



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012103903/06, 07.03.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.03.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
28.04.2010 EP 10161306.5

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2013 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 20.02.2015 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: EP 1703208 A1, 20.09.2006. EP 2154434 A1, 17.02.2010. US 0007549290 B2, 23.06.2009. RU 2175743 C2, 10.11.2001. RU 2387582 C2, 27.04.2010. RU 2386825 C2, 20.04.2010. RU 2215243 C2, 27.10.2003. RU 2200869 C2, 20.03.2003

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 03.02.2012

(86) Заявка РСТ:  
EP 2011/053356 (07.03.2011)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2011/134706 (03.11.2011)

Адрес для переписки:  
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО  
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):  
БЕТКЕ Свен (DE)

(73) Патентообладатель(и):  
СИМЕНС АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)

**(54) СИСТЕМА ФОРСУНОК И СПОСОБ ДЕМПФИРОВАНИЯ ТАКОЙ СИСТЕМЫ ФОРСУНОК**

(57) Реферат:

Изобретение относится к энергетике. Система форсунок, включающая, по меньшей мере, две отдельные, расположенные рядом форсунки, каждая из которых включает, по меньшей мере, одну камеру сгорания и один головной торец, который включает, по меньшей мере, устройство впрыска топлива и устройство внутреннего воздушного смешивания топлива, причем каждая форсунка включает колпачок с боковой и верхней стороной, причем, по меньшей мере, верхняя сторона колпачка расположена в направлении

потока перед головным торцом, за счет чего между верхней стороной колпачка и головным торцом образуется форкамера форсунки, причем, по меньшей мере, две форкамеры форсунок включают акустическое соединение. Также представлена газовая турбина с системой форсунок согласно изобретению. Изобретение позволяет демпфировать термоакустические колебания или полностью предотвратить их возникновение. 2 н. и 5 з.п. ф-лы, 3 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012103903/06, 07.03.2011**  
 (24) Effective date for property rights:  
**07.03.2011**  
 Priority:  
 (30) Convention priority:  
**28.04.2010 EP 10161306.5**  
 (43) Application published: **10.08.2013** Bull. № **22**  
 (45) Date of publication: **20.02.2015** Bull. № **5**  
 (85) Commencement of national phase: **03.02.2012**  
 (86) PCT application:  
**EP 2011/053356 (07.03.2011)**  
 (87) PCT publication:  
**WO 2011/134706 (03.11.2011)**  
 Mail address:  
**109012, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO "Sojuzpatent"**

(72) Inventor(s):  
**BETKE Sven (DE)**  
 (73) Proprietor(s):  
**SIMENS AKTsiENGEZELL'ShAFT (DE)**

(54) **INJECTOR SYSTEM AND METHOD OF INJECTOR SYSTEM DAMPING**

(57) Abstract:  
 FIELD: power industry.  
 SUBSTANCE: invention refers to power industry. Injector system includes at least two separate injectors positioned side by side, each injector including at least one combustion chamber and one head end that contains at least a fuel injection device and internal air and fuel mixing device; each injector includes a cap with side and top walls where at least the top cap wall is

positioned along the flow before the head end, thus forming injector prechamber, and at least two injector prechambers feature acoustic connection. Additionally, invention describes gas turbine with injector system as per invention.

EFFECT: possible damping or complete prevention of thermoacoustic vibrations.

7 cl, 3 dwg

**C 2**  
**8**  
**7**  
**4**  
**1**  
**4**  
**5**  
**R U**

**R U**  
**2**  
**5**  
**4**  
**1**  
**4**  
**7**  
**8**  
**C 2**

Изобретение относится к системе форсунок, включающей, по меньшей мере, две  
раздельные, расположенные рядом форсунки, каждая из которых включает, по меньшей  
мере, одну камеру сгорания и один головной торец, который включает, по меньшей  
мере, устройство впрыска топлива и устройство внутреннего воздушного смешивания  
5 топлива, причем каждая форсунка включает колпачок с боковой и верхней сторонами,  
причем, по меньшей мере, верхняя сторона колпачка расположена в направлении  
потока перед головным торцом, за счет чего между верхней стороной колпачка и  
головным торцом образуется форкамера форсунки.

В системах сгорания, как, например, газовые турбины, авиационные двигатели,  
10 ракетные двигатели и системы отопления, могут возникать индуцированные  
термоакустические колебания в камере сгорания. Эти колебания возникают за счет  
взаимодействия факела горения и связанного с этим выделением тепла, сопровождаемого  
акустическими колебаниями давления. Посредством акустического возбуждения  
15 положение факела его фронтальная площадь или состав топливной смеси могут  
колебаться, что приводит к колебаниям выделяемого тепла. В случае конструктивно  
обусловленного положения фаз могут возникать положительная обратная связь и  
усиление. Усиленные таким образом колебания в камере сгорания могут привести к  
значительным шумовым нагрузкам и вибрационным повреждениям.

Эти вызванные термоакустическими воздействиями нестабильные состояния в  
20 значительной мере зависят от акустических свойств камеры сгорания и пограничных  
условий на входе и выходе камеры сгорания, а также на стенках камеры сгорания.  
Акустические свойства могут быть изменены установкой резонаторов Гельмгольца.

В WO 93/10401 AI показано устройство для гашения колебаний сгорания в камере  
сгорания газотурбинной установки. Резонатор Гельмгольца связан гидравлически с  
25 трубопроводом подачи топлива. Акустические свойства трубопровода подачи топлива  
или общей акустической системы подвержены за счет этого изменению, вызывающим  
гашение колебания сгорания. Однако было установлено, что такие меры недостаточны  
для всех рабочих режимов, так как даже при гашении колебаний в трубопроводе подачи  
топлива могут возникать колебания сгорания.

30 В WO 03/074936 AI показана газовая турбина с форсункой, заходящей в камеру  
сгорания, причем вокруг места захода форсунки в камеру сгорания кольцеобразно  
расположен резонатор Гельмгольца.

Это приводит посредством тесного контакта с пламенем к эффективному  
демпфированию колебаний сгорания, при котором одновременно предотвращаются  
35 температурные неравномерности. В резонаторе Гельмгольца размещены трубки,  
способствующие приспособлению к частоте колебаний.

В EP 0597138 AI описана камера сгорания газовой турбины с расположенными в  
зоне форсунок резонаторами Гельмгольца воздушной продувки. Резонаторы  
расположены с чередованием между горелками на торце камеры сгорания. Эти  
40 резонаторы поглощают колебательную энергию, возникающую из-за колебаний  
сгорания в камере сгорания, и тем самым колебания гасятся.

Каждый из этих резонаторов имеет функционально-технологическое отверстие для  
соединения с камерой сгорания, которое должно быть закрыто определенным объемом  
воздуха. Этот объем воздуха при расположении резонаторов на стенке камеры сгорания  
45 не доступен больше для процесса сгорания, так как он проходит мимо форсунки. Это  
приводит к повышению температуры пламени и вызывает эмиссию NOx.

Задача настоящего изобретения состоит в создании такой системы форсунок, которая  
может быть использована для демпфирования колебаний сгорания и с помощью которой

можно избежать названных выше проблем.

Согласно изобретению система форсунок имеет, по меньшей мере, две расположенные рядом отдельно друг от друга форсунки, каждая из которых включает, по меньшей мере, одну камеру сгорания и один головной торец, а также устройство внутреннего воздушного смешивания топлива. При этом каждая форсунка включает колпачок с боковой и верхней сторонами, причем, по меньшей мере, верхняя сторона колпачка расположена в направлении потока перед головным торцом. Боковая сторона колпачка, по меньшей мере, частично расположена вокруг головного торца, за счет чего боковая сторона колпачка расположена радиально на расстоянии от головного торца.

За счет этого между верхней стороной колпачка и головным торцом образуется форкамера форсунки.

Известно, что мощность газовой турбины при использовании трубчатых камер сгорания ограничена возникновением термоакустических колебаний в этих камерах сгорания. Согласно изобретению становится ясным, что именно в трубчатых камерах сгорания важное значение имеет акустическое взаимодействие двух расположенных рядом отдельно друг от друга форсунок. При этом возникают режимы, распространяющиеся по турбине из одной камеры сгорания в другую.

Акустический анализ распределения акустического давления показывает, что возникает режим, при котором расположенные рядом отдельно друг от друга камеры сгорания, включая расположенные против потока отдельно друг от друга форкамеры, начинают колебаться в противофазе. Согласно изобретению, по меньшей мере, две форкамеры форсунок имеют акустическое соединение.

Соответствующее исполнение акустического соединения расположенных рядом камер сгорания или их форкамер может обеспечить возможность гашения или предотвращения образования этой формы режима. Таким образом, существует возможность демпфировать термоакустические колебания или полностью предотвратить их возникновение.

В предпочтительном варианте выполнения изобретения боковая сторона колпачка и головной торец образуют канал. По этому каналу компрессионный воздух подается в форкамеру. Этот компрессионный воздух охлаждает наружную стенку камеры сгорания и препятствует, таким образом, перегреву камеры сгорания. В идеальном варианте компрессионный воздух предварительно нагревают для обеспечения стабильного сгорания.

Предпочтительным вариантом выполнения акустического соединения является трубка, соединяющая форкамеры форсунок, в частности кольцеобразная трубка или канал. Подобное соединение является самым простым по конструктивному исполнению.

В предпочтительном варианте выполнения изобретения каждая форсунка и ее форкамера имеют акустическое соединение с расположенными соответственно рядом форсунками или их форкамерами. Это оптимально обеспечивает возникновение типа режима во всех имеющихся форсунках.

В преимущественном варианте выполнения изобретения газовая турбина оборудована такой системой форсунок.

Задачу соответствующего способа решают посредством способа демпфирования колебаний системы форсунок, включающей, по меньшей мере, две расположенные рядом форсунки, каждая из которых имеет, по меньшей мере, камеру сгорания и головной торец, в котором установлены системы впрыска и предварительного воздушного смешивания топлива, причем каждая форсунка имеет колпачок с боковой и верхней сторонами, причем, по меньшей мере, верхняя сторона колпачка расположена

в направлении потока перед головным торцом, за счет чего между верхней стороной колпачка и головным торцом образуется форкамера форсунки, что обеспечивает за счет акустического соединения двух расположенных рядом форкамер форсунок предотвращение возникновения противофазных колебаний соседних форсунок и их форкамер.

Этот способ упрощенным методом обеспечивает возможность предотвращения или даже полного исключения термоакустических колебаний. Таким образом, в отличие от уровня техники демпфируются различные колебательные частоты.

Дополнительные признаки, свойства и преимущества настоящего изобретения изложены в нижеследующем описании вариантов выполнения изобретения с изображением их на прилагаемых фигурах:

фиг.1 - изображение элемента продольного сечения газовой турбины;

фиг.2 - трубчатая камера сгорания с колпачком;

фиг.3 - изображение соединения между форкамерами форсунок согласно изобретению.

На фиг.1 изображен пример элемента продольного сечения газовой турбины 1.

Внутреннее устройство газовой турбины 1 включает расположенный с возможностью вращения вокруг оси 2 вращения ротор 3 с валом, именуемый также рабочим колесом турбины.

Вдоль ротора 3 последовательно расположены корпус 4 воздухозаборника, компрессор 5, камера 6 сгорания, например тороидальная, в частности трубчатая или кольцевая камера сгорания с несколькими соосными форсунками 7, турбина 8 и корпус 9 камеры для газообразных отходов горения.

Камера 6 сгорания соединена, например, с кольцеобразным каналом 11 горячего газа, в котором расположены, например, четыре последовательно подключенные ступени 12 турбины, образующие турбину 8.

Каждая из ступеней 12 турбины образована, например, двумя лопаточными колесами. В направлении потока рабочей среды 13 в канале 11 горячего газа одного из рядов 15 лопаток расположен ряд 25, состоящий из рабочих лопаток 20.

В процессе работы газовой турбины 1 компрессор 5 всасывает через корпус 4 воздухозаборника воздух 35 и уплотняет его. Подготовленный сжатый воздух через торец компрессора 5 со стороны турбины подается в форсунки 7 и смешивается там с топливом. Топливная смесь образует рабочую среду 13, которая сжигается в камере 6 сгорания и поступает вдоль канала 11 горячего газа на рабочие лопатки 30 и лопатки 20. На лопатках 20 рабочая среда 13 разряжается с передачей образованных импульсов и, таким образом, рабочие лопатки 20 приводят в движение ротор 3, который запускает подключенный рабочий агрегат.

В преимущественном варианте выполнения изобретения форсунка 7 используется с т.н. трубчатой камерой 6 сгорания (фиг.2). При этом газовая турбина 1 включает несколько расположенных по кольцу отдельно друг от друга трубчатых камер 6 сгорания, отверстия которых, расположенные со стороны выхода потока входят в кольцевой канал 11 горячего газа со стороны входа турбины. При этом преимущественно на каждой из трубчатых камер сгорания расположены несколько, например шесть или восемь, форсунок 7 со стороны противоположного отверстия со стороны выхода трубчатой камеры 6 сгорания, как правило, по кольцу вокруг главной форсунки.

На фиг.2 схематично изображен элемент трубчатой форсунки 7. Форсунка 7 включает головной торец 51, переводной канал (транзистия) 52 и расположенный между ними хвостовик 53. При этом в качестве «головного торца (центральной системы) 51»

понимают главным образом часть системы впрыска топлива 55/системы предварительного воздушного смешивания топлива 56 форсунки. Хвостовик 53 проходит произвольно от головного торца к переводному каналу 52. В хвостовике 53 и кожухе 60 потока выполняют кольцевой проход 57, по которому поступает охлажденный воздух 65 для сгорания. Зону перед системой впрыска 55 топлива или системой предварительного воздушного смешивания 56 топлива обозначают как форкамеру 100 форсунки. Форсунка 7 включает колпачок 110 с боковой 150 и верхней 170 сторонами. При этом, по меньшей мере, верхняя сторона 170 колпачка со стороны потока расположена перед головным торцом 51, за счет чего между верхней стороной 170 колпачка и головным торцом 51 образуется форкамера 100 форсунки. Колпачок 110 включает сторону 140, обращенную к камере сгорания, и сторону 120, обращенную от камеры сгорания (фиг.3). При этом колпачок 110 и его верхняя сторона 150 расположены почти за пределами агрегата.

На фиг.3 изображены система форсунок согласно изобретению, включающая две отдельные, расположенные рядом форсунки 7, каждая с кольцевой камерой 6 сгорания и головным торцом 51. Каждая из форсунок 7 включает колпачок 110 с боковой стороной 150 и верхней стороной 170. При этом, по меньшей мере, верхняя сторона 170 колпачка со стороны потока расположена перед головным торцом 51, за счет чего между верхней стороной 170 колпачка и головным торцом 51 образуется форкамера 100 форсунки. Между двумя соседними форкамерами 100 форсунок расположено акустическое соединение 130. Это акустическое соединение является преимущественно кольцеобразным и соединяет между собой соответствующие соседние форкамеры 100 форсунок 7 всей газовой турбины. Кольцеобразное соединение может быть выполнено, например, из трубки, соединяющей друг с другом отдельные форкамеры 100. В зоне форкамер 100 такое соединение 130 можно выполнить без больших конструктивных затрат. Кольцеобразное соединение заканчивается, таким образом, на форкамере 100 форсунки, на которой оно было начато. Таким образом, больше не возникают режимы, распространяющиеся по соединению перед турбиной от одной камеры сгорания к другой, что могло привести к противофазным колебаниям камер сгорания и их форкамер. Акустическое соединение 130 гасит и предотвращает возникновение таких форм режима.

#### Формула изобретения

1. Система форсунок, включающая, по меньшей мере, две отдельные, расположенные рядом форсунки (7), каждая из которых включает, по меньшей мере, одну камеру сгорания (6) и один головной торец (51), который включает, по меньшей мере, одно устройство (55) впрыска топлива, а также одно устройство (56) внутреннего воздушного смешивания топлива, причем каждая форсунка (7) включает колпачок (110) с боковой (150) и верхней (170) сторонами, причем, по меньшей мере, верхняя сторона (170) колпачка расположена в направлении потока перед головным торцом (51), за счет чего между верхней стороной (170) колпачка и головным торцом (51) образуется форкамера (100) форсунки, причем боковая сторона (150) колпачка, по меньшей мере, частично расположена вокруг головного торца (51) и в радиальном направлении (r) отстоит от головного торца (51), отличающаяся тем, что, по меньшей мере, две форкамеры (100) форсунок включают акустическое соединение (130), причем акустическое соединение (130) между двумя соседними форкамерами является трубкой, соединяющей форкамеры (100) форсунок.

2. Система форсунок по пункту 1, отличающаяся тем, что боковая сторона (150)

колпачка и головной торец (51) образуют канал (125).

3. Система форсунок по пункту 1, отличающаяся тем, что акустическое соединение (130) является кольцеобразным.

5 4. Система форсунок по пункту 1, отличающаяся тем, что акустическое соединение (130) представляет собой канал, соединяющий форкамеры (100) форсунок.

5. Система форсунок по любому из пунктов 1-4, отличающаяся тем, что каждая форсунка (7) со своей форкамерой (100) форсунки включает акустическое соединение (130) с соответствующей соседней форсункой (7) или с форкамерой (100) форсунки.

10 7. Газовая турбина с компрессором, турбиной и системой форсунок по любому из предыдущих пунктов формулы изобретения.

15

20

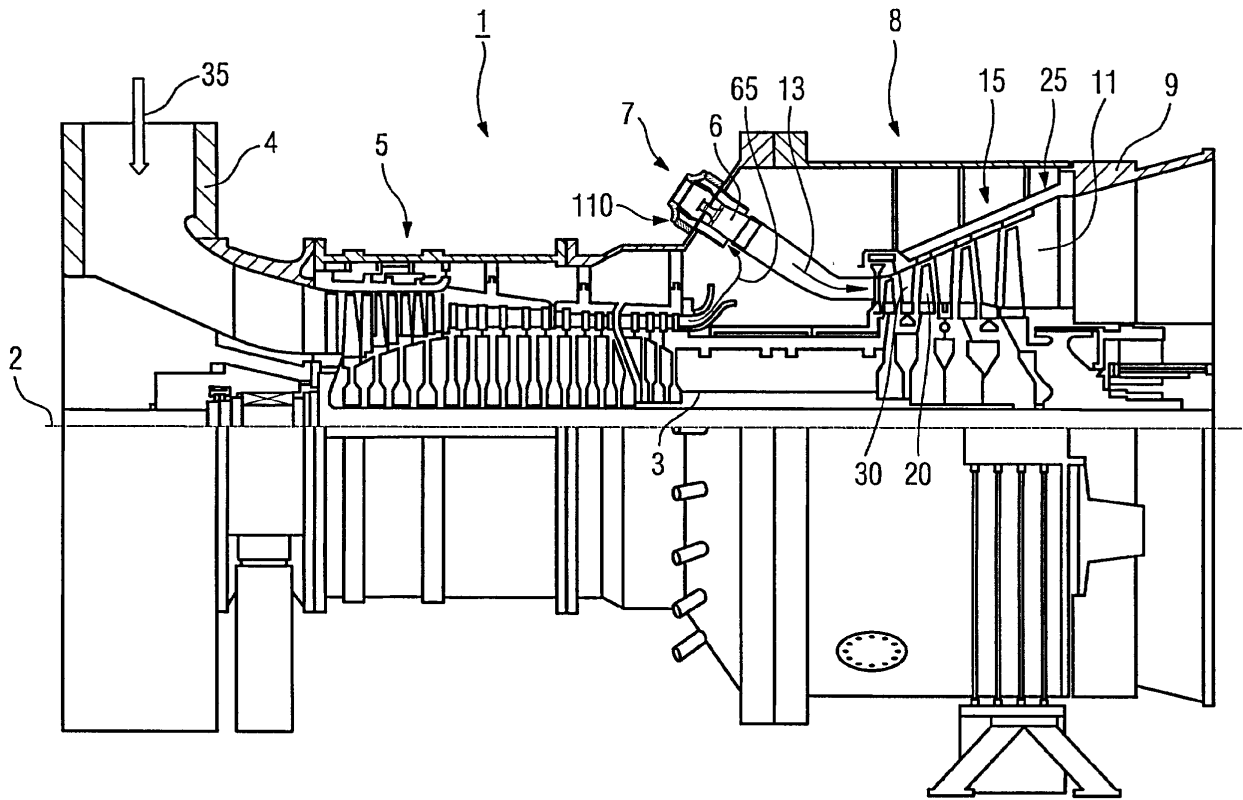
25

30

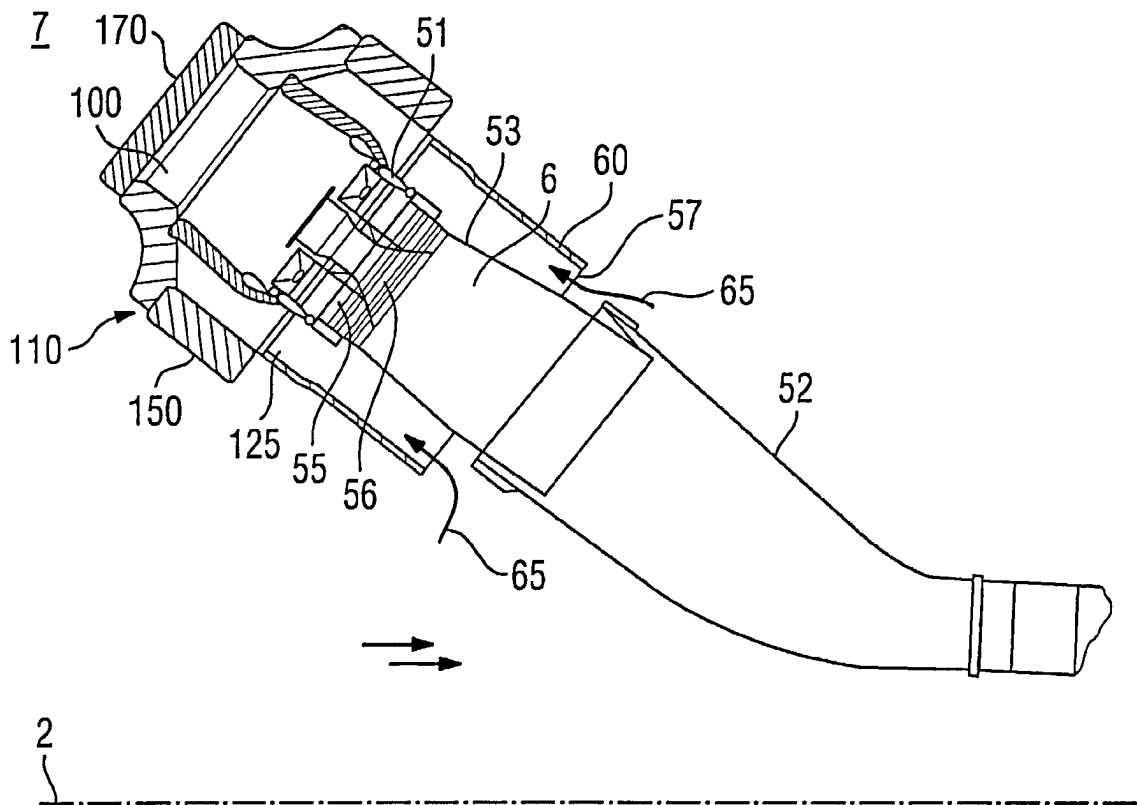
35

40

45

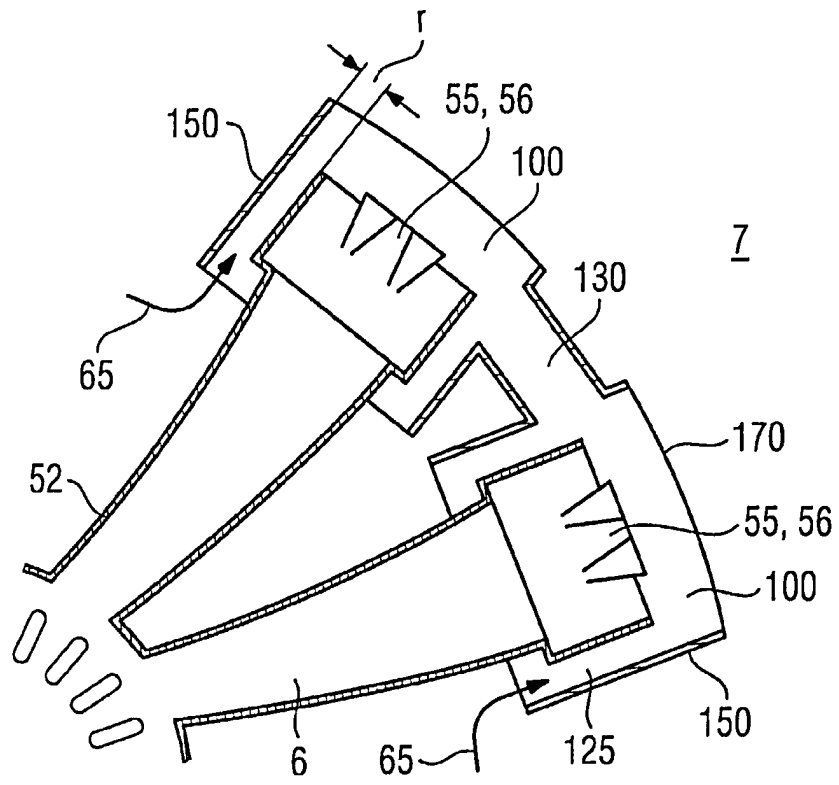


Фиг.1



Фиг.2





Фиг.3