целом, в газотурбинных двигателях происходит сгорание смеси сжатого воздуха и топлива для создания горячих газообразных продуктов сгорания. Сгорание может происходить в нескольких камерах сгорания, расположенных радиально вокруг продольной оси газотурбинного двигателя. Давления воздуха и топлива в каждой камере сгорания могут циклически изменяться во времени. Эти флуктуации могут создавать колебания давления на различных частотах. Если один из частотных диапазонов соответствует собственной частоте части или подсистемы газотурбинного двигателя, может произойти повреждение этой части или двигателя в целом.

Газовая турбина с несколькими камерами сгорания, расположенными радиально вокруг продольной оси газотурбинного двигателя, описана, например в патенте США 5001896.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Некоторые варианты выполнения, соответствующие объему первоначально заявленного изобретения, описаны ниже. Эти варианты предназначены не для ограничения объема заявленного изобретения, а лишь для краткого описания сущности возможных форм изобретения. Более того, изобретение может охватывать множество форм, которые могут быть похожи или отличаться от вариантов выполнения, приведенных ниже.

В первом варианте выполнения установка содержит газотурбинный двигатель, который имеет компрессор, турбину и камеру сгорания, расположенную за компрессором перед турбиной. Газотурбинный двигатель также содержит систему ввода текучей среды, предназначенную для ввода одной или более текучих сред в камеру сгорания, и резонатор с изменяемой геометрией, присоединенный к системе ввода текучей среды. Кроме того, газотурбинный двигатель содержит контроллер, предназначенный для настройки резонатора с изменяемой геометрией в соответствии с сигналами обратной связи.

Во втором варианте выполнения установка содержит резонатор с изменяемой геометрией, предназначенный для присоединения к каналу текучей среды перед камерой сгорания газотурбинного двигателя. Резонатор с изменяемой геометрией предназначен для подавления колебаний давления в потоке текучей среды и камере сгорания.

В третьем варианте выполнения способ включает прием сигнала обратной связи по давлению от камеры сгорания газотурбинного двигателя. Способ также включает настройку резонатора, подключенного к каналу текучей среды перед камерой сгорания, на основе сигнала обратной связи.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Эти и другие свойства, аспекты и преимущества настоящего изобретения станут понятны из последующего подробного описания со ссылками на сопроводительные чертежи, на которых одинаковые номера позиций соответствуют одинаковым частям на всех чертежах, на которых

фиг.1 представляет собой блок-схему турбинной установки, имеющей резонаторы, присоединенные к средству подачи воздуха, средству подачи топлива и средству подачи разбавителя для уменьшения колебаний давления в камере сгорания в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения;

фиг.2 представляет собой продольный разрез турбинной установки, показанной на фиг.1, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения;

фиг.3 представляет собой продольный разрез камеры сгорания, показанной на фиг.1, с резонаторами, присоединенными к средству подачи воздуха, средству подачи топлива и средству подачи разбавителя для уменьшения колебаний, создаваемых камерой сгорания, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения;

фиг.4 представляет собой схематический вид резонатора Гельмгольца, присоединенного к средству подачи топлива, как показано на фиг.1, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения;

фиг.5 представляет собой схематический вид резонатора Гельмгольца, присоединенного к средству подачи воздуха, как показано на фиг.1, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения;

фиг.6 представляет собой схематический вид резонатора Гельмгольца, присоединенного к средству подачи разбавителя, как показано на фиг.1, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения;

фиг.7 представляет собой схематический вид нескольких четвертьволновых резонаторов, присоединенных к средству подачи разбавителя, как показано на фиг.1, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения;

фиг.8 представляет собой схематический вид другого четвертьволнового резонатора, присоединенного к средству подачи разбавителя, как показано на фиг.1, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Ниже описаны один или более конкретных вариантов выполнения настоящего изобретения. Для краткости описания этих вариантов выполнения могут быть описаны не все признаки конкретного варианта реализации. Следует понимать, что при разработке любого такого конкретного варианта реализации на всех стадиях должны быть приняты многочисленные конкретные решения, обеспечивающие достижение конкретных целей разработчика, таких как соответствие системным и экономическим ограничениям, которые могут изменяться от одного варианта реализации к другому. Кроме того, следует понимать, что такие проектно-конструкторские работы могут быть сложными и требовать больших затрат времени, но, тем не менее, будут обычными процедурами при проектировании, конструировании и изготовлении для специалистов в данной области техники, знакомых с данным описанием.

При описании элементов различных вариантов выполнения настоящего изобретения подразумевается, что элемент может быть один или несколько. Термины "содержать", "включать" и "иметь" и их производные предполагаются включающими дополнительные элементы, отличные от перечисленных, и не отрицают возможность их наличия.

Варианты выполнения настоящего изобретения могут обеспечить уменьшение создаваемых камерой сгорания колебаний путем уменьшения флуктуаций давления внутри средств подачи текучей среды (например, трубопроводов с жидкостью или газом). Резонатор, выполненный с возможностью изменения геометрии, может быть присоединен к каждому средству подачи текучей среды (например, воздуха, топлива или разбавителя) и настроен на частоту колебаний давления в камере сгорания. Подсоединение резонаторов к средствам подачи текучей среды, а не в зоне сгорания в камере сгорания, позволяет выполнять резонаторы из менее термостойких материалов, так как они непосредственно не подвергаются воздействию газообразных

продуктов сгорания. Некоторые варианты выполнения могут включать контроллер, предназначенный для настройки резонаторов на частоту, которая подавляет колебания в средствах подачи текучей среды и в камере сгорания. Контроллер может быть соединен с возможностью связи с датчиком давления, находящимся в проточном

5 сообщении с камерой сгорания, для измерения частоты колебаний давления. Контроллер может также быть соединен с возможностью связи с резонаторами и приспособлен для настройки резонаторов на частоты, определяемые датчиком давления. Резонаторы могут включать в числе других резонаторы Гельмгольца и/или

10 четвертьволновые резонаторы. В некоторых вариантах выполнения к каждому средству подачи текучей среды может быть присоединено несколько резонаторов, настроенных на разные частоты, для ослабления нескольких частот колебаний давления в камере сгорания.

На фиг.1 показана блок-схема варианта выполнения газотурбинной установки 10.

15 Блок-схема включает топливное сопло 12, средство 14 подачи топлива и камеру 16 сгорания. Как показано, средство 14 подачи топлива обеспечивает подачу жидкого и/или газообразного топлива 18, например, природного газа, в турбинную установку 10 через средство 14 подачи топлива и топливное сопло 12 в камеру 16

20 сгорания. Воздух вводится непосредственно в камеру 16 сгорания, в которой воспламеняется и сгорает воздушно-топливная смесь, и затем горячий сжатый отходящий газ проходит в турбину 20. Отходящий газ проходит через турбинные лопатки в турбине 20, таким образом, обеспечивая вращение турбины. В свою очередь, соединение лопаток турбины 20 и вала 22 обеспечивает вращение вала 22,

25 который, как показано, также присоединен к нескольким элементам в турбинной установке 10. В итоге, отходящие газы процесса сгорания могут покинуть турбинную установку 10 через выпускное отверстие 24.

В одном варианте выполнения турбинной установки 10 лопасти или лопатки компрессора включены как элементы компрессора 26. Лопатки внутри

30 компрессора 26 могут быть присоединены к валу 22 и вращаться при вращении вала 22 турбиной 20. Компрессор 26 может подводить воздух к турбинной установке 10 через воздухозаборник 28. Кроме того, вал 22 может быть присоединен к нагрузке 30, которая может получать энергию от вращения вала 22. Понятно, что

35 нагрузка 30 может быть любым подходящим устройством, которое может генерировать энергию при вращении вала турбинной установки 10, например, электростанцией или внешней механической нагрузкой. Например, нагрузка 30 может включать электрический генератор, пропеллер самолета и т.д. Воздухозаборник 28

40 втягивает воздух 32 в турбинную установку 10 через подходящее устройство, например, воздухозаборник холодного воздуха, для последующего смешивания воздуха 32 с топливом 18 в камере 16 сгорания. Как подробно описано ниже, воздух 32, втянутый в турбинную установку 10, может подаваться и сжиматься путем вращения лопаток в компрессоре 26. Сжатый воздух может затем подаваться в

45 камеру 16 сгорания, как показано стрелкой 34. Топливо может также подаваться в камеру 16 сгорания из топливного сопла 12, как показано стрелкой 36. Камера 16 может затем смешивать сжатый воздух и топливо для создания оптимального соотношения горючей смеси, например, для обеспечения более полного сгорания

50 топлива, экономии или уменьшения выбросов.

Кроме того, в топливное сопло 12 или непосредственно в камеру 16 сгорания может вводиться разбавитель 38, как показано, через средство 40 подачи разбавителя. Разбавители могут включать в том числе пар, воду, азот и двуокись углерода.

Введение разбавителя может уменьшить выброс оксидов азота (NO_x), макрочастиц, оксидов серы (SO_x) и/или оксидов углерода, при работе турбинной установки 10 на пониженной мощности. Разбавители могут также обеспечить повышенную

5 Турбинная установка 10 также включает резонаторы, которые присоединены к средствам подачи текучей среды и которые могут уменьшать колебания давления в средствах подачи текучей среды и камере 16 сгорания. Более конкретно, сжатый воздух 34 из компрессора 26 проходит через средство 42 подачи воздуха, перед входом
10 в камеру 16 сгорания. Для уменьшения колебаний давления воздуха к средству подачи воздуха присоединен резонатор 44. Таким же образом, к средству 14 подачи топлива присоединен резонатор 46 для уменьшения колебаний давления топлива. Кроме того, к средству 40 подачи разбавителя присоединен резонатор 48 для уменьшения колебаний разбавителя. Уменьшая колебания в средствах подачи текучей среды, эти
15 резонаторы могут уменьшить колебания давления в камере 16 сгорания, таким образом, защищая турбинную установку 10 от возможных усталостных нагрузок и преждевременного износа различных элементов в камере 16 сгорания, а также за и перед камерой 16 сгорания.

20 Однако, из-за изменяющейся температуры камеры сгорания и условий нагрузки турбины частота колебаний, создаваемых камерой сгорания, может изменяться со временем. Для компенсации резонаторы могут быть выполнены с возможностью изменения геометрии, так чтобы непрерывно настраиваться для ослабления колебания
25 изменяющейся частоты в камере сгорания. В настоящем варианте выполнения с каждым из резонаторов 44, 46 и 48, и с датчиком 55 давления, находящимся в проточном сообщении с камерой 16 сгорания, с возможностью связи соединен контроллер 50. Контроллер 50 может быть приспособлен для определения частоты колебаний давления в камере 16 сгорания, средстве 14 подачи топлива, средстве 40
30 подачи разбавителя и/или средстве 42 подачи воздуха. В других вариантах выполнения контроллер 50 также может быть приспособлен для определения частоты колебаний давления за камерой 16 сгорания, вибраций в турбинной установке 10, температуры пламени в камере 16 сгорания и/или другие параметры, указывающие на колебания давления. Контроллер 50 может затем настраивать резонаторы 44, 46 и 48 для
35 согласования с определенной частотой. Таким образом, колебания в средствах подачи текучей среды могут быть ослаблены, что приведет к уменьшению амплитуды колебаний давления в камере 16 сгорания.

На фиг.2 показан продольный разрез варианта выполнения турбинной
40 установки 10. Как показано, этот вариант включает компрессор 26, который присоединен к кольцевой системе камер 16 сгорания. Например, в показанной турбинной установке 10 расположены шесть камер 16 сгорания. Каждая камера 16 сгорания включает одно или более топливных сопел 12, которые подают топливо к зоне сгорания, расположенной в каждой камере 16 сгорания. Например, каждая
45 камера 16 может включать 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 или более топливных сопел 12, расположенных по кругу или другим подходящим способом. Сгорание воздушно-топливной смеси в камерах 16 сгорания обеспечивает вращение лопаток или лопастей турбины 20 при проходе отходящего газа к выпускному отверстию 24. Как подробно
50 описано ниже, резонатор 44, соединенный со средством подачи 42 воздуха, резонатор 46, соединенный со средством 14 подачи топлива, и резонатор 48, соединенный со средством 40 подачи разбавителя, могут уменьшать колебания давления в соответствующих средствах подачи текучей среды и камере 16 сгорания.

На фиг.3 показан подробный продольный разрез варианта выполнения камеры 16 сгорания. Как показано, камера 16 сгорания включает топливные сопла 12, прикрепленные к концевой крышке 52 в основании камеры 16 сгорания. Вариант выполнения камеры 16 сгорания может включать пять или шесть сопел 12. В других вариантах выполнения камеры 16 сгорания может использоваться одно большое топливное сопло 12. Поверхности и геометрия сопел 12 выполнены так, чтобы обеспечить оптимальный путь потока топлива при движении к камере 16 сгорания и, таким образом, увеличить сгорание в камере и мощность газотурбинного двигателя.

Топливо выталкивается из сопел 12 в направлении 54 и смешивается с воздухом, прежде чем войти в зону 56 сгорания внутри кожуха 58 камеры сгорания. Зона 56 сгорания является местом в камере 16 сгорания, где зажигание воздушно-топливной смеси наиболее благоприятно. Кроме того, в целом желательно сжигать воздушно-топливную смесь за основанием для уменьшения передачи тепла от зоны 56 сгорания к топливным соплам 12. В показанном варианте выполнения зона 56 сгорания расположена внутри кожуха 58 камеры сгорания, за топливными соплами 12 и перед переходным патрубком 60, который направляет сжатый отходящий газ к турбине 20. Патрубок 60 включает сходящуюся часть, которая обеспечивает увеличение скорости при выходе отходящих газов из камеры 16 сгорания и увеличивает силу, вращающую турбину 20. В свою очередь, отходящий газ обеспечивает вращение вала 22 и нагрузки 30. В одном варианте выполнения камера 16 сгорания также включает втулку 62, расположенную внутри кожуха 58, для создания полого кольцевого пути для охлаждающего потока воздуха, который охлаждает кожух 58 и втулку 62 вокруг зоны 56 сгорания. Втулка 62 также может обеспечить контур, необходимый для увеличения потока от топливных сопел 12 к турбине 20.

На фиг.3 также показаны средства подачи текучей среды и присоединенные резонаторы 44, 46 и 48, расположенные за камерой 16 сгорания. Сжатый воздух от компрессора 26 перед входом в камеру 16 сгорания проходит через средство 42 подачи воздуха. Резонатор 44 соединен со средством 42 подачи воздуха для ослабления колебаний в этом средстве 42 и камере 16 сгорания. Топливо входит в камеру 16 через средство 14 подачи топлива. Как видно, резонатор 46 находится в проточном сообщении с средством 14 подачи топлива и может ослаблять колебания в этом средстве 14, таким образом, уменьшая колебания, создаваемые камерой сгорания. Таким же образом, разбавитель попадает в камеру 16 сгорания через средство 40 подачи разбавителя. Резонатор 48 присоединен к средству 40 подачи разбавителя для ослабления колебания в этом средстве 40 и камере 16 сгорания. Резонаторы 44, 46 и 48 могут быть смонтированы на разных расстояниях перед зоной 56 сгорания. Резонаторы, показанные на фиг.3, являются резонаторами Гельмгольца с изменяемой геометрией. Однако в других вариантах выполнения могут использоваться в том числе четвертьволновые и/или полые концентрические резонаторы. Кроме того, каждое средство подачи текучей среды может включать несколько резонаторов, настроенных на разные частоты.

На фиг.4 показан схематический вид резонатора 46, присоединенного к средству 14 подачи топлива. Как описано выше, средство 14 подачи топлива расположено перед камерой 16 сгорания. При таком расположении топливо проходит в направлении 51 через средство 14 подачи топлива к камере 16 сгорания. Давление внутри средства 14 подачи топлива может изменяться со временем, возбуждая колебания в камере 16 сгорания. Эти колебания могут измеряться при помощи волновода 53 и датчика 55 давления, присоединенного к камере 16 сгорания. Волновод является трубопроводом,

приспособленным для распространения и направления акустической энергии. Колебания давления в камере 16 сгорания возбуждают соответствующие колебания той же частоты в волноводе 53. Датчик 55, соединенный с волноводом 53, приспособлен для измерения этих колебаний путем определения изменений давления в волноводе 53. Такое решение может обеспечить точное измерение давления без прямого воздействия горячих газов на датчик 55 давления. Датчик 55 давления может в том числе включать волоконно-оптический датчик, механический датчик отклонения, пьезоэлектрический датчик, или микроэлектромеханические чувствительные системы.

Датчик 55 давления передает результаты измерения давления контроллеру 50 с помощью, например, электрического соединения или беспроводным способом. Контроллер 50, в свою очередь, анализирует данные измерений и определяет преобладающие частоты колебаний давления в камере 16 сгорания. Например, контроллер 50 может выполнять быстрое преобразование Фурье сигнала давления от датчика 55 давления. Это преобразование преобразует сигнал давления из временной области в частотную область. Другими словами, контроллер 50 определяет зависимость между акустической энергией и частотой в камере 16 сгорания. Контроллер 50 может затем определить преобладающую частоту или частоты колебаний давления. Например, контроллер 50 может определить одну частоту, которая соответствует наибольшей акустической энергии. Контроллер 50 может затем настроить резонатор 46 на эту частоту для ослабления колебаний в камере 16 сгорания. В другом варианте выполнения контроллер 50 может быть настроен на установленный порог акустической энергии. Все частоты, соответствующие акустической энергии выше этого порога, могут рассматриваться как преобладающие частоты. В вариантах выполнения с несколькими резонаторами контроллер 50 может настроить каждый резонатор на соответствующую преобладающую частоту. Таким образом, могут ослабляться несколько преобладающих частот в камере 16 сгорания.

Контроллер 50 также присоединен к резонатору 46 с возможностью связи, например, с помощью электрического соединения или беспроводного канала. Как описано выше, резонатор 46 может быть выполнен с возможностью изменения геометрии так, что его можно настраивать на требуемую частоту. При этом контроллер 50 может послать резонатору 46 сигнал, указывающий требуемую частоту, для ослабления колебаний в камере 16 сгорания. Резонатор 46 может, в свою очередь, изменить свои геометрические размеры в соответствии с требуемой частотой. В одном из вариантов выполнения контроллер 50 настраивает резонатор 46 на преобладающую частоту в камере 16 сгорания. Однако, понятно, что контроллер 50 может настроить резонатор 46 на любую требуемую частоту, которая уменьшит колебания в камере сгорания.

Резонатор является акустической камерой, которая обеспечивает колебания текучей среды на определенной частоте. Геометрические размеры резонатора непосредственно определяют частоту колебаний. Если давление текучей среды флуктуирует из-за влияния внешней силы, резонатор, настроенный на частоту этих флуктуаций, может ослабить амплитуду флуктуаций. Одним из типов резонатора является резонатор Гельмгольца. Резонатор Гельмгольца включает корпус и горловину, имеющую меньший диаметр, чем корпус. Сжатая текучая среда, входящая в горловину, накапливается в корпусе до тех пор, пока давление в корпусе не превысит внешнее давление текучей среды. При этом текучая среда из корпуса выходит через горловину, уменьшая давление в корпусе. Падение давления в корпусе приводит к наполнению

корпуса текучей средой, и процесс повторяется. Циклическое движение воздуха определяет резонансную частоту резонатора Гельмгольца.

В варианте выполнения, показанном на фиг.4, резонатор 46 является цилиндрическим резонатором Гельмгольца, включающим корпус 57 и горловину 59.

Объем 61 определяется корпусом 57, элементом 63 основания резонатора и поршнем 64, вставленным в открытый конец корпуса 57 резонатора. Понятно, что резонансная частота резонатора Гельмгольца определяется геометрическими размерами резонатора. Более конкретно, резонансная частота цилиндрического резонатора Гельмгольца равна

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{d^2}{LHD^2}}$$

где c - скорость звука в текучей среде (например, воздухе, топливе, или разбавителе), d - диаметр горловины 59, L - длина горловины 59, H - расстояние между поршнем 64 и элементом 63 основания тела 57 резонатора, и D - диаметр корпуса 57 резонатора. В настоящем варианте выполнения диаметр d горловины, длина L горловины и диаметр D корпуса 57 резонатора постоянны. Следовательно, резонансная частота f резонатора 46 может регулироваться путем изменения высоты H . Высота H может уменьшаться путем перемещения поршня 64 вдоль оси 66 в направлении 68 к элементу 63 основания. В другом варианте выполнения высота H может увеличиваться путем перемещения поршня 64 в направлении 70 вдоль оси 66 от элемента 63 основания. Таким образом, резонансная частота f может принимать любое значение в пределах геометрических ограничений резонатора 46.

Поршень 64 присоединен к штоку 72, который проходит через привод 74 поршня. Привод 74 поршня может быть линейным исполнительным механизмом любого вида, выполненным с возможностью перемещения поршня 64 с помощью штока 72. Например, шток 72 может включать рейку с зубцами, выполненную с возможностью сцепления с соответствующими зубцами шестерни в приводе 74. Шестерня может быть соединена с электрическим двигателем, например, выполненным с возможностью вращения шестерни в зависимости от сигнала контроллера. При вращении шестерни поршень 64 может линейно перемещаться рейкой штока 72. В других вариантах выполнения могут применяться другие линейные исполнительные механизмы (например, винтовой, пневматический, гидравлический, электромеханический привод и т.д.).

Настройка резонатора 46 на преобладающую частоту камеры 16 сгорания может уменьшать создаваемые камерой сгорания колебания путем ослабления колебаний давления в средстве 14 подачи топлива. Например, давление в средстве 14 подачи топлива может колебаться в том числе из-за изменений скорости вращения топливного насоса, турбулентности потока и/или флуктуаций противодействия. Эти колебания давления топлива могут вызвать соответствующие колебания в камере 16 сгорания по существу на той же частоте. Следовательно, настройка резонатора 46 на преобладающую частоту камеры сгорания может ослабить колебания в средстве 14 подачи топлива и камере 16 сгорания. Кроме того, если средство 14 подачи топлива включает несколько резонаторов, каждый резонатор может быть настроен на преобладающую частоту в камере 16 сгорания. Например, в некоторых вариантах выполнения могут использоваться 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 или более резонаторов, каждый из которых настроен на отдельную частоту. Резонаторы могут быть расположены параллельно вокруг осевого положения средства 14 подачи топлива, последовательно вдоль этого средства 14 или в комбинации таких положений. Таким

образом, одновременно может быть ослаблено несколько частот.

На фиг.5 показан схематический вид резонатора 44 средства подачи воздуха. Как описано выше, средство 42 подачи воздуха расположено перед камерой 16 сгорания. При таком расположении воздух входит в камеру 16 сгорания в направлении 75 и затем проходит в направлении 77 между кожухом 58 камеры сгорания и втулкой 62. Затем воздух смешивается с топливом, проходящим в направлении 51 от средства 14 подачи топлива. На фиг.5 показан другой вариант расположения резонатора 44, установленного непосредственно на кожухе 58 камеры сгорания. Присоединение резонатора 44 к кожуху 58 камеры сгорания может служить ослаблению колебаний в камере сгорания, потому что колебания давления в средстве 42 подачи воздуха могут распространяться по потоку через кожух 58 камеры сгорания, прежде чем войти в зону 56 камеры сгорания. Поэтому, присоединение резонатора 44 к кожуху 58 камеры сгорания может ослабить колебания давления воздуха до возбуждения колебаний камерой сгорания. Подобно резонатору 46, показанному на фиг.4, резонатор 44 Гельмгольца включает корпус 76, горловину 78, внутренний объем 80, основание 82 и поршень 84. Внутренний объем 80 может изменяться путем перемещения поршня 84 вдоль оси 86 в направлении 88 к основанию 82, или в направлении 90 вдоль оси 86 от основания 82. Поршень 84 перемещается посредством штока 92 и привода 94 поршня. Таким образом, резонатор 44 может настраиваться для ослабления колебаний в средстве 42 подачи воздуха и в камере 16 сгорания.

Как показано на фиг.5, камера 16 сгорания включает волновод 53 и датчик 55 давления. Датчик 55 давления соединен с возможностью связи с контроллером 50. Контроллер 50, в свою очередь, соединен с возможностью связи с приводом 94 поршня. Такое решение позволяет контроллеру 50 определять преобладающие частоты в камере 16 сгорания и передавать команды управления приводу 94 поршня для настройки резонатора 44 на требуемую частоту и ослабления колебаний в камере 16 сгорания.

Установка резонатора 44 на кожух 58 камеры сгорания может улучшить ослабление колебаний в камере 16 сгорания по сравнению вариантом присоединения резонатора 44 к средству 42 подачи воздуха. Кроме того, как показано на фиг.5, резонатор 44 установлен рядом с впускным отверстием 96 для разбавителя. Такое решение, кроме того, может еще более улучшить ослабление колебаний давления в камере сгорания.

Несмотря на то что в варианте выполнения, показанном на фиг.5, представлен только один резонатор 44, в других вариантах выполнения могут использоваться несколько резонаторов для ослабления нескольких частот в средстве 42 подачи воздуха и камере 16 сгорания. Например, в некоторых вариантах выполнения могут использоваться 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 или более резонаторов, каждый из которых настроен на свою частоту. Кроме того, эти резонаторы могут быть установлены на средстве 42 подачи воздуха и/или кожухе 58 камеры сгорания. Например, резонаторы могут быть расположены по окружности и/или вдоль продольной оси кожуха 58 камеры сгорания и/или средства 42 подачи воздуха.

На фиг.6 показан схематичный вид резонатора 48 средства подачи разбавителя. Как описано выше, средство 40 подачи разбавителя расположено перед камерой 16 сгорания. При таком расположении разбавитель перемещается в направлении 97 потока через средство 40 к камере 16 сгорания. Как показано, разбавитель затем смешивается с воздухом, проходящим в направлении 77 потока, прежде чем поступить в зону 56 сгорания. В других вариантах выполнения разбавитель может проходить в

направлении потока непосредственно в топливное сопло 12. Подобно резонатору 46, показанному на фиг.4, резонатор 48 Гельмгольца включает корпус 98, горловину 100, основание 104 и поршень 106. Внутренний объем 102 может изменяться путем перемещения поршня 106 вдоль оси 108 в направлении 110 к основанию 104, или в
 5 направлении 112 вдоль оси 108 от основания 104. Поршень 106 может перемещаться с помощью штока 114 и привода 116 поршня. Таким образом, резонатор 48 может быть настроен для ослабления колебаний в средстве 40 и камере 16 сгорания.

Как показано на фиг.6, камера 16 сгорания включает волновод 53 и датчик 55 давления. Датчик 55 давления соединен с возможностью связи с контроллером 50. Контроллер 50, в свою очередь, соединен с приводом 116 поршня. В этой конструкции контроллер 50 может определять преобладающие частоты в камере 16 сгорания и передавать команды управления приводу 116 поршня для настройки резонатор 48 на
 15 соответствующую частоту и ослабления колебания в камере 16 сгорания.

Несмотря на то что в варианте выполнения, показанном на фиг.6, присутствует только один резонатор 48, в других вариантах выполнения могут использоваться несколько резонаторов 48 для ослабления нескольких частот в средстве 40 подачи разбавителя и камере 16 сгорания. Кроме того, несмотря на то, что в вариантах выполнения на фиг.4-6 показаны цилиндрические резонаторы Гельмгольца, в других вариантах выполнения могут быть использованы другие поперечные сечения (например, многоугольные, эллиптические и т.д.). Кроме того, в других вариантах выполнения может использоваться комбинация резонаторов, показанных на фиг.4-6. Например, некоторые варианты выполнения могут включать резонатор 46,
 25 присоединенный к средству 14 подачи топлива, резонатор 44, присоединенный к кожуху 58 камеры сгорания, и резонатор 48, присоединенный к средству 40 подачи разбавителя. Каждый из этих резонаторов может быть присоединен к контроллеру 50 с возможностью связи. Кроме того, контроллер 50 может настраивать каждый из резонаторов на одну и ту же частоту или разные частоты на основе анализа колебаний камеры сгорания. Например, контроллер 50 может определить, что первая частота колебаний камеры сгорания возбуждается средством 40 подачи разбавителя, а вторая частота колебаний камеры сгорания возбуждается средством 42 подачи воздуха. Контроллер 50 может затем настроить резонатор 48 средства подачи
 30 разбавителя на первую частоту, а резонатор 44 средства подачи воздуха - на вторую частоту. Таким образом, обе частоты колебаний камеры сгорания могут быть ослаблены.

На фиг.7 представлен другой вариант выполнения резонатора 48 средства подачи разбавителя. В этом варианте резонатор 48 включает несколько четвертьволновых резонаторов 118, 124 и 134. Четвертьволновой резонатор 118 включает трубку высотой А, которая оканчивается на конце крышкой 120. Резонатор 118 также включает запорный клапан 122, который может открываться для соединения резонатора 118 со средством 40 подачи разбавителя. Когда запорный клапан 122
 45 закрыт, резонатор 118 изолирован и отсоединен от средства 40 подачи разбавителя.

Как следует из названия, четвертьволновой резонатор настроен на четверть волны акустических колебаний. Следовательно, резонансная частота четвертьволнового резонатора 118 определяется выражением

$$f = \frac{c}{4A}$$

где с - скорость звука в текучей среде (например, воздухе, топливе или разбавителе), и А - высота резонатора 118. Следовательно, резонатор 118 может ослабить частоту,

соответствующую длине волны, равной четырем высотам А.

Таким же образом, резонатор 124, оканчивающийся на конце крышкой 126, может ослабить частоту, соответствующую длине волны, равной четырем высотам В.

Резонатор 124 включает запорный клапан 128, предназначенный для облегчения отсоединения резонатора 124 от средства 40 подачи разбавителя. При определенных условиях работы колебания давления в камере сгорания могут включать несколько преобладающих частот. Например, камера 16 сгорания может испытывать колебания давления на частотах, соответствующих длинам волн, которые в четыре раза больше, чем высота А, и в четыре раза больше, чем высота В. В таких условиях оба запорных клапана 122 и 128 могут быть открыты, так чтобы резонаторы 118 и 124 могли ослаблять колебания на обеих частотах. В других рабочих условиях камера 16 сгорания может испытывать только колебания, соответствующие длине волны, в четыре раза большей, чем высота А. В таких условиях запорный клапан 128 может быть закрыт для отсоединения резонатора 124 от средства 40 подачи разбавителя. При открытом запорном клапане 128 и отсутствии колебаний давления в камере 16 сгорания, соответствующих длине волны, равной четырем высотам В, поток разбавителя может быть подвержен вредному влиянию.

Как описано выше, резонансная частота четвертьволновых резонаторов зависит от длины трубки. Следовательно, четвертьволновой резонатор может быть настроен путем увеличения или уменьшения его длины. Один способ изменения длины резонатора состоит в использовании ряда клапанов. Например, резонатор 124 содержит нижний клапан 130 и верхний клапан 132. Клапан 130 расположен на высоте F над средством 40 подачи разбавителя, а клапан 132 расположен на высоте E. Эти клапаны могут открываться и закрываться для регулирования эффективной длины резонатора 124. Если клапан 130 закрыт, а клапан 132 открыт, резонатор 124 может ослаблять колебания, соответствующие длине волны, равной четырем высотам F. Если клапаны 128 и 130 открыты, а клапан 132 закрыт, резонатор 124 может ослаблять колебания, соответствующие длине волны, равной четырем высотам E. Если все три клапана 128, 130, 132 открыты, резонатор 124 может ослаблять колебания, соответствующие длине волны, равной четырем высотам В.

Средство 40 подачи разбавителя также включает третий резонатор 134, имеющий на конце крышку 136. Подобно резонатору 124, резонатор 134 содержит запорный клапан 138 и два клапана 140 и 142 регулирования длины. Как описано выше, если запорный клапан 138 закрыт, резонатор 134 может быть изолирован от средства 40 подачи разбавителя, что исключает влияние резонатора 134. Однако если запорный клапан 138 и регулирующие длину клапаны 140 и 142 открыты, резонатор 134 может ослаблять частоты, соответствующие длине волны, равной четырем высотам С резонатора 134. Эффективная высота резонатора 134 зависит от состояния клапанов 140 и 142. Более конкретно, если клапаны 140 и 142 открыты, резонатор 134 может ослаблять колебания, соответствующие четырехкратной высоте С, расстоянию между средством 40 подачи разбавителя и концевой крышкой 136. Если клапаны 138 и 140 открыты, а клапан 142 закрыт, эффективная высота резонатора 134 уменьшается до высоты G. Если клапан 140 закрыт, а клапан 138 открыт, эффективная высота резонатора 134 уменьшается до высоты I. Таким образом, резонатор 134 может быть настроен на требуемую частоту на основе преобладающих частот, определенных в камере 16 сгорания.

Несмотря на то что в варианте выполнения, показанном на фиг.7, используются три четвертьволновых резонатора, в других вариантах выполнения можно

использовать больше или меньше резонаторов (например, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и более). Например, некоторые конструкции турбинной установки могут создавать четыре преобладающих частоты в камере 16 сгорания. В такой установке к средству 40 подачи разбавителя могут быть присоединены четыре резонатора для ослабления колебания на каждой из этих четырех частот. В других конструкциях турбинной установки можно использовать два резонатора для ослабления двух преобладающих частот. Кроме того, так как отдельные резонаторы могут быть отсоединены путем закрытия запорных клапанов, турбинная установка, которая создает две преобладающих частоты, может включать более чем два резонатора, присоединенных к средству 40 подачи разбавителя. При этом дополнительные частоты могут быть ослаблены посредством открытия запорных клапанов ранее не присоединенных резонаторов.

В других вариантах выполнения можно использовать различное число клапанов в каждом резонаторе. Например, резонаторы могут включать 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 или более клапанов в некоторых вариантах. Кроме того, высота и расстояние между каждым клапаном могут изменяться. Конкретно, меньшее расстояние между клапанами облегчает управление эффективной длиной резонаторов. Кроме того, работа клапанов может управляться контроллером 50. Например, контроллер 50 может определять число преобладающих частот и открывать соответствующее число запорных клапанов. Подобным же образом, контроллер 50 может регулировать резонансную частоту каждого резонатора для соответствия каждой преобладающей частоте, определенной в камере сгорания, путем открытия и закрытия клапанов, регулирующих длину. Несмотря на то, что четвертьволновые резонаторы, показанные на фиг.7, присоединены к средству 40 подачи разбавителя, подобное решение может использоваться для резонатора 44 средства подачи воздуха и/или резонатора 46 средства подачи топлива.

На фиг.8 показан другой вариант конструкции для изменения высоты четвертьволнового резонатора 48. Вместо использования ряда клапанов, высота резонатора может непрерывно изменяться. В этом варианте выполнения резонатор 48 включает элемент 144 основания, присоединенный к средству 40 подачи разбавителя, и регулируемую концевую крышку 146, расположенную около открытого конца элемента 144 основания. Поперечное сечение элемента 144 основания и концевой крышки 146 могут быть в том числе круглыми или многоугольными. Внешний диаметр элемента 144 основания может быть по существу равен внутреннему диаметру концевой крышки 146 для обеспечения герметичного соединения. Герметичное соединение может по существу блокировать проход текучей среды между элементом 144 основания и концевой крышкой 146, в то же время позволяя концевой крышке 146 перемещаться по отношению к элементу 144 основания.

Высота J резонатора 48 может регулироваться путем перемещения концевой крышки 146 вдоль оси 148. Конкретно, если концевая крышка 146 перемещается в направлении 150 вдоль оси 148, высота J уменьшается. Если концевая крышка 146 перемещается в направлении 152 вдоль оси 148, высота J увеличивается. Крышка 146 может быть присоединена к линейному исполнительному механизму 154, выполненному с возможностью перемещения крышки 146 в обоих направлениях 150 и 152 вдоль оси 148. Линейный механизм 154 может быть любого подходящего типа, в том числе пневматический, гидравлический или электромеханический. В такой конструкции высота J резонатора 48 может регулироваться для ослабления частоты колебаний давления разбавителя и уменьшения колебаний, создаваемых камерой

сгорания.

Линейный исполнительный механизм 154 может быть соединен с возможностью связи с контроллером 50 и непрерывно настраиваться на частоту, которая ослабляет колебания в камере сгорания. Кроме того, несколько резонаторов такой конструкции могут быть присоединены к средству 40 подачи разбавителя для ослабления нескольких частот. Кроме того, в некоторых вариантах выполнения непрерывно изменяемые четвертьволновые резонаторы могут комбинироваться с четвертьволновыми резонаторами с регулируемыми клапанами и/или нерегулируемыми четвертьволновыми резонаторами для ослабления колебаний нескольких частот. Кроме того, непрерывно изменяемые четвертьволновые резонаторы могут использоваться для ослабления колебания в средстве 42 подачи воздуха и/или средстве 14 подачи топлива.

Другие конструкции акустических резонаторов (например, полые концентрические резонаторы) могут использоваться в других вариантах выполнения. Кроме того, комбинации различных типов резонаторов могут использоваться в турбинной установке и/или в средствах подачи текучих сред. Например, в некоторых вариантах выполнения в средстве 42 подачи воздуха может использоваться резонатор Гельмгольца, а в средстве 14 подачи топлива и средстве 40 подачи разбавителя могут использоваться четвертьволновые резонаторы. В других вариантах выполнения в средстве 42 подачи воздуха может использоваться резонатор Гельмгольца и четвертьволновой резонатор для ослабления нескольких частот. Кроме того, количество резонаторов в каждом средстве подачи текучей среды может быть разным. Например, средство 42 подачи воздуха может содержать один резонатор, средство 14 подачи топлива может содержать три резонатора, а средство 40 подачи разбавителя может не содержать резонаторов.

В данном описании использованы примеры для объяснения изобретения, включая наилучший вариант выполнения, а также обеспечения возможности осуществления изобретения специалистом, включая изготовление и использование устройств или систем и осуществление любых входящих сюда способов. Охраняемый объем изобретения определен пунктами формулы изобретения и может включать другие примеры, очевидные для специалистов в данной области техники. Предполагается, что такие примеры входят в объем формулы изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквальной формулировки пунктов формулы изобретения, или если они включают эквивалентные структурные элементы с несущественными отличиями от буквальных формулировок пунктов формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Установка, содержащая газотурбинный двигатель, содержащий компрессор, турбину, камеру сгорания, расположенную за компрессором перед турбиной, систему ввода текучей среды, выполненную с возможностью ввода одной или более текучих сред в камеру сгорания, резонатор с изменяемой геометрией, присоединенный к системе ввода текучей среды, и контроллер, выполненный с возможностью настройки указанного резонатора в соответствии с сигналом обратной связи.

2. Установка по п.1, в которой резонатор с изменяемой геометрией содержит резонатор Гельмгольца.

3. Установка по п.1, в которой резонатор с изменяемой геометрией содержит четвертьволновой резонатор.

4. Установка по п.1, в которой сигнал обратной связи содержит сигнал колебаний давления в камере сгорания.

5. Установка по п.1, в которой резонатор с изменяемой геометрией содержит несколько резонаторов с изменяемой геометрией, настроенных на разные частоты.

6. Установка по п.1, в которой резонатор с изменяемой геометрией присоединен к каналу подачи топлива системы ввода текучей среды.

7. Установка по п.1, в которой резонатор с изменяемой геометрией присоединен к каналу подачи разбавителя системы ввода текучей среды.

8. Установка по п.1, в которой резонатор с изменяемой геометрией присоединен к каналу подачи воздуха системы ввода текучей среды.

9. Установка по п.1, в которой резонатор с изменяемой геометрией выполнен с возможностью ослабления колебаний давления в системе ввода текучей среды и камере сгорания.

10. Установка, содержащая резонатор с изменяемой геометрией, выполненный с возможностью присоединения к каналу подачи текучей среды перед камерой сгорания газотурбинного двигателя, причем указанный резонатор выполнен с возможностью ослабления колебаний давления в канале подачи текучей среды и камере сгорания.

11. Установка по п.10, в которой резонатор с изменяемой геометрией содержит резонатор Гельмгольца, четвертьволновой резонатор или оба этих резонатора.

12. Установка по п.10, в которой резонатор с изменяемой геометрией содержит несколько резонаторов с изменяемой геометрией, настроенных на разные частоты.

13. Установка по п.10, содержащая систему ввода текучей среды, имеющую указанный резонатор с изменяемой геометрией.

14. Установка по п.10, содержащая камеру сгорания, имеющую указанный резонатор с изменяемой геометрией, присоединенный к каналу подачи текучей среды перед камерой сгорания.

15. Установка по п.10, содержащая контроллер, присоединенный к резонатору с изменяемой геометрией и выполненный с возможностью настройки указанного резонатора в соответствии с сигналом обратной связи по давлению в камере сгорания.

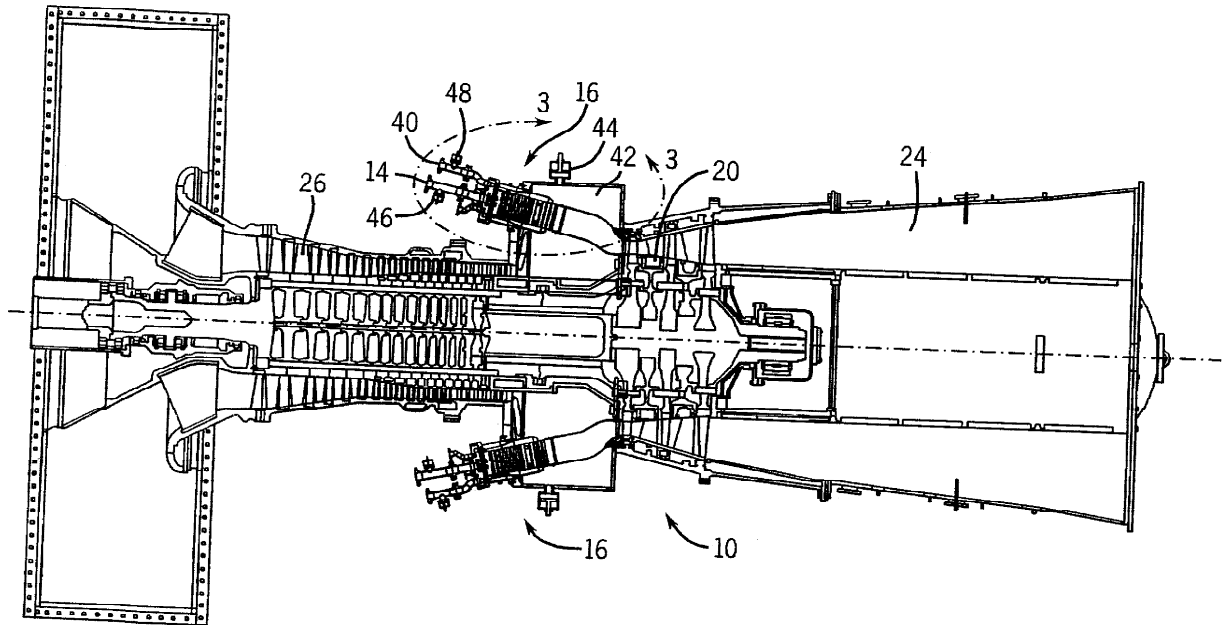
16. Установка по п.15, в которой контроллер регулирует геометрическую конфигурацию резонатора с изменяемой геометрией для его настройки.

17. Способ, включающий получение сигнала обратной связи по давлению, связанного с камерой сгорания газотурбинного двигателя, и настройку резонатора, присоединенного к каналу подачи текучей среды перед камерой сгорания, на основе указанного сигнала обратной связи.

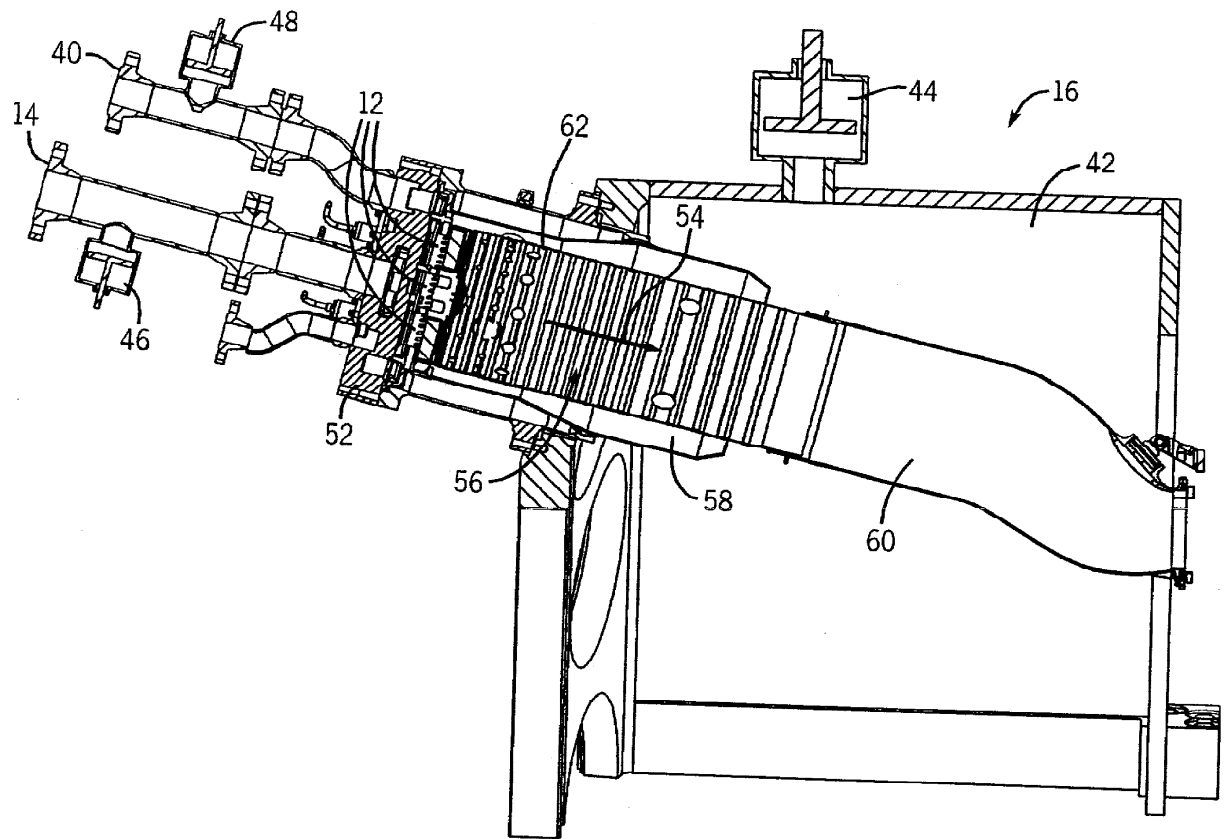
18. Способ по п.17, в котором при настройке резонатора изменяют геометрию резонатора для ослабления колебаний давления в канале подачи текучей среды и камере сгорания.

19. Способ по п.17, в котором вводят текучую среду из капала подачи текучей среды в камеру сгорания за резонатором, причем текучая среда содержит газообразное топливо, жидкое топливо, разбавитель, воздух или их комбинацию.

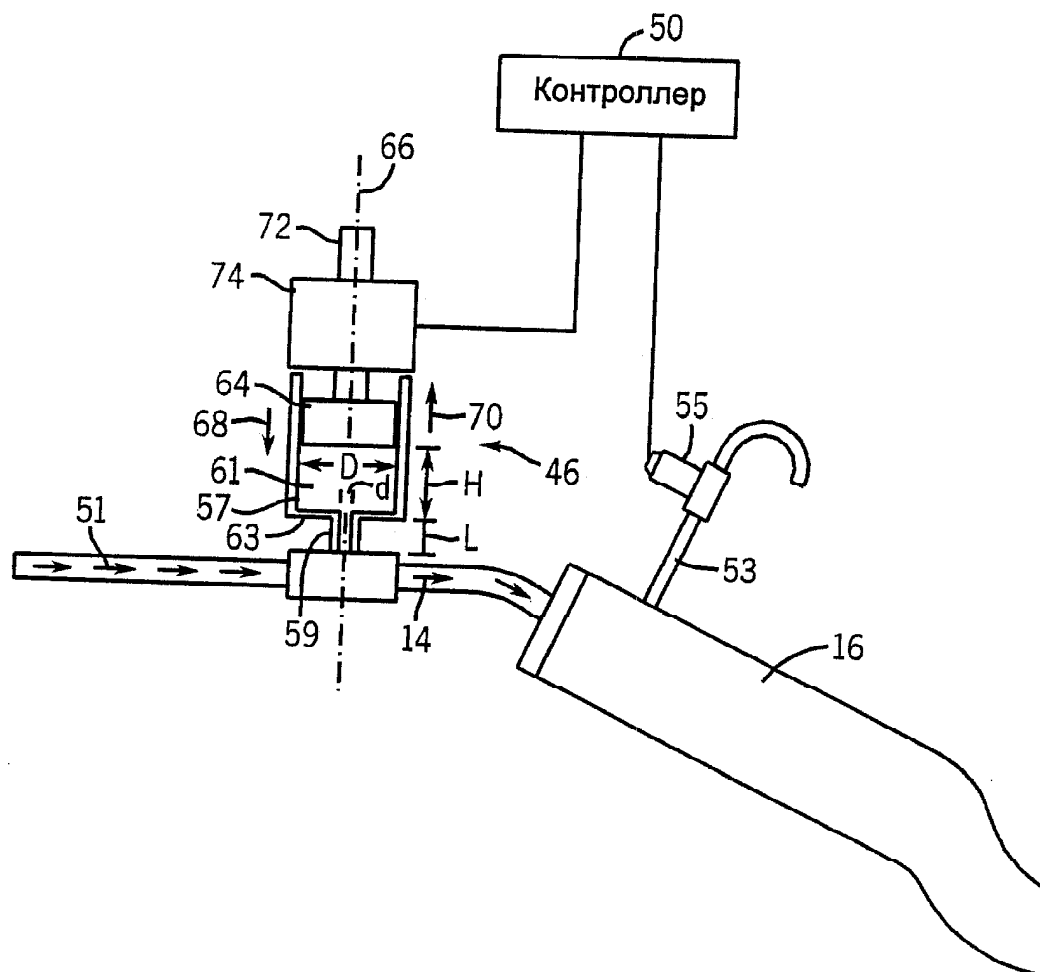
20. Способ по п.17, в котором настраивают несколько резонаторов, присоединенных к каналу подачи текучей среды перед камерой сгорания, на основе сигнала обратной связи.



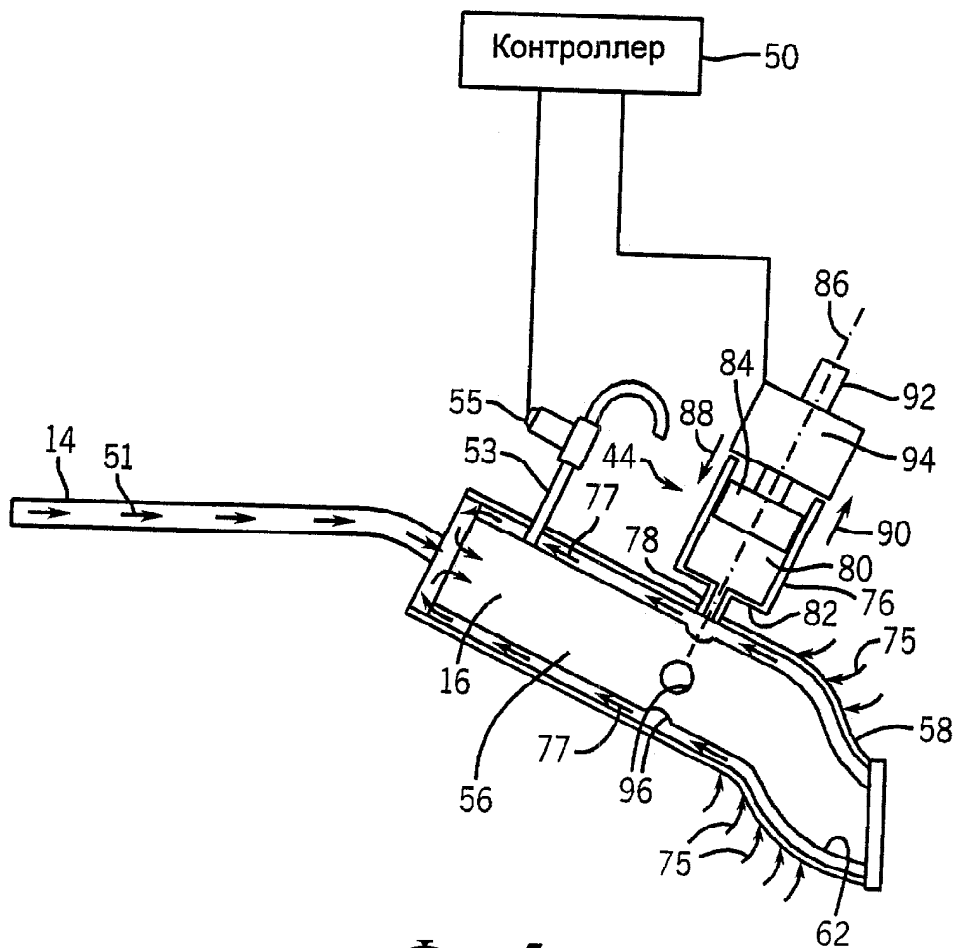
Фиг.2



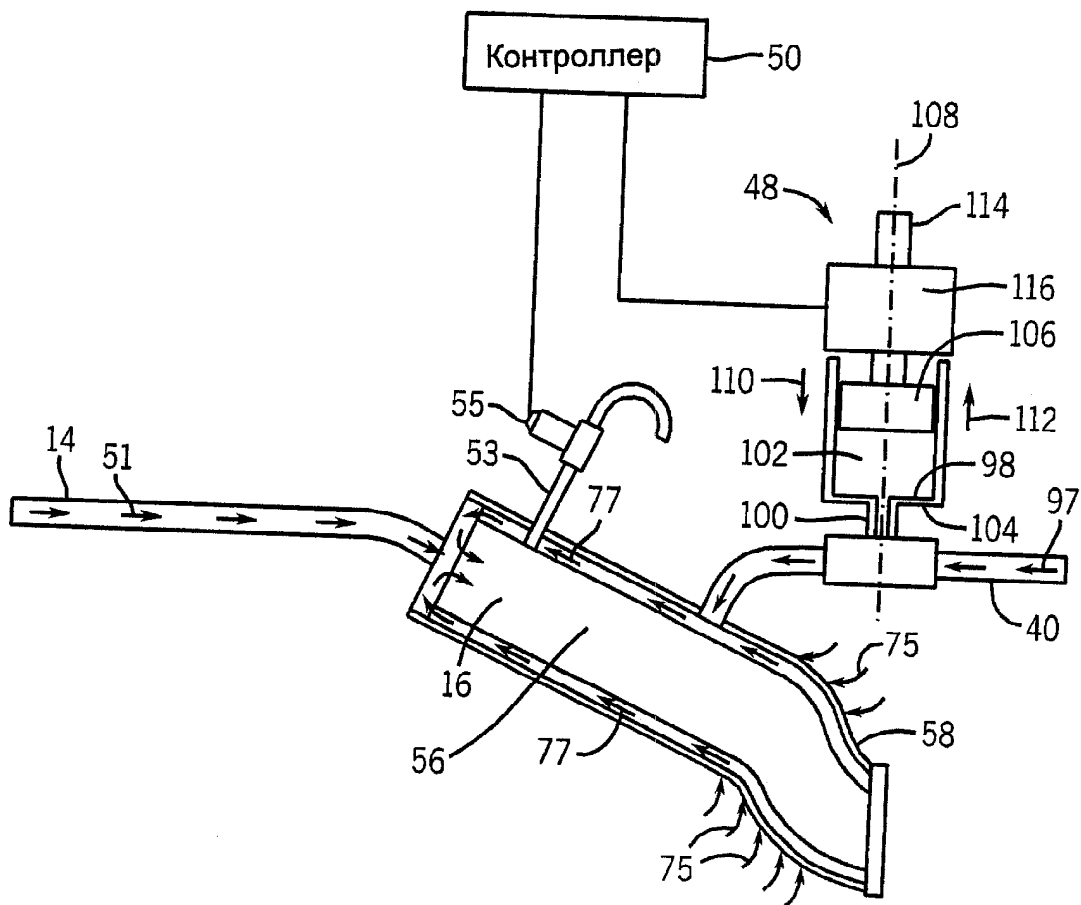
Фиг.3



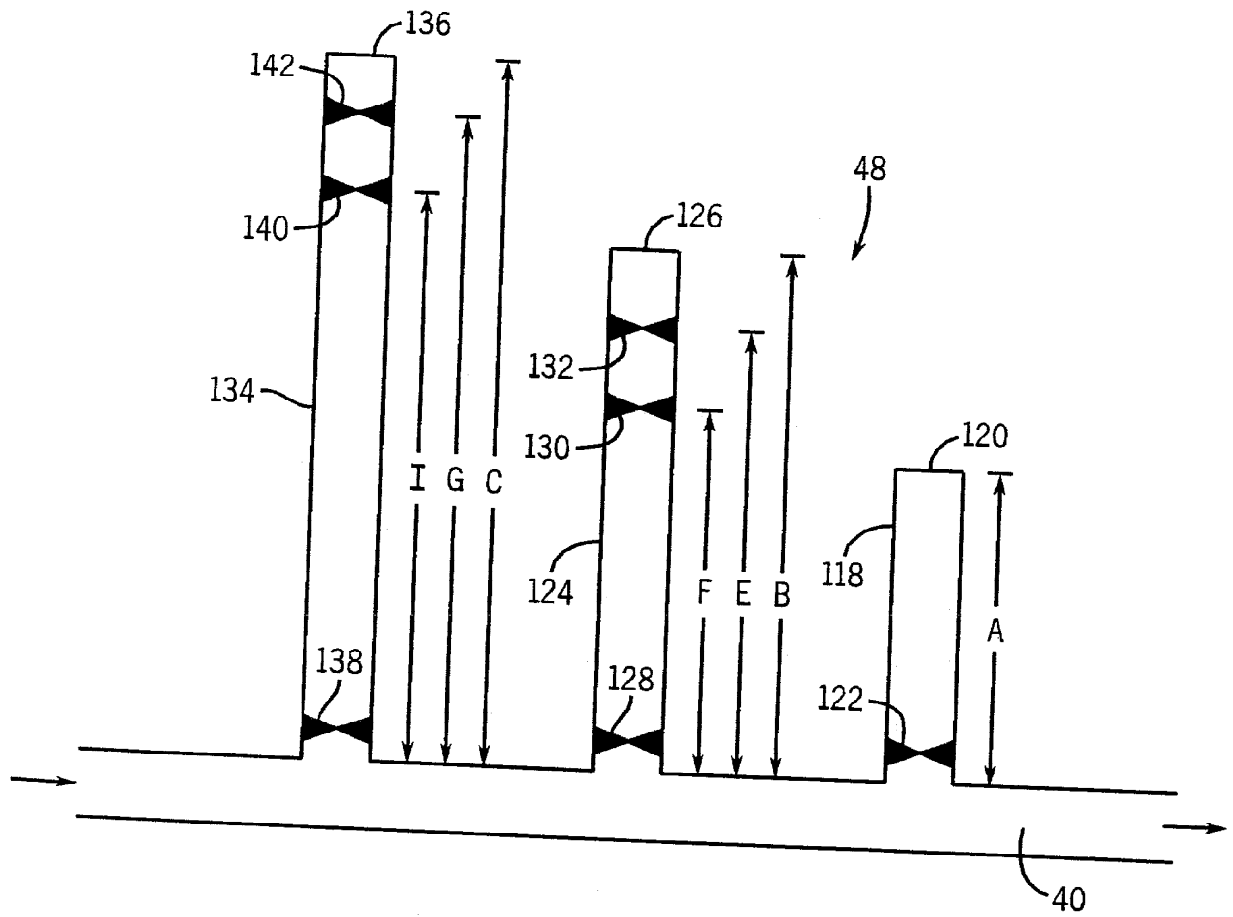
Фиг.4



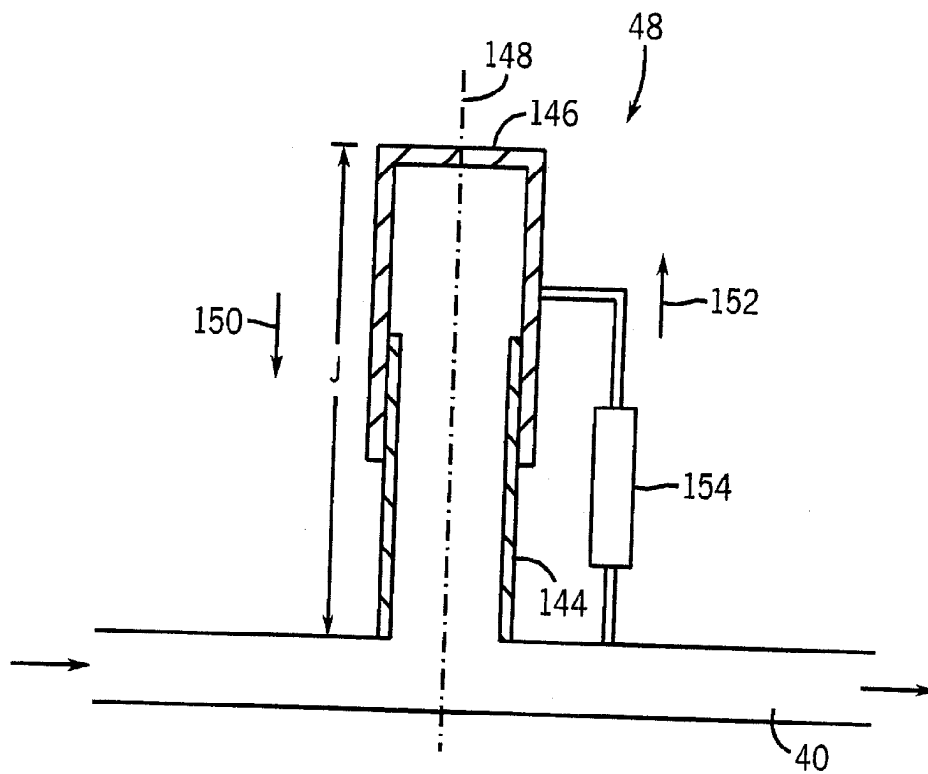
Фиг.5



Фиг.6



Фиг.7



Фиг.8