



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F02K 1/48 (2022.02); F02K 3/06 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2020111120, 21.08.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.08.2018

Дата регистрации:
22.03.2022

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
21.08.2017 FR 175776

(43) Дата публикации заявки: 23.09.2021 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 22.03.2022 Бюл. № 9

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 23.03.2020

(86) Заявка РСТ:
FR 2018/052088 (21.08.2018)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2019/038503 (28.02.2019)

Адрес для переписки:
101000, Москва, ул. Мясницкая, 13, стр. 5, ООО
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ГОНСАЛЕС, Джереми Поль Франсиско
(FR),
БОДАР, Гийом (FR),
ЖОДЕ Норман Брюно Андре (FR),
МАРДХОНО, Джеки Нови (FR)

(73) Патентообладатель(и):

САФРАН ЭРКРАФТ ЭНДЖИНЗ (FR)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2013239576 A1, 19.09.2013. FR
1505556 A, 16.12.1967. US 6082635 A, 04.07.2000.
EP 1703114 A1, 20.09.2006. RU 2665760 C1,
04.09.2018. RU 2213240 C2, 27.09.2003.

(54) МОДИФИЦИРОВАННОЕ ЗВУКОВОЕ ВТОРИЧНОЕ СОПЛО

(57) Реферат:

Изобретение относится к узлу задней части газотурбинного двигателя (10), содержащему первичное сопло (11), содержащее заднюю кромку и образующее участок проточного тракта первого контура, и вторичное сопло (110), образующее участок проточного тракта второго контура вокруг продольной оси (X), при этом указанное вторичное сопло выполнено с возможностью выбрасывать смесь потоков, выходящих из проточного тракта (Vs) второго контура и из проточного тракта (Vp) первого контура газотурбинного двигателя (10), при этом вторичное сопло имеет сужающуюся-

расширяющуюся форму с критическим сечением (112), соответствующим минимальному сечению сопла (110), при этом вторичное сопло (110) содержит на уровне критического сечения (112) периодическую последовательность лепестков (116, 118), расположенных вдоль внутренней окружности вторичного сопла (110). Узел содержит также лепестковый смеситель (130) на выходном конце первичного сопла (11), содержащий чередование горячих лепестков (134), проходящих внутрь проточного тракта второго контура, и холодных лепестков (132), проходящих внутрь проточного тракта первого контура.

RU 2 7 6 7 8 6 2 C 2

RU 2767862 C2





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

F02K 1/48 (2022.02); F02K 3/06 (2022.02)(21)(22) Application: **2020111120, 21.08.2018**(24) Effective date for property rights:
21.08.2018Registration date:
22.03.2022

Priority:

(30) Convention priority:
21.08.2017 FR 1757776(43) Application published: **23.09.2021 Bull. № 27**(45) Date of publication: **22.03.2022 Bull. № 9**(85) Commencement of national phase: **23.03.2020**(86) PCT application:
FR 2018/052088 (21.08.2018)(87) PCT publication:
WO 2019/038503 (28.02.2019)Mail address:
**101000, Moskva, ul. Myasnitskaya, 13, str. 5, OOO
"Soyuzpatent"**

(72) Inventor(s):

**GONSALES, Dzheremi Pol Fransisko (FR),
BODAR, Gijom (FR),
ZHODE Norman Bryuno Andre (FR),
MARDKHONO, Dzheki Novi (FR)**

(73) Proprietor(s):

SAFRAN ERKRAFT ENDZHINZ (FR)(54) **MODIFIED SOUND SECONDARY NOZZLE**

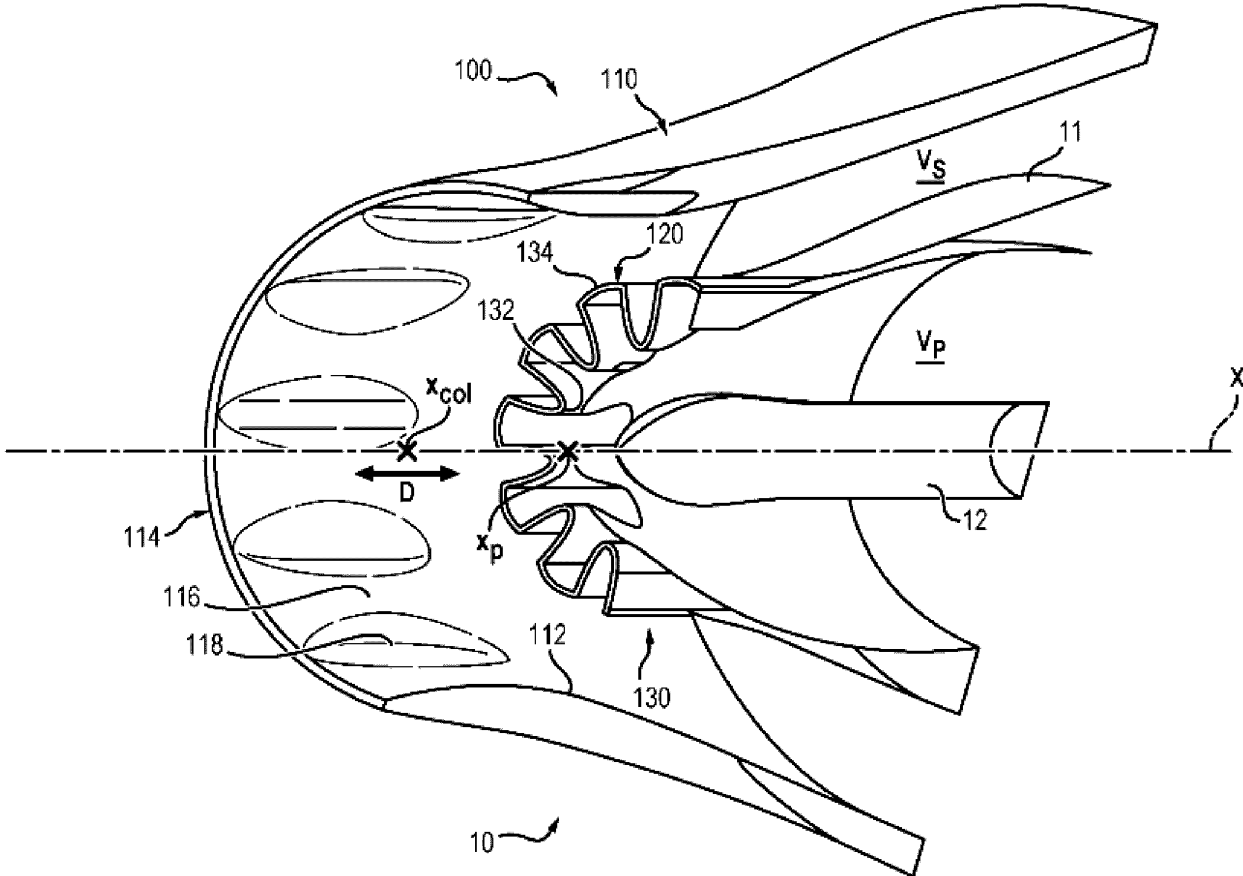
(57) Abstract:

FIELD: engine building.

SUBSTANCE: invention relates to an assembly of a rear part of gas turbine engine (10) containing primary nozzle (11) containing a rear edge and forming a flow path section of the first circuit, and secondary nozzle (110) forming a flow path section of the second circuit around longitudinal axis (X), while the specified secondary nozzle is made with the possibility of emitting a mixture of flows coming out of flow path (Vs) of the second circuit and from flow path (Vp) of the first circuit of gas turbine engine (10), while the secondary nozzle has a tapering-expanding shape with critical section (112) corresponding to the minimum section of nozzle (110), while secondary nozzle (110)

contains at the level of critical section (112) a periodic sequence of petals (116, 118) located along the inner circumference of secondary nozzle (110). The assembly also contains petal mixer (130) at an output end of primary nozzle (11), containing an alternation of hot petals (134) passing inside the flow path of the second circuit and cold petals (132) passing inside the flow path of the first circuit. Concave, that is, radially outward-directed, petals (118), respectively convex, that is, radially inward-directed, petals (116) of nozzle (110) are located, without taking into account longitudinal displacement, radially opposite hot petals (134), respectively, cold petals (132) of mixer (130).

EFFECT: noise reduction is achieved.



ФИГ. 3

RU 2767862 C2

RU 2767862 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к области снижения шума газотурбинного двигателя со смешением потоков. В частности, оно относится к задней части корпуса турбореактивного двигателя со смесителем, где поток первого контура на выходе двигателя и поток второго контура смешиваются внутри так называемого вторичного сопла, образуя отбрасываемую в наружный воздух струю.

Таким образом, область рассматриваемых газотурбинных двигателей связана с соплами LDMF («long duct mixed-flow»), то есть с вторичным соплом, проходящим за пределы места смешения потоков.

В частности, изобретение касается решений для проблемы акустики в рамках так называемого сужающегося-расширяющегося вторичного сопла.

Уровень техники

В рамках так называемых сходящихся-расходящихся сопел источник шума связан с тем, что в критическом сечении сопла присутствует область перехода через скорость звука.

Действительно, взаимодействие между возмущениями, появляющимися при смешивании двух потоков, и зоной сверхзвукового потока в сопле является источником высокочастотного шума. Это явление может возникать, в частности, когда сопло начинает работать при запуске.

Это явление наблюдается более явно, когда в месте слияния потоков первого и второго контуров установлен лепестковый смеситель. Для описания смесителей можно обратиться к документам FR2902469 или EP1870588, а также к документу WO2015/036684, в котором предложено решение с выполнением шевронов на задней кромке сопла.

Однако настоящее изобретение относится к области так называемых сужающихся-расширяющихся сопел. Такие сопла позволяют улучшить характеристики сопел со смешением потоков, в частности, за счет увеличения размера сужающегося-расширяющегося канала (соотношение называется «CVDC» и классически обозначается A_9/A_8 - см. фиг. 1, где показаны сопло 110, задняя кромка 114 критическое сечение 112, а также соответствующие сечения S_f/S_c). По определению, сужающееся-расширяющееся сопло имеет минимальное сечение, осевое положение которого не совпадает с одним из концов канала. Использование вторичного сужающегося-расширяющегося сопла обеспечивает два преимущества: оно позволяет существенно изменить коэффициент расхода потока с низкой степенью расширения и повысить эффективность сопла. Это повышение благотворно сказывается на характеристиках двигателя, но отрицательно влияет с точки зрения акустики.

Как было указано выше, на уровне критического сечения наблюдается появление области перехода через скорость звука (см. фиг. 2, на которой показаны две кривые, характеризующие шум, сплошной линией со смесителем и пунктирной линией без смесителя, при этом на оси абсцисс показана частота F , а на оси ординат - уровень звукового давления SPL (от Sound Pressure Level в децибелах)). Возмущения, возникающие при смешивании двух потоков, и область перехода через скорость звука, приводят к появлению нежелательных шумов.

Раскрытие сущности изобретения

Изобретение предназначено для уменьшения вышеупомянутых акустических последствий в рамках сужающегося-расширяющегося сопла со смесителем.

Для этого изобретением предложено вторичное сопло для двухконтурного газотурбинного двигателя, образованное вокруг продольной оси, при этом указанное

сопло выполнено с возможностью выбрасывать смесь потоков, выходящих из проточного тракта второго контура и из проточного тракта первого контура газотурбинного двигателя, при этом вторичное сопло имеет сужающуюся-расширяющуюся форму с критическим сечением, соответствующим минимальному сечению сопла, в котором вторичное сопло содержит на уровне критического сечения периодическую последовательность лепестков, расположенных вдоль внутренней окружности вторичного сопла.

Изобретение может включать в себя следующие отличительные признаки, рассматриваемые отдельно или в комбинации:

- периодическая последовательность выполнена таким образом, что сечение сопла на уровне критического сечения является наименьшим сечением сопла,
- радиус задней кромки превышает максимальный радиус на уровне критического сечения,
- средний радиус сопла в сечении на уровне критического сечения соответствует эквивалентному радиусу эквивалентного круглого сечения таким образом, чтобы сечение сопла на уровне критического сечения было наименьшим сечением сопла,
- каждый лепесток простирается в осевом направлении на части вторичного сопла на определенное расстояние на входе и/или на выходе критического сечения, предпочтительно на выходе до задней кромки сопла,
- указанное определенное расстояние меньше однократного среднего диаметра сопла на уровне критического сечения,
- в сечениях, ортогональных к продольной оси, амплитуда лепестков между последовательными сечениями вдоль направления на входе и/или на выходе критического сечения постепенно уменьшается до нулевого значения,
- периодическая последовательность лепестков определяется, по меньшей мере на участке внутренней окружности, предпочтительно более чем на 75% внутренней окружности, следующим уравнением:

$$R(x, \theta) = R_{ref}(x) + L(x) \cdot \cos(N \cdot \theta)$$

и

$$\pi R_{ref}^2(x_{col}) = \pi \int_0^{2\pi} R^2(x_{col}, \theta) d\theta$$

где R является радиусом вторичного сопла в зависимости от окружного положения и от абсциссы вдоль продольной оси сопла, x_{col} является абсциссой критического сечения, R_{ref} является радиусом контрольного круглого сечения, L является функцией амплитуды, зависящей от абсциссы, N является числом периодов,

- лепестки выполнены непосредственно из материала сопла,
- соотношение между сечением на задней кромке вторичного сопла и сечением в критическом сечении вторичного сопла составляет от 1 до 1,05.

Объектом изобретения является также узел для задней части газотурбинного двигателя, имеющий продольную ось, содержащий:

- описанное выше вторичное сопло, образующее участок проточного тракта второго контура,
- первичное сопло, содержащее заднюю кромку и образующее участок проточного тракта первого контура,
- лепестковый смеситель на выходном конце первичного сопла, содержащий чередование горячих лепестков, проходящих внутрь проточного тракта второго

контура, и холодных лепестков, проходящих внутри проточного тракта первого контура, в котором вогнутые, соответственно выпуклые лепестки сопла расположены, если не считать возможного продольного смещения, радиально напротив горячих лепестков, соответственно холодных лепестков смесителя.

5 Каждая вершина лепестков смесителя может быть радиально совмещена, если не считать возможного продольного смещения, с вершиной лепестка сопла.

Число вогнутых лепестков может быть равно числу горячих лепестков, и число выпуклых лепестков может быть равно числу холодных лепестков.

10 Объектом изобретения является также двухконтурный газотурбинный двигатель, содержащий описанное выше сопло и описанный выше узел.

Краткое описание чертежей

Другие отличительные признаки, задачи и преимущества изобретения будут более очевидны из нижеследующего описания, представленного в качестве иллюстративного и неограничивающего примера со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

15 на фиг. 1 показан общий принцип сужающегося-расширяющегося сопла;

на фиг. 2 показаны спектры шума (в децибелах) газотурбинного двигателя с лепестковым смесителем и без него;

на фиг. 3 представлен в трех измерениях вариант осуществления изобретения;

на фиг. 4 представлен вариант осуществления изобретения с показом нескольких 20 элементов на одной плоскости;

на фиг. 5 и 6 показано заявленное сопло в сравнении с контрольным соплом.

Осуществление изобретения

Далее со ссылками на фиг. 3-6 следует описание изобретения.

25 Рассматриваемая задняя часть 100 газотурбинного двигателя является частью двухконтурного газотурбинного двигателя 10, содержащего проточный тракт V_p первого контура и проточный тракт V_s второго контура. Проточным трактом называют объем, по которому проходит поток. Таким образом, в проточном тракте V_p первого контура проходит поток первого контура, а в проточном тракте V_s второго контура проходит поток второго контура.

30 Газотурбинный двигатель 10 расположен вокруг продольной оси X. В качестве абсциссы рассматривают положение вдоль этой продольной оси X.

Внутри проточного тракта V_p первого контура газотурбинный двигатель 10 содержит классические элементы, известные специалисту в данной области, такие как одна или несколько ступеней сжатия, камера сгорания и, наконец, одна или несколько ступеней 35 турбины, которые вращают, в частности, компрессоры, а также вентилятор, обеспечивающий питание проточного тракта V_s второго контура и основную часть тяги. На выходном конце проточный тракт V_p первого контура образован первичным соплом 11, через которое выходит поток первого контура. Первичное сопло 11 может быть выполнено из нескольких отдельных деталей.

40 Точно так же, внутри проточного тракта V_s второго контура газотурбинный двигатель 10 содержит классические элементы, известные специалисту в данной области. В частности, на выходном конце проточный тракт второго контура образован соплом 110, называемым вторичным соплом. В случае газотурбинных двигателей LDMF оно проходит в сторону выхода за пределы первичного сопла 11. Следовательно, из 45 вторичного сопла 110 истекает поток второго контура, смешанный с потоком первого контура.

Это вторичное сопло 110 является сужающимся-расширяющимся соплом. Как было указано во вступлении, это значит, что радиус (или диаметр) сопла уменьшается, затем

опять увеличивается в направлении прохождения потока. Прямым следствием является то, что сечение прохождения потока уменьшается, затем опять увеличивается.

«Критическим сечением» 112 вторичного сопла называют часть сопла 110 на абсциссе x_{col} , где это сечение является минимальным.

5 Как правило, соотношение сужения-расширения составляет от 100% до 105% (отношение сечения задней кромки 114 к сечению в критическом сечении 112: S_f/S_c).

Задняя часть 100 корпуса газотурбинного двигателя может дополнительно содержать центральное тело 12, ограничивающее радиальное расширение проточного тракта
10 первого контра внутри сопла 110. Это центральное тело 12 не входит в объем изобретения. Оно находится на продольной оси X и обычно заканчивается после задней кромки 120 сопла.

Так, первичное сопло 11 содержит заднюю кромку 120 на абсциссе x_p перед абсциссой x_{col} . Центральное тело 12, если оно присутствует, проходит в продольном направлении
15 за пределы задней кромки 120, то есть заходит за абсциссу x_p .

Как показано на фиг. 3-4, первичное сопло 11 заканчивается лепестковым смесителем 130, который, как было указано во вступлении, предназначен для смешения потоков первого и второго контуров до их полного истечения через вторичное сопло 110. Как
20 показано на фиг. 3, лепестковый смеситель 130 представляет собой профилированную деталь, проходящую внутри вторичного сопла 110, со стенками, ограничивающими изнутри проточный тракт V_p первого контура и снаружи проточный тракт V_s второго контура. Смесители могут иметь симметричные и периодические лепестки или не симметричные и/или не периодические лепестки. Толщина задней кромки смесителя 130, совпадающей с задней кромкой 120 первичного сопла 11, обычно является
25 небольшой, чтобы избежать эффекта «горловины» между двумя потоками. Как правило, лепестковый смеситель 130 заканчивается на значительном расстоянии от выходного конца сопла 110, чтобы смешение потоков было однородным. Следует напомнить, что изобретение относится к газотурбинным двигателям LDMF («long duct - mixed flow»).

Как показано на фиг. 3 и 4, согласно примеру осуществления, смеситель 130 выполнен
30 с симметричными лепестками, периодическими по полярному углу вокруг продольной оси X. В этом примере линия задней кромки 120 имеет волнистую по полярному углу и равномерную трехмерную форму, которая периодически проходит через нижнюю точку 132 минимального радиуса и через верхнюю точку 134 максимального радиуса. Предпочтительно форму смесителя получают, соединяя эту линию задней кромки 120
35 гладкими правильными поверхностями с одной стороны с круглым сечением наружной стенки первичного сопла 11, с другой стороны с круглым сечением внутренней стенки проточного тракта V_s второго контура. Известные средства позволяют специалисту в данной области получать эти гладкие поверхности, определяя правила равномерного изменения радиуса для соединения входных сечений с задней кромкой 120 лепесткового
40 смесителя 130.

В представленном примере изгибы задней кромки 120 смесителя 130 являются периодическими. Таким образом, средняя поверхность между радиально наружной стенкой и радиально внутренней стенкой смесителя 130 имеет периодическую
45 волнистость по полярному углу вокруг продольной оси X, образующую со стороны потока первого контура под верхними точками 134 задней кромки 120 расходящиеся лепестки (называемые горячими лепестками и обозначенные для упрощения позицией 134) и со стороны потока второго контура над нижними точками 132 задней кромки - сходящиеся лепестки (называемые холодными лепестками и обозначенные для

упрощения позицией 132).

В представленном примере абсцисса x_p на продольной оси X, которая определяет максимальное расширение лепесткового смесителя 130 на выходе, соответствует верхним точкам горячих лепестков (фиг. 3). Через абсциссу x_p проходит плоскость выброса, то есть плоскость, начиная от которой воздушный поток выбрасывается из горячих лепестков. В этом примере выполнения смеситель содержит восемнадцать горячих лепестков, симметрично расположенных вокруг осевой плоскости, проходящей через их середину, и распределенных периодически.

В другом варианте осуществления изобретения можно предусмотреть выполнение лепесткового смесителя 130, изменив его осевое расширение, степень проникновения лепестков (определяемую в основном радиусами верхних 134 и нижних 132 точек задней кромки 120), форму этой задней кромки 120, а также число лепестков. Лепестки могут также не иметь осевых плоскостей симметрии. Точно так же, хотя распределение лепестков в основном является периодическим, эту периодичность можно локально изменить, поменяв форму некоторых лепестков, например, чтобы адаптировать смеситель 130 для прохождения пилона.

Лепестковый смеситель 130 способствует смещению потоков V_p первого контура и V_s второго контура в проточном тракте внутри вторичного сопла 110, в частности, создавая сдвиги и возмущения на границе раздела между потоками.

Далее после этого описания общего принципа следует описание средств осуществления изобретения со ссылками на фиг. 3-6.

Вдоль своей внутренней окружности вторичное сопло 110 содержит на уровне критического сечения 112 периодическую последовательность лепестков, направленных радиально наружу 118 и радиально внутрь 116. Иначе говоря, на внутренней окружности вторичного сопла 110 имеется периодическая последовательность лепестков 116, 118. Последовательность включает в себя чередование выпуклых 116 и вогнутых 118 лепестков. Это позволяет, в частности, локально увеличить и уменьшить радиус критического сечения 112 вторичного сопла 110, чтобы обеспечивать лучшее распределение тепла, исходящего от горячих лепестков. В частности, это позволяет удерживать воздушный поток, который проходит через область или области перехода через скорость звука, находящиеся на уровне критического сечения 112, вблизи внутренней стенки сопла 110. Следовательно, речь идет о пассивной системе.

Вместе с тем, максимальный радиус вторичного сопла 110 на уровне критического сечения 112 остается меньше радиуса вторичного сопла 110 на уровне задней кромки.

Предпочтительно лепестки 116, 118 присутствуют на всей внутренней окружности сопла 110. Вместе с тем, из конструктивных соображений (асимметрия вращения, прохождение стоек) некоторые участки окружности могут не иметь лепестков 116, 118.

Термины «выпуклый» и «вогнутый» следует понимать как «в основном выпуклый» и «в основном вогнутый», то есть лепесток (который представляет собой закругленный участок), в котором материал расположен в направлении радиально внутрь, и лепесток, в котором материал расположен с отступом радиально наружу. Выпуклость может локально находиться в вогнутости. Иначе говоря, как правило, сопло имеет в критическом сечении не круглое сечение, где лепестки чередуются таким образом, что радиус сечения регулярно меняется.

В частном варианте осуществления определения «выпуклый» и «вогнутый» могут быть строгими в том смысле, что выпуклые лепестки образованы выпуклой кривой (то есть без перегиба) и что вогнутые лепестки образованы вогнутой кривой (то есть без перегиба). В этом случае говорят о «строغو выпуклых» и «строغو вогнутых»

лепестках.

В варианте осуществления можно выполнить строго вогнутые лепестки и выпуклые лепестки в соответствии с вышеупомянутыми определениями.

По сравнению с классическим соплом, в котором сечения, ортогональные к продольной оси X, являются круглыми, площадь сопла на уровне критического сечения 112 предпочтительно остается неизменной. Это предполагает, что от осесимметричного контрольного сопла с радиусом R_{ref} на абсциссе x_{col} , соответствующим критическому сечению 112, вогнутые лепестки 118 проходят радиально наружу круглого контрольного сечения, и выпуклые лепестки 116 проходят радиально внутрь круглого контрольного сечения (см. фиг. 5 и 6, где на последней R_{ref} обозначает окружность круглого контрольного сечения).

Лепестки 116, 118 вторичного сопла 110 расположены в окружном направлении в соответствии с холодными 132 и горячими 134 лепестками смесителя 130. В частности, вогнутые лепестки 118 расположены радиально напротив горячих лепестков 134, если не считать возможного продольного смещения. Предпочтительно, из очевидных соображений симметрии, вершины лепестков пары из вогнутого/горячего лепестков или выпуклого/холодного лепестков радиально совмещены (то есть в ортогональном сечении продольная ось и обе вершины находятся на одной линии).

Предпочтительно сопряжение между вогнутым лепестком 118 и выпуклым лепестком 116 совмещено в радиальном направлении с сопряжением между горячим лепестком 134 и холодным лепестком 132.

Из соображений обеспечения эффективности в варианте осуществления число вогнутых лепестков 118 равно числу горячих лепестков 134. В дополнительном или альтернативном варианте осуществления число выпуклых лепестков 116 равно числу холодных лепестков 132. В некоторых конкретных случаях количества могут не совпадать, когда присутствие напряжений вынуждает убрать вогнутый или выпуклый лепесток (привод и т.д.).

Лепестки 116, 118 простираются также в продольном направлении во вторичном сопле 110 на определенное расстояние D, начиная от критического сечения, образуя аэродинамические формы, причем как на входе, так и/или на выходе критического сечения 112.

Для этого прежде всего обращают внимание на амплитуды выпуклых 116 и вогнутых 118 лепестков между несколькими последовательными сечениями, ортогональными к продольной оси X, которые постепенно уменьшаются до нулевого значения, на входе и на выходе критического сечения 112. Это может означать, в частности, что сечение сопла в целом опять становится круглым. Уменьшение амплитуды лепестков предусмотрено одновременно в абсолютном порядке (лепестки за пределами критического сечения 112 имеют амплитуду, меньшую амплитуды на уровне критического сечения 112) и в относительном порядке (амплитуда лепестка по отношению к диаметру больше на уровне критического сечения, чем в другом месте).

Предпочтительно лепестки 116, 118 в продольном направлении центрованы по критическому сечению 112 и расположены, таким образом, в продольном направлении как на входе, так и на выходе.

В варианте осуществления лепестки 116, 118 доходят до задней кромки 114 с амплитудой, которая постепенно уменьшается таким образом, чтобы сечение задней кромки 114 было круглым.

Расстояние D может зависеть от нескольких параметров, в частности, таких как расстояние между задней кромкой 114 и критическим сечением 112. Вместе с тем,

расстояние между критическим сечением 112 и одним из концов лепестка 116, 118 предпочтительно меньше однократного диаметра вторичного сопла 110 в критическом сечении 112.

В частном варианте осуществления, адаптированном для периодического смесителя 130, лепестки образуют синусоиду, отвечающую следующему уравнению:

$$R(x, \theta) = R_{ref}(x) + L(x) \cdot \cos(N \cdot \theta),$$

где R является радиусом сопла в зависимости от окружного положения и от абсциссы вдоль продольной оси сопла, x_{col} является абсциссой критического сечения, R_{ref} является радиусом контрольного круглого сечения, L является функцией амплитуды, зависящей от абсциссы, и N является числом периодов, то есть числом выполняемых выпуклых 116 или вогнутых 118 лепестков.

Поскольку желательно, чтобы площадь сечения сопла 110 на абсциссе x_{col} была идентичной площади сечения контрольного сопла, лепестки отвечают также следующему уравнению:

$$\pi R_{ref}^2(x_{col}) = \pi \int_0^{2\pi} R^2(x_{col}, \theta) d\theta$$

Функция L определяет изменение лепестков по абсциссе. В варианте осуществления применяют гауссову функцию.

В этом варианте осуществления получают строго выпуклые и строго вогнутые лепестки, центрованные в продольном направлении вокруг критического сечения 112. Форма лепестков сопла 110 может локально отступать от данной формулы, чтобы обеспечить прохождение пилона или конструктивного вала. Таким образом, формулу можно применять для лепестков на участке внутренней окружности. Этот участок простирается в этом случае по меньшей мере на 50% и даже на 75% общей внутренней окружности. В отсутствие специальной конструкции, которая может помешать применению формулы, можно сохранить целостность окружности.

Предпочтительно лепестки 116, 118 выполнены непосредственно из материала сопла либо посредством литья, либо посредством последующей деформации. Можно предусмотреть выполнение выпуклых лепестков 116 путем добавления материала после изготовления вторичного сопла 110.

Это измененное сопло имеет ограниченное и даже нулевое влияние на массу. С учетом пассивности системы риск поломки тоже является ограниченным, и нет необходимости в расходовании какого-либо дополнительного ресурса. Кроме того, оно не уменьшает поверхность обработки для известных видов акустической обработки (выполняемых в толщине вторичного сопла). Наконец, это измененное сопло почти не вносит изменений в архитектуру классических сужающихся-расширяющихся сопел.

Локальное повышение температуры на 50°K позволяет, например, уменьшить число Маха до значения 0,90-0,95 по сравнению с числом Маха = 1 при температуре 320°K.

Деформированное сопло 110 позволяет получить совокупный выигрыш до 1 дБ реально воспринимаемого шума.

(57) Формула изобретения

1. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) с продольной осью (X), содержащий:

- первичное сопло (11), содержащее заднюю кромку (120) и образующее участок проточного тракта (V_p) первого контура,
- вторичное сопло (110), образующее участок проточного тракта (V_s) второго

контура, при этом указанное сопло выполнено с возможностью отбрасывать смесь потоков, истекающих из проточного тракта (V_s) второго контура и из проточного тракта (V_p) первого контура газотурбинного двигателя (10), при этом вторичное сопло имеет сужающуюся-расширяющуюся форму с критическим сечением (112),

5 соответствующим минимальному сечению сопла (110),

- лепестковый смеситель (130) на выходном конце первичного сопла (11), содержащий чередование горячих лепестков (134), проходящих внутрь проточного тракта (V_s) второго контура, и холодных лепестков (132), проходящих внутрь проточного тракта (V_p) первого контура,

10 отличающийся тем, что:

- на уровне критического сечения (112) вторичное сопло (110) содержит периодическую последовательность лепестков (116, 118), расположенных вдоль внутренней окружности вторичного сопла (110), и

15 - вогнутые, то есть направленные радиально наружу, лепестки (118), соответственно выпуклые, то есть направленные радиально внутрь, лепестки (116) сопла (110) расположены, без учета продольного смещения, радиально напротив горячих лепестков (134), соответственно холодных лепестков смесителя (130).

2. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по п. 1, отличающийся тем, что каждый лепесток (116, 118) простирается в осевом направлении по части вторичного сопла (110) на определенное расстояние (D) на входе и/или на выходе критического сечения (112), предпочтительно на выходе до задней кромки (114) сопла (110).

3. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по п. 2, отличающийся тем, что расстояние (D) меньше однократного среднего диаметра сопла (110) на уровне критического сечения (112).

25 4. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по п. 2 или 3, отличающийся тем, что в сечениях, ортогональных к продольной оси (X), амплитуда лепестков (116, 118) между последовательными сечениями вдоль направления на входе и/или на выходе критического сечения (112) постепенно уменьшается до нулевого значения.

5. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по любому из пп. 1–4, 30 отличающийся тем, что периодическая последовательность лепестков определена по меньшей мере на участке внутренней окружности, предпочтительно более чем на 75% внутренней окружности, следующими уравнениями:

$$R(x, \theta) = R_{ref}(x) + L(x) \cdot \cos(N \cdot \theta)$$

35 и

$$\pi R_{ref}^2(x_{col}) = \pi \int_0^{2\pi} R^2(x_{col}, \theta) d\theta,$$

40 где R является радиусом вторичного сопла в зависимости от окружного положения θ и от абсциссы x вдоль продольной оси сопла, x_{col} является абсциссой критического сечения, R_{ref} является радиусом контрольного круглого сечения, L является функцией амплитуды, зависящей от абсциссы, N является числом периодов.

6. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по любому из пп. 1–5, отличающийся тем, что лепестки выполнены непосредственно из материала сопла.

45 7. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по любому из пп. 1–6, отличающийся тем, что соотношение между сечением на задней кромке (114) вторичного сопла (110) и сечением в критическом сечении (112) вторичного сопла (110) составляет от 1 до 1,05.

8. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по любому из пп. 1–7, отличающийся тем, что сечение задней кромки (114) вторичного сопла является круглым.

9. Узел задней части газотурбинного двигателя (10) по п. 8, отличающийся тем, что количество вогнутых лепестков (118) равно количеству горячих лепестков (134) и количество выпуклых лепестков (116) равно количеству холодных лепестков (132).

10. Двухконтурный газотурбинный двигатель (10), содержащий узел задней части по любому из пп. 1-9.

10

15

20

25

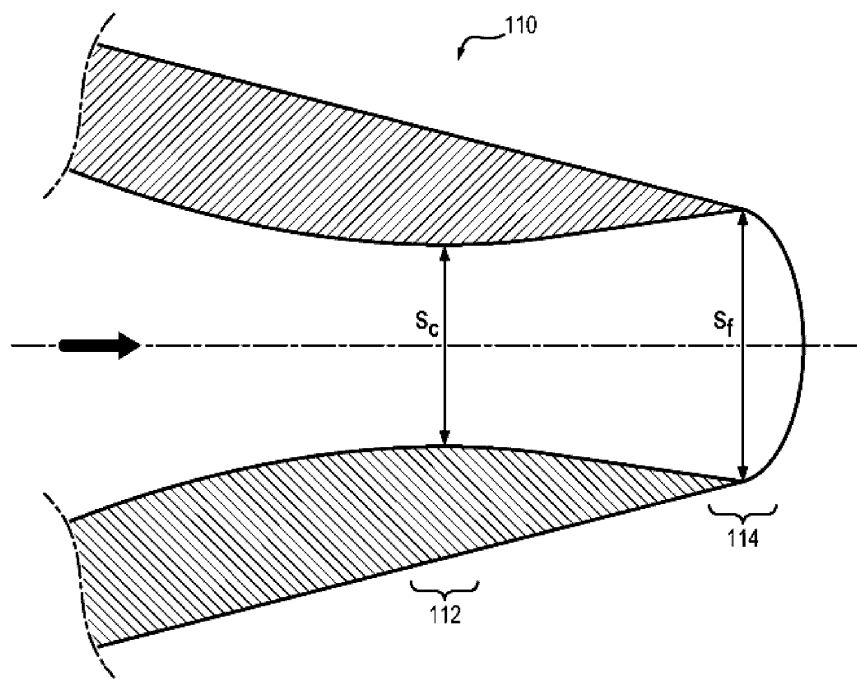
30

35

40

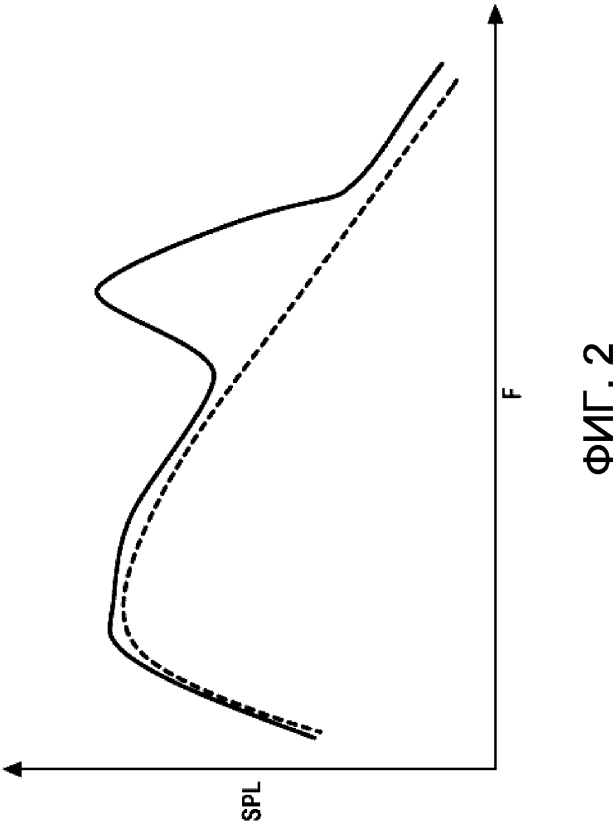
45

1

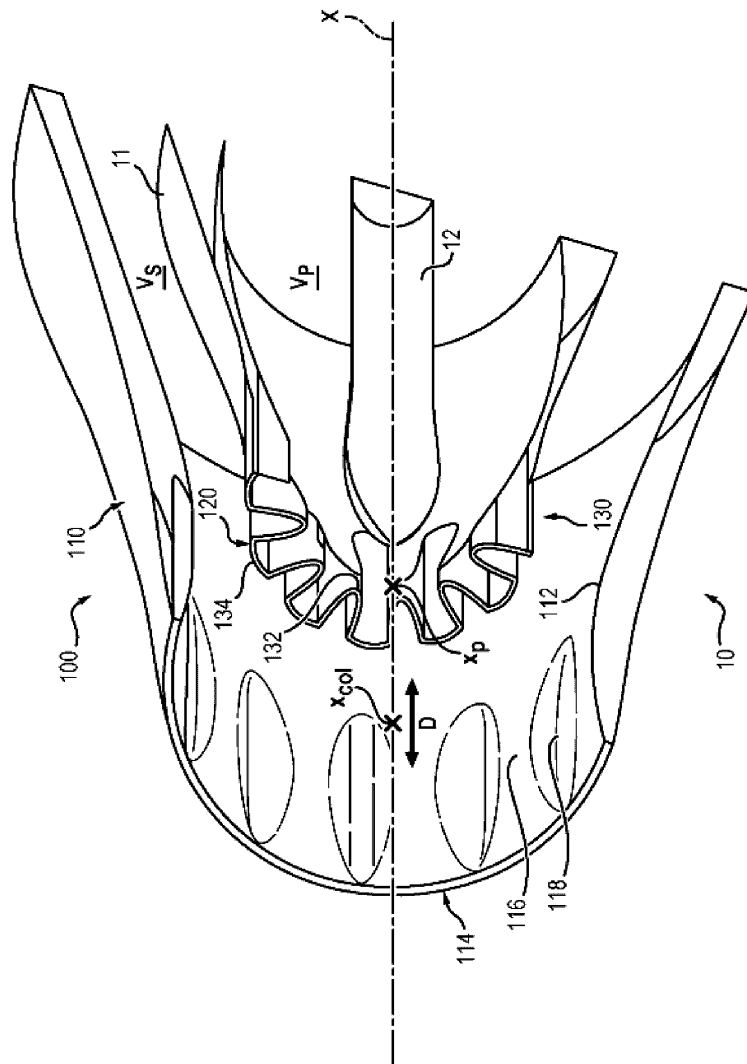


ФИГ. 1

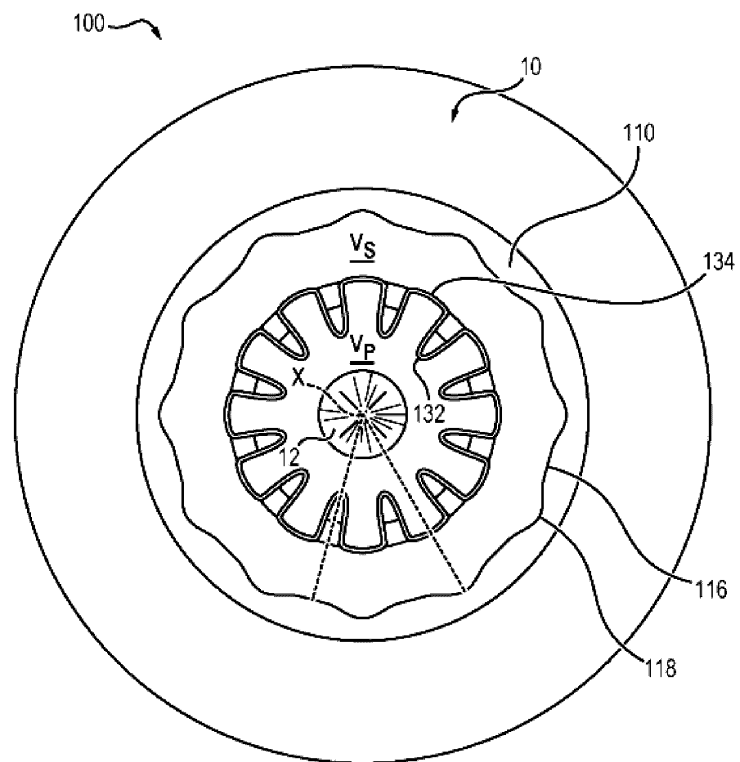
2



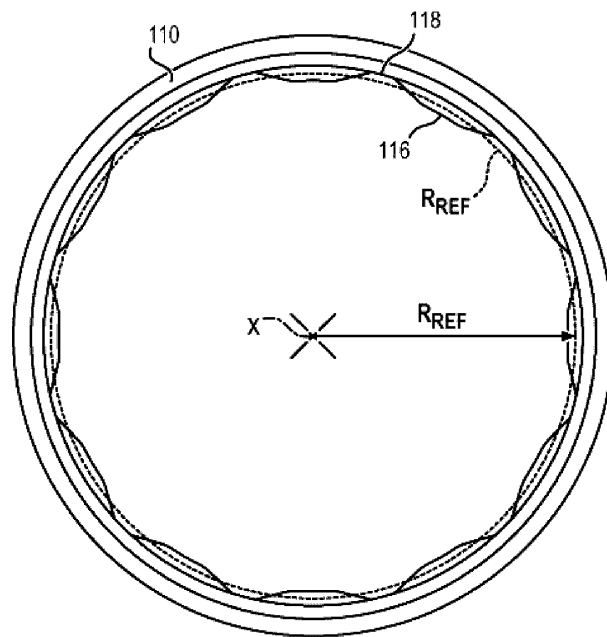
ФИГ. 2



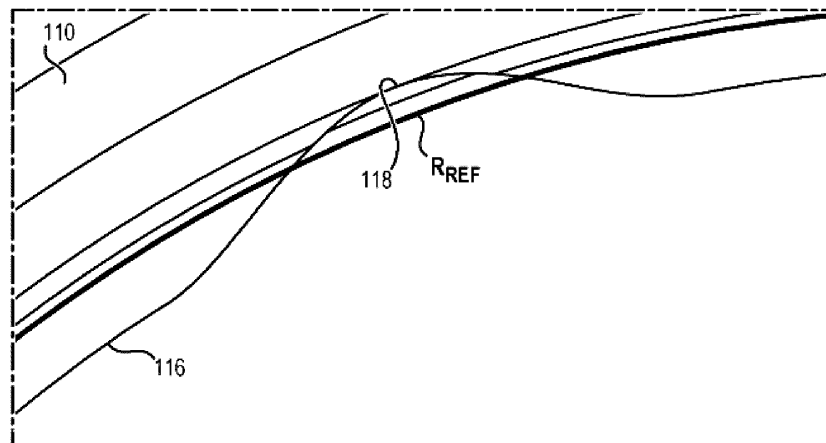
Фиг. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6