РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 277 181** (13) **C2**

(51) МПК
F02K 3/10 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2004120503/06, 07.07.2004**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.07.2004

(43) Дата публикации заявки: **20.12.2005**

(45) Опубликовано: **27.05.2006 Бюл. № 15**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 4199936 A, 29.04.1980. SU 843505 A, 30.10.1991. SU 1055213 A1, 23.12.1991. RU 219484 C2, 10.12.2002. EP 0576717 A1, 05.01.1994.**

Адрес для переписки:
129301, Москва, ул. Касаткина, 13, НТЦ им. А. Люльки ОАО "НПО "Сатурн", патентный отел

(72) Автор(ы):
Гойхенберг Михаил Михайлович (RU),
Марчуков Евгений Ювенальевич (RU),
Тарасов Александр Иванович (RU),
Привалов Виталий Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Открытое акционерное общество "Научно-производственное объединение "Сатурн" (ОАО НПО "Сатурн") (RU)

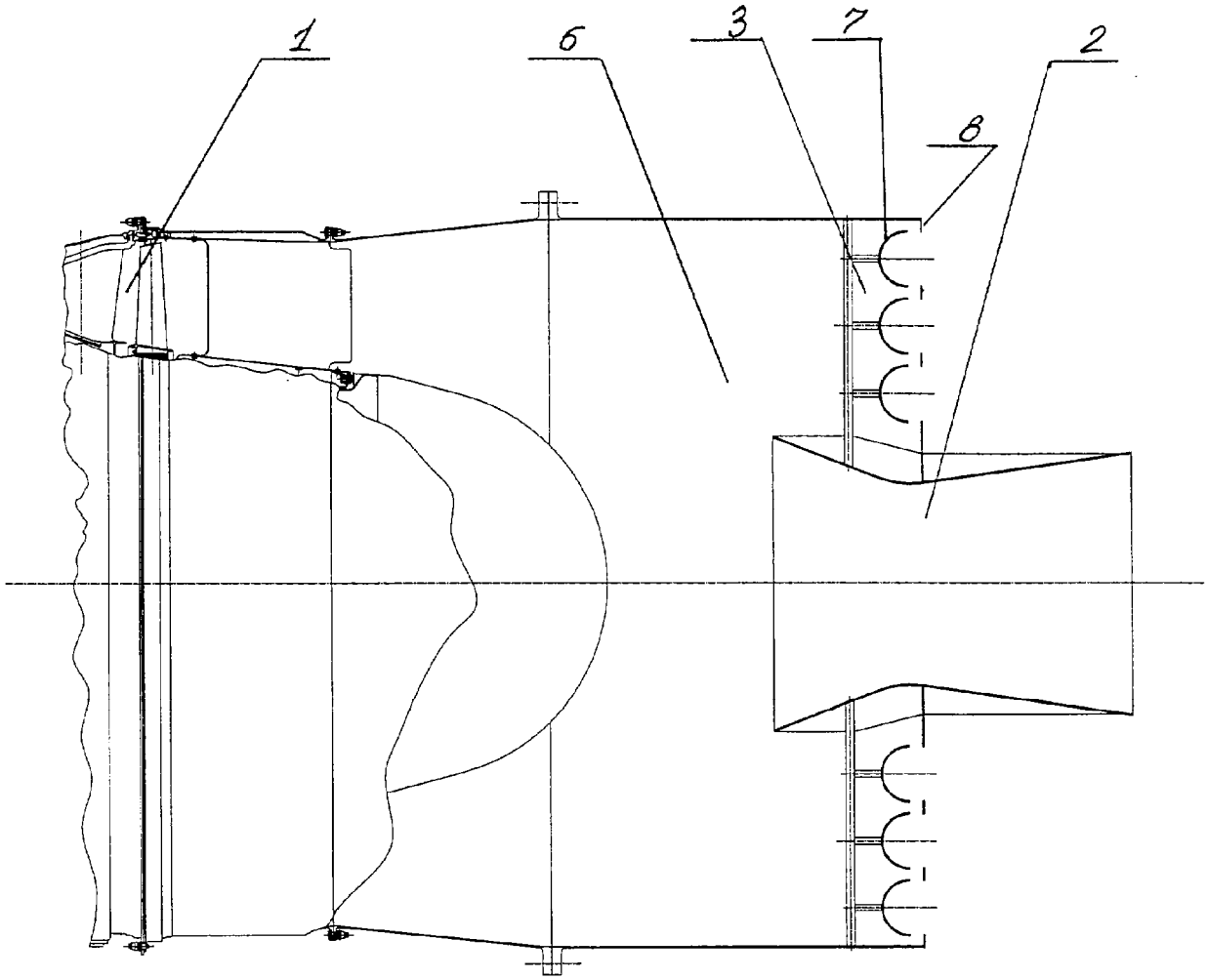
(54) ТУРБОРЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

(57) Реферат:

Турбореактивный двигатель содержит газогенератор, сопло и форсажное устройство с корпусами, образующими корпус двигателя. Форсажное устройство размещено по периметру сопла и выполнено в виде кольцевой камеры с соединенными с ней газодинамическими резонаторами и установленной относительно них с зазором задней стенкой, соединенной с соплом и выполненной с отверстиями, соосными газодинамическим резонаторам. Каждый газодинамический резонатор выполнен в виде профилированного элемента, преимущественно чашеобразной формы, направленного своей вогнутой поверхностью к отверстиям в задней стенке, и кольцевого сопла, образованного кромками профилированного элемента и соосного ему отверстия в задней стенке. В местах отверстий на задней стенке форсажного устройства закреплены эжекторные насадки. Изобретение позволяет увеличить удельную тягу и экономичность двигателя без увеличения габаритов и веса конструкции, а также при неизменном расходе. 4 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2277181 C2

RU 2277181 C2



фиг. 1

RU 2277181 C2

RU 2277181 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 277 181** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
F02K 3/10 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2004120503/06, 07.07.2004**

(24) Effective date for property rights: **07.07.2004**

(43) Application published: **20.12.2005**

(45) Date of publication: **27.05.2006 Bull. 15**

Mail address:
129301, Moskva, ul. Kasatkina, 13, NTTs im. A. Ljul'ki OAO "NPO "Saturn", patentnyj otel

(72) Inventor(s):
Gojkhenberg Mikhail Mikhajlovich (RU),
Marchukov Evgenij Juvenal'evich (RU),
Tarasov Aleksandr Ivanovich (RU),
Privalov Vitalij Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie "Saturn" (OAO NPO "Saturn") (RU)

(54) TURBOJET ENGINE

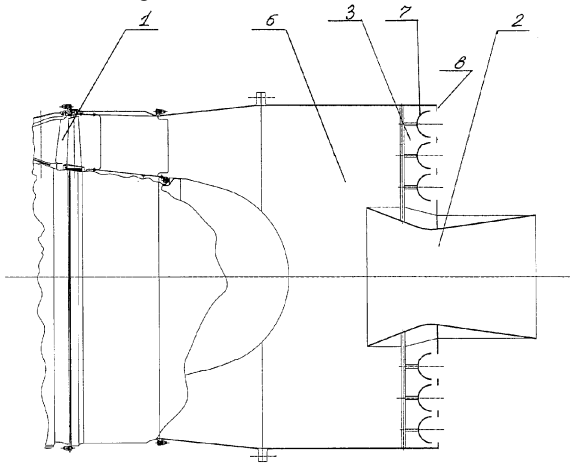
(57) Abstract:

FIELD: aircraft industry.

SUBSTANCE: proposed turbojet engine contains gas generator, nozzle and afterburner with housings forming housing of engine. Afterburner is installed over perimeter of nozzle, being made in form of circular chamber with gas-dynamic resonators connected with chamber and rear wall installed with clearance relative to resonators and connected with nozzle and provided with holes coaxial with gas dynamic resonators. Each gas-dynamic resonator is made in form of shaped member, mainly bowl-shaped, with concave surface pointed to holes in rear wall, and circular nozzle formed by edges of shaped member and hole in rear wall coaxial with circular nozzle. Ejector heads are secured in places of holes on rear wall of afterburner.

EFFECT: increased specific thrust and economy of engine without increasing overall dimensions and weight of engine at constant consumption.

6 cl, 5 dwg



фиг. 1

RU 2277181 C2

RU 2277181 C2

Изобретение относится к области авиадвигателестроения и может быть использовано при создании реактивных двигателей, предназначенных для полета летательных аппаратов в атмосфере.

Известен турбореактивный двигатель, содержащий газогенератор, сопло и форсажное устройство, расположенное между газогенератором и соплом (Г.С.Скубачевский. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. М.: Машиностроение, 1969 г., стр.5, рис.1.01).

Известен также двухконтурный турбореактивный двигатель, содержащий внутренний контур, образованный последовательно соединенными газогенератором и соплом, и наружный контур, образованный корпусами газогенератора и сопла и наружным корпусом двигателя, с установленным в нем форсажным устройством (Теория двухконтурных турбореактивных двигателей под редакцией С.М.Шляхтенко и В.А.Сосунова, М.: Машиностроение, 1979 г., стр.17, рис.В).

Недостатком известных двигателей является низкая экономичность на форсированных режимах работы каждого из них, ввиду сгорания топлива при низком давлении в форсажной камере сгорания. Известные двигатели не обеспечивают достаточного запаса форсирования тяги без существенного изменения габаритов, веса конструкции и увеличения необходимого расхода воздуха.

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, является повышение удельной тяги и экономичности двигателя без увеличения габаритов и веса конструкции, а также при неизменном расходе воздуха.

Задача решается тем, что в турбореактивном двигателе, содержащем газогенератор, сопло и форсажное устройство, последнее размещено по периметру сопла и выполнено в виде кольцевой камеры с соединенными с ней газодинамическими резонаторами и установленной относительно них с зазором задней стенкой, соединенной с соплом и выполненной с отверстиями, соосными газодинамическим резонаторам, причем каждый газодинамический резонатор выполнен в виде профилированного элемента, преимущественно чашеобразной формы, направленного своей вогнутой поверхностью к отверстиям в задней стенке и кольцевого сопла, образованного кромками профилированного элемента и соосного ему отверстия в задней стенке.

Кроме того, в изобретении может иметь место следующее:

- в местах отверстий на задней стенке форсажного устройства могут быть закреплены эжекторные насадки;

- двигатель выполнен двухконтурным с наружным контуром, образованным корпусами газогенератора, сопла и наружным корпусом двигателя, при этом форсажное устройство размещено в наружном контуре двигателя с образованием канала подвода вторичного воздуха к газодинамическим резонаторам, расположенным между кольцевой камерой форсажного устройства, корпусом сопла и наружным корпусом двигателя, причем форсажное устройство снабжено, по меньшей мере, одним фронтовым горелочным устройством, установленным в его кольцевой камере, а каждый газодинамический резонатор размещен в полом обтекателе, закрепленном на кольцевой камере посредством пилона с внутренним воздушным каналом, соединенным своим входом с каналом подвода вторичного воздуха к газодинамическим резонаторам, а выходом - с кольцевыми соплами газодинамических резонаторов;

- для двигателей с изменяемым вектором тяги, сопло выполнено поворотным, форсажное устройство жестко закреплено на поворотном сопле, причем наружный корпус двигателя в месте расположения форсажного устройства выполнен из неподвижной и подвижной частей, соединенных между собой через уплотнительный элемент с возможностью перемещения подвижной части вдоль внутренней поверхности неподвижной части.

Выполнение форсажного устройства в виде кольцевой камеры с соединенными с ней газодинамическими резонаторами обеспечивает повышение удельной тяги двигателя за счет реализации в форсажном устройстве изохорического, вплоть до детонационного,

термодинамического цикла с высокой частотой повторений импульсов. Такое выполнение форсажного устройства позволяет повысить удельную тягу двигателя и, благодаря его небольшим габаритам, «вписать» его в заданные значения диаметра наружного корпуса газотурбинного двигателя, а также в ряде случаев, за счет уменьшения длины форсажного устройства, сократить в целом длину двигателя.

Размещение форсажного устройства по периметру сопла позволяет разместить все необходимые конструктивные элементы форсажного устройства в заданном объеме двигателя, не увеличивая в целом его габариты.

Наличие задней стенки, соединенной с соплом и выполненной с отверстиями, соосными газодинамическим резонаторам обеспечивает выполнение выходных отверстий резонаторов, технологически упрощая изготовление устройства и позволяя не выходить за рамки заданных значений массово-габаритных параметров.

Выполнение каждого газодинамического резонатора в виде профилированного элемента, преимущественно чашеобразной формы, направленного своей вогнутой поверхностью к отверстиям в задней стенке, и кольцевого сопла, образованного кромками профилированного элемента и соосного ему отверстия в задней стенке форсажного устройства обеспечивает образование автоколебательных процессов с высокой частотой импульсов.

Крепление эжекторных насадков в местах отверстий на задней стенке форсажного устройства организует дополнительный подвод воздуха из окружающей среды для еще большего увеличения тяги двигателя.

Для двухконтурных турбореактивных двигателей размещение горелочных устройств в кольцевой камере форсажного устройства организует дополнительную подачу топлива для регулирования детонационного процесса, протекающего в форсажном устройстве.

Размещение форсажного устройства в наружном контуре двухконтурного турбореактивного двигателя с образованием канала подвода вторичного воздуха к газодинамическим резонаторам и размещение газодинамических резонаторов в полых обтекателях, закрепленных на кольцевой камере посредством пилонов с внутренним воздушным каналом, соединенным своим входом с каналом подвода вторичного воздуха к газодинамическим резонаторам, а выходом - с кольцевым соплом, обеспечивает организацию подачи вторичного воздуха к резонаторам, и, кроме того, способствует охлаждению их профилированных стенок в процессе работы двигателя.

Возможность использования форсажного устройства заявленного типа на двигателях с управляемым вектором тяги обеспечивается жестким креплением форсажного устройства на поворотном сопле, а также выполнением наружного корпуса двигателя в месте расположения форсажного устройства из неподвижной и подвижной частей, соединенных между собой через уплотнительный элемент с возможностью перемещения подвижной части вдоль внутренней поверхности неподвижной части.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг.1 представлен одноконтурный заявленный ТРД (фрагмент), на фиг 2 представлен заявленный ТРД с двумя контурами, на фиг 3 - (укрупненно) форсажное устройство заявленного ГТД, на фиг.4 - вариант выполнения ГТД с изменяемым вектором тяги, на фиг.5 - схема поворота форсажного устройства с поворотным соплом на угол ±£ с указанием направления вектора тяги.

Турбореактивный двигатель содержит газогенератор 1, сопло 2 и форсажное устройство 3, размещенное по периметру сопла 2. Корпус газогенератора 1 сопряжен с корпусом форсажного устройства 3, образуя единый наружный корпус двигателя с размещенным в нем соплом, при этом газогенератор 1 своим выходом подключен как к соплу 2, так и к форсажному устройству 3. В зависимости от типа двигателя, а именно параметров газа за турбиной величина критического сечения традиционного сопла может варьироваться в широких пределах.

Для двухконтурных турбореактивных двигателей, кроме газогенератора 1 и сопла 2, образующих внутренний контур двигателя, двигатель содержит наружный контур 4 двигателя, образованный корпусами газогенератора 1 и сопла 2 и наружным корпусом 5

двигателя, при этом форсажное устройство 3 расположено в наружном контуре 4. Форсажное устройство 3 выполнено в виде кольцевой камеры 6, соединенных с ней газодинамических резонаторов 7 и задней стенки 8, выполненной с отверстиями по числу газодинамических детонационных резонаторов 7. Задняя стенка 8 соединена с корпусом сопла 2 и с наружным корпусом 4 двигателя (для двухконтурного двигателя) элементами соединения 9, которые при выполнении их гибкими могут выполнять роль компенсаторов теплового расширения.

Для двухконтурного двигателя форсажное устройство расположено в наружном контуре 4 так, что кольцевая камера 6 образует с наружным корпусом 5 двигателя и корпусом сопла 2 канал 10 подвода вторичного воздуха к газодинамическим детонационным резонаторам 7.

Каждый газодинамический резонатор 7 выполнен в виде профилированного элемента 11, преимущественно чашеобразной формы, образующего открытую полость 12, и кольцевого сопла 13, образованного кромками профилированного элемента и соосного ему отверстия в задней стенке 8. Для двухконтурного двигателя газодинамические резонаторы 7 размещены в обтекателях 14, закрепленных на кольцевой камере 6 посредством пилонов 15, во внутренней полости которых выполнены воздушные каналы, сообщающие канал 10 с кольцевыми соплами 13 резонаторов 7.

На задней стенке 8 форсажного устройства 3 в местах отверстий по числу газодинамических детонационных резонаторов 7 закреплены эжекторные насадки 16.

В кольцевой камере 6 установлено, по меньшей мере, одно горелочное устройство 17 (в представленных примерах конструктивного выполнения заявленного устройства (фиг.2-5) в кольцевой камере установлено два фронтовых горелочных устройства 17).

Устройство может быть снабжено механизмом поворота сопла 2 с форсажным устройством 3, выполненное в виде гидроцилиндров 18. Для обеспечения возможности поворота сопла 2 с форсажным устройством 5 наружный корпус 4 двигателя состоит из подвижной и неподвижной частей 19 и 20, соединенных между собой через уплотнительный элемент 21. Подвижная часть 19 корпуса 4 установлена с возможностью перемещения вдоль внутренней поверхности 22 неподвижной части 20 корпуса 4. Корпус сопла 2 выполнен с неподвижным кольцевым опорным элементом со сферической наружной поверхностью 23. Подвижная часть 24 корпуса сопла 2 соединена со сферической поверхностью 23 через уплотнительный элемент 25 с возможностью перемещения вдоль нее.

Работа двигателя осуществляется следующим образом.

Одна часть воздуха поступает в камеру сгорания газогенератора 1, где осуществляется сжигание топлива при постоянном давлении P=const. Последующее расширение продуктов сгорания осуществляется в реактивном сопле 2. Другая часть воздуха поступает на вход форсажного устройства 3, выполняющего роль реактивного сопла. Применение газодинамических резонаторов с профилированными элементами чашеобразной формы, в которых реализуется автоколебательный процесс, аналогичный широкоизвестному эффекту Гартмана-Шпренгера, приводит к аномально высокому росту давления и температуры соответственно. Таким образом, эффективность предлагаемого форсажного устройства не уступает эффективности идеального сопла Лаваля.

В двухконтурном турбореактивном двигателе на форсированных режимах работы в кольцевую камеру 6 вместе с воздухом наружного контура 3 через горелочные устройства 17 поступает топливо. В этой камере, являющейся по сути камерой конверсии, осуществляется предварительная подготовка топлива к детонационному сгоранию, а именно разложение компонентов топливовоздушной смеси на химически активные составляющие.

Подготовленная смесь через кольцевые сопла 13 поступает в газодинамические резонаторы 7, которые служат для возбуждения детонации и осуществления подвода тепла в детонационных волнах. В резонаторах 7 возникает автоколебательный процесс, в котором с высокой частотой сгорают химически активные составляющие топливовоздушной

смеси, причем это сгорание практически мгновенное (взрывное), сопровождающееся значительным повышением температуры и давления продуктов сгорания, значительно превышающим уровни, достигаемые в классическом резонаторе Гартмана-Шпренгера. Этот процесс обеспечивает подвод тепла с эффективностью цикла V=const при более высоких степенях повышения давления, чем в цикле P=const.

Взаимодействуя с внутренней поверхностью профилированного элемента 11 как с препятствием, детонационная волна в процессе соударения и отражения передает элементу 11 резонатора 7 импульс от сил избыточного давления. Осуществляется взрывное воздействие детонационной волны на внутреннюю поверхность профилированного элемента 11, создающего тягу и именуемого «тяговой стенкой».

После отражения от тяговой стенки детонационная волна превращается в отраженную ударную волну, которая уже по сгоревшей смеси движется в сторону выхода, увлекая за собой продукты сгорания. Сгоревшая смесь выбрасывается в окружающую атмосферу, и после опорожнения рабочей полости (открытой полости 12) возникает волна разрежения, которая обеспечивает всасывание новой порции свежей топливоздушной смеси. Далее цикл повторяется.

При установке эжекторных насадков на задней стенке форсажного устройства, вследствие того, что за отраженной волной всегда имеется веер волн разрежения, в выходную газовую струю через каналы 26 обеспечивается подсос воздуха из окружающей среды, что приводит к еще большему увеличению тяги. При этом сам двигатель работает точно также как описано выше.

Для отклонения направления вектора тяги, жестко закрепленное на сопле 2 форсажное устройство 3 с помощью гидроцилиндров 18 совместно с соплом 2 поворачивается на угол £ (фиг.4). При этом уплотнительный элемент 21, соединяющий подвижную и неподвижную части 19 и 20 наружного корпуса 4 двигателя, перемещается вдоль внутренней поверхности 22 неподвижной части 20 корпуса 4, а уплотнительный элемент 25, соединяющий подвижную часть 24 корпуса сопла 2 со сферической наружной поверхностью 23 неподвижного опорного элемента поворотного сопла 2, перемещается вдоль сферической поверхности 23.

Изобретение позволяет, не увеличивая габариты и вес конструкции турбореактивного двигателя, а в ряде случаев и сокращая длину двигателя, а также при неизменном расходе воздуха, осуществлять изменения в цикле работы двигателя на форсажных режимах, расширяя диапазон форсирования его тяги и повышая его экономичность.

Изобретение открывает возможность модификации двигателей предыдущих поколений.

Формула изобретения

1. Турбореактивный двигатель, содержащий газогенератор, сопло и форсажное устройство с корпусами, образующими корпус двигателя, отличающийся тем, что форсажное устройство размещено по периметру сопла и выполнено в виде кольцевой камеры с соединенными с ней газодинамическими резонаторами и установленной относительно них с зазором задней стенкой, соединенной с соплом и выполненной с отверстиями, соосными газодинамическим резонаторам, причем каждый газодинамический резонатор выполнен в виде профилированного элемента, преимущественно чашеобразной формы, направленного своей вогнутой поверхностью к отверстиям в задней стенке и кольцевого сопла, образованного кромками профилированного элемента и соосного ему отверстия в задней стенке.

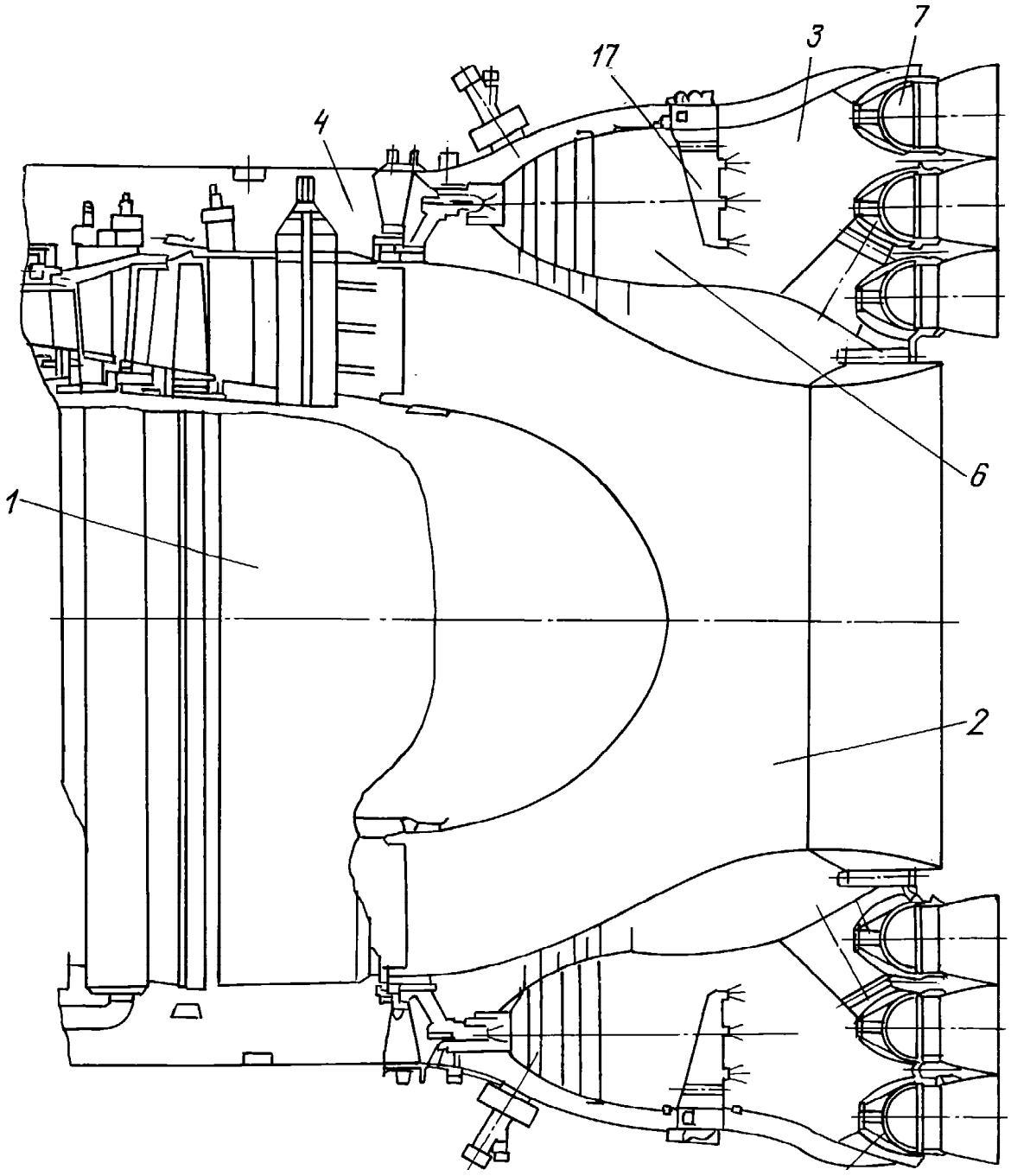
2. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что в местах отверстий на задней стенке форсажного устройства закреплены эжекторные насадки.

3. Двигатель по п.1 или 2, отличающийся тем, что он выполнен двухконтурным с наружным контуром, образованным корпусами газогенератора, сопла и наружным корпусом двигателя, причем форсажное устройство размещено в наружном контуре двигателя.

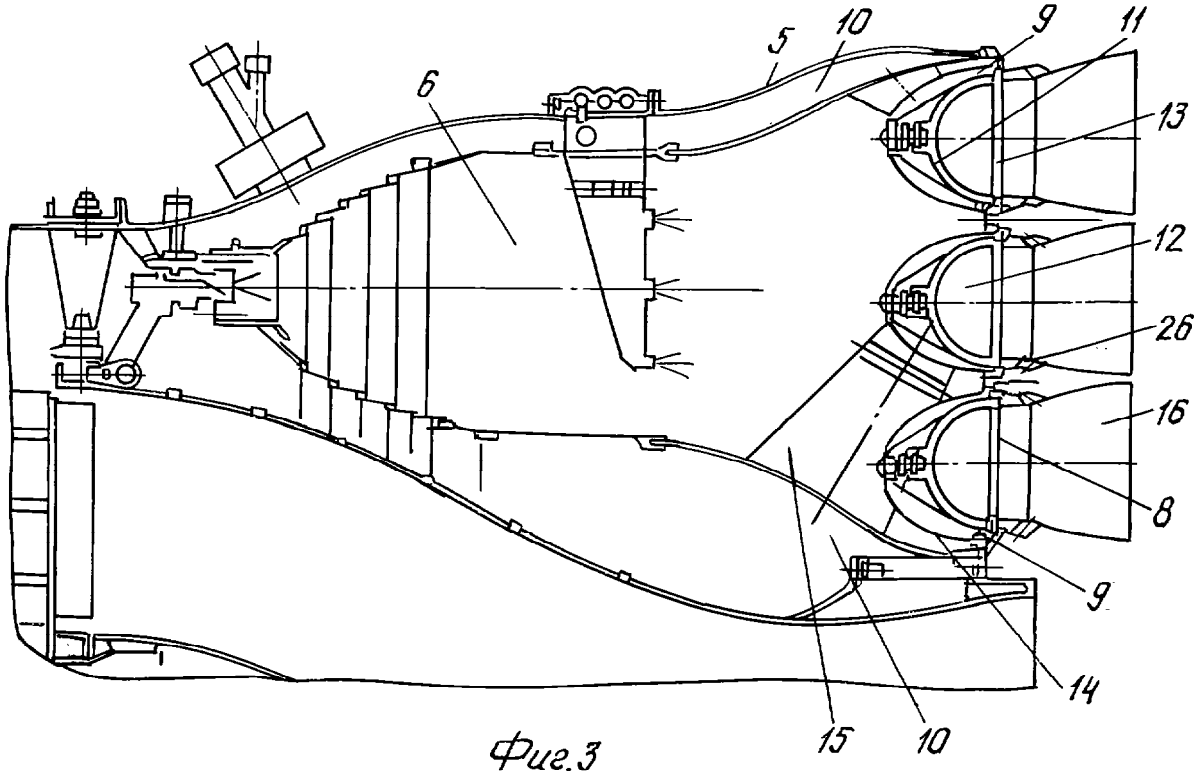
4. Двигатель по п.3, отличающийся тем, что форсажное устройство снабжено, по меньшей мере, одним фронтовым горелочным устройством, установленным в его

кольцевой камере, причем форсажное устройство размещено в наружном контуре двигателя с образованием канала подвода вторичного воздуха к газодинамическим резонаторам, расположенным между кольцевой камерой форсажного устройства, корпусом сопла и наружным корпусом двигателя, при этом каждый газодинамический резонатор размещен в полом обтекателе, закрепленном на кольцевой камере посредством пилона с внутренним воздушным каналом, соединенным своим входом с каналом подвода вторичного воздуха к газодинамическим резонаторам, а выходом - с кольцевыми соплами газодинамических резонаторов.

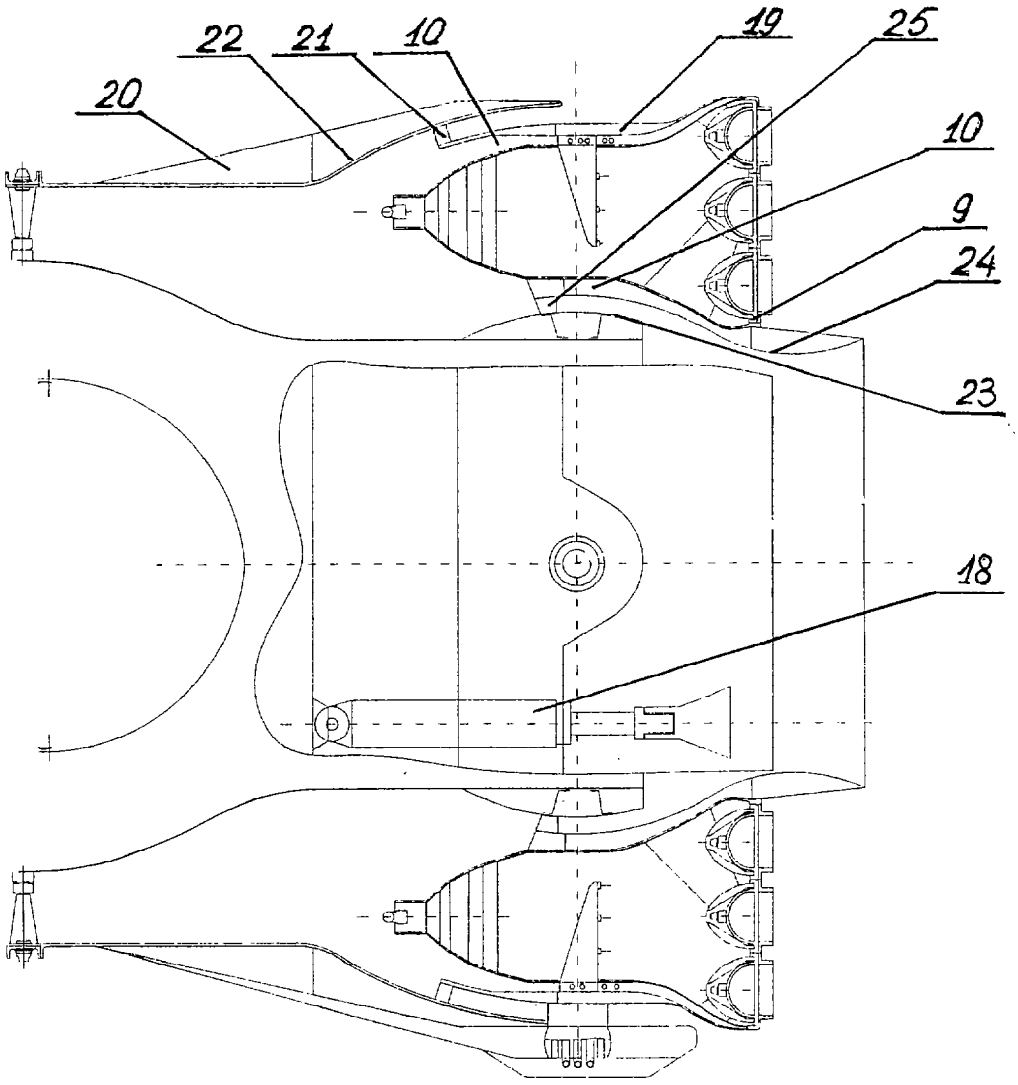
5. Двигатель по п.4, отличающийся тем, что для двигателей с изменяемым вектором тяги сопло выполнено поворотным, форсажное устройство жестко закреплено на поворотном сопле, причем наружный корпус двигателя в месте расположения форсажного устройства выполнен из неподвижной и подвижной частей, соединенных между собой через уплотнительный элемент с возможностью перемещения подвижной части вдоль внутренней поверхности неподвижной части.



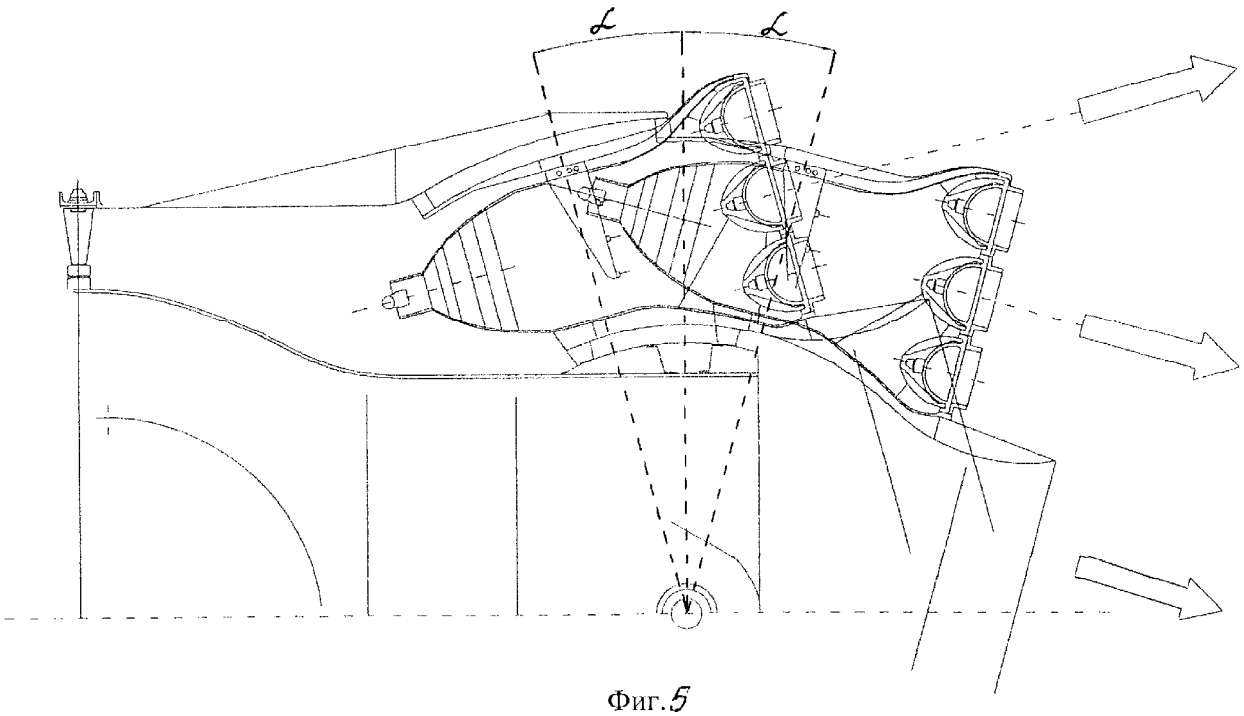
Фиг. 2



Фиг.3



Фиг. 4



Фиг. 5