



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012158356/06, 27.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.12.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
30.12.2011 US 13/341,027

(43) Дата публикации заявки: 10.07.2014 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 27.12.2016 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: EP 1205634 A2, 15.05.2002. US 7695247 B2, 13.04.2010. US 2005/0100437 A1, 12.05.2005. EP 1621727 A1, 01.02.2006. RU 2369747 C1, 10.10.2009. RU 2382885 C2, 27.02.2010. EP 1205634 A2(GENERAL ELECTRIC CO.), 15.05.2002. US 7695247 B2(FLORIDA TURBINE TECHNOLOGIES INC.), 13.04.2010. US 2005/10047 A1(PHILLIS JAMES), 12.05.2005. EP 1621727 A1(GENERAL (см. прод.)

Адрес для переписки:

191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

ЭЛЛИС Скотт Эдмонд (US),
СМИТ Аарон Изекиль (US)

(73) Патентообладатель(и):

Дженерал Электрик Компани (US)

(54) УСТРОЙСТВО ОХЛАЖДЕНИЯ ПЛАТФОРМЫ И ТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

(57) Реферат:

Устройство охлаждения платформы, выполненное в турбинной рабочей лопатке, содержит платформу, расположенную в области сопряжения аэродинамической части и корневой части. Рабочая лопатка имеет выполненный в ней внутренний охлаждательный канал, который проходит от соединения с источником охлаждающей среды в корневой части приблизительно до уровня высоты платформы в радиальном направлении и при эксплуатации имеет область с охлаждающей средой под высоким давлением и область с охлаждающей средой под низким давлением. Вдоль стороны, которая совпадает со стороной пониженного давления аэродинамической части, сторона пониженного давления платформы имеет верхнюю сторону, проходящую в окружающем

направлении от аэродинамической части к стыковочной поверхности со стороны пониженного давления. Сторона пониженного давления платформы имеет заднюю кромку, которая совпадает с хвостовой кромкой аэродинамической части. Устройство охлаждения платформы содержит распределительный элемент, соединители высокого и низкого давления и теплопередающую конструкцию. Распределительный элемент расположен по меньшей мере в одной из передней и задней частей стороны пониженного давления платформы. Соединитель высокого давления соединяет распределительный элемент с областью с охлаждающей средой под высоким давлением, имеющейся во внутреннем охлаждательном канале. Соединитель низкого давления соединяет

распределительный элемент с областью с охлаждающей средой под низким давлением, имеющейся во внутреннем охлаждающем канале. Теплопередающая конструкция расположена в распределительном элементе с обеспечением взаимодействия с охлаждающей средой, проходящей от соединителя высокого давления

к соединителю низкого давления во время работы. Изобретение направлено на повышение эффективности охлаждения платформы рабочих лопаток, повышение эффективности изготовления и эксплуатационной гибкости долговечности. 2 н. и 18 з.п. ф-лы, 8 ил.

(56) (продолжение):

ELECTRIC CO.), 01.02.2006. RU 2369747 C1(ОАО "АВИАДВИГАТЕЛЬ"), 10.10.2009. RU 2382885 C2 (РЫБИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ), 27.02.2010.

RU 2605866 C2

RU 2605866 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 605 866** (13) **C2**

(51) Int. Cl.

F01D 5/08 (2006.01)

F01D 5/18 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012158356/06, 27.12.2012

(24) Effective date for property rights:
27.12.2012

Priority:

(30) Convention priority:
30.12.2011 US 13/341,027

(43) Application published: 10.07.2014 Bull. № 19

(45) Date of publication: 27.12.2016 Bull. № 36

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

**ELLIS Scott Edmond (US),
SMITH Aaron Ezekiel (US)**

(73) Proprietor(s):

General Electric Company (US)

(54) **PLATFORM COOLING DEVICE AND INTERNAL COMBUSTION TURBINE ENGINE**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: platform cooling device, made in turbine working blade comprises platform arranged in aerodynamic part and root part coupling area. Operating blade has internal cooling channel made inside of it, which passes from connection with coolant source in root part approximately to platform height level in radial direction and at operation has area with cooling medium under high pressure and area with cooling medium under low pressure. Along side, which coincides with aerodynamic part low pressure side, platform low pressure side has upper side, passing in circumferential direction from aerodynamic part to mating surface on low pressure side. Platform low pressure side has rear edge, which coincides with aerodynamic part trailing edge. Platform cooling device comprises distributing element, high and low pressure connectors and heat

transferring structure. Distributing element is located in at least one of front and rear parts of platform low pressure side. High-pressure connector connects distribution element with cooling medium under high pressure region, available in internal cooling channel. Low-pressure connector connects distribution element with cooling medium under low pressure region, available in internal cooling channel. Heat-transferring structure is arranged in distribution element with provision of interacting with cooling medium, passing from high-pressure connector to low pressure connector during operation.

EFFECT: invention is aimed at improving of working blades platform cooling efficiency, higher manufacturing efficiency and service life operational flexibility.

20 cl, 8 dwg

R U 2 6 0 5 8 6 6 C 2

R U 2 6 0 5 8 6 6 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[101] Данное изобретение относится в целом к турбинным двигателям внутреннего сгорания, к которым в данном документе, если специально не указано иное, относятся все типы турбинных двигателей внутреннего сгорания, например двигатели, используемые для выработки электроэнергии, и авиационные двигатели. Более конкретно, но без ограничения этим, данное изобретение относится к устройствам, системам и/или способам, предназначенным для охлаждения платформенной области рабочих лопаток турбины.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[102] Газотурбинный двигатель обычно содержит компрессор, топку и турбину. Указанные компрессор и турбина, как правило, содержат ряды аэродинамических профилей или лопаток, которые составлены в осевом направлении с образованием ступеней. Каждая ступень обычно содержит ряд разнесенных по периферии статорных лопаток, которые являются неподвижными, и ряд разнесенных по периферии рабочих лопаток, которые вращаются относительно оси или вала. При эксплуатации рабочие лопатки в компрессоре приводятся во вращение относительно вала с обеспечением сжатия воздушного потока. Сжатый воздух затем используют в топке для осуществления сгорания подаваемого топлива. Полученный в результате процесса сгорания поток высокотемпературных газов расширяется при прохождении через турбину, что заставляет рабочие лопатки вращать вал, к которому они прикреплены. Таким образом, содержащаяся в топливе энергия преобразуется в механическую энергию вращающегося вала, которая затем может использоваться, например, для приведения во вращение обмоток генератора для выработки электроэнергии.

[103] В соответствии с фиг.1 и 2 рабочие лопатки 100 турбины в целом содержат аэродинамический элемент или аэродинамическую часть 102 и корневой элемент или корневую часть 104. Указанная аэродинамическая часть 102 может быть описана как имеющая выпуклую поверхность 105 со стороны пониженного давления и вогнутую поверхность 106 со стороны повышенного давления. Аэродинамическая часть 102 также может быть описана как имеющая ведущую кромку 107, которая является передней кромкой, и хвостовую кромку 108, которая является задней кромкой. Корневая часть 104 может быть описана как содержащая конструкцию (которая, как показано, обычно содержит элемент 109 пазового замка) для прикрепления лопатки 100 к валу ротора, платформу 110, от которой отходит аэродинамическая часть 102, и хвостовую часть 112, которая представляет собой конструкцию, расположенную между элементом 109 пазового замка и платформой 110.

[104] Как показано, платформа 110 может быть по существу плоской. (Следует отметить, что под термином «плоский» в данном документе понимается приблизительно или по существу форма плоскости. Например, специалисту должно быть понятно, что платформы могут иметь наружную поверхность, которая выполнена слегка искривленной или выпуклой, причем указанная кривизна соответствует окружности турбины в местоположении рабочих лопаток в радиальном направлении. Применительно к данному документу платформа такого типа считается плоской, поскольку радиус кривизны достаточно велик для придания указанной платформе плоского внешнего вида). Более конкретно, платформа 110 может иметь плоскую верхнюю сторону 113, которая, как показано на фиг.1, может иметь проходящую в осевом и окружном направлениях плоскую поверхность. Как показано на фиг.2, платформа 110 может иметь плоскую нижнюю сторону 114, которая также может иметь проходящую в осевом и окружном направлениях плоскую поверхность. Верхняя сторона 113 и нижняя сторона

114 платформы 110 могут быть выполнены так, что каждая из них по существу параллельна другой. Как показано на чертеже и как должно быть понятно, платформа 110 обычно имеет тонкий радиальный профиль, т.е. расстояние между верхней стороной 113 и нижней стороной 114 платформы 110 в радиальном направлении относительно

мало.

[105] Обычно платформа 110 используется в рабочих лопатках 100 турбины для формирования внутренней границы части проточного тракта для высокотемпературного газа в газовой турбине. Платформа 110 дополнительно обеспечивает конструкционную опору для аэродинамической части 102. При работе скорость вращения турбины обуславливает механическую нагрузку, которая создает области высокого механического напряжения вдоль платформы 110, которые в сочетании с высокими температурами в конечном счете приводят к возникновению эксплуатационных дефектов, таких как окисление, пластическая деформация, трещинообразование в условиях малоциклового усталости и т.д. Разумеется, эти дефекты отрицательно влияют на эксплуатационный срок службы рабочей лопатки 100. Следует понимать, что такие жесткие условия эксплуатации, т.е. воздействие экстремальных температур, имеющих место в тракте прохождения высокотемпературных газов, и механической нагрузки, обусловленной вращающимися лопатками, создают значительные проблемы при проектировании надежных долговечных платформ 110 рабочих лопаток, которые обеспечивают качественное функционирование и при этом являются экономичными с точки зрения производства.

[106] Одним общеизвестным решением, обеспечивающим более высокую надежность платформы 110, является ее охлаждение потоком сжатого воздуха или другой охлаждающей среды во время работы, при этом существует большое многообразие конструкций платформ такого типа. Однако, как должно быть понятно специалисту, область платформы 110 является проблематичной с конструктивной точки зрения, что затрудняет ее охлаждение указанным способом. В значительной степени это обусловлено сложной геометрической формой данной области, поскольку, как описано выше, платформа 110 является окружным элементом, проходящим от центральной части рабочей лопатки, и обычно выполнена достаточно прочной, но тонкой в радиальном направлении.

[107] Для обеспечения циркуляции охлаждающей среды рабочие лопатки 100 обычно имеют один или более полых охлаждающих каналов 116 (см. фиг.3, 4 и 5), которые по меньшей мере проходят в радиальном направлении через центральную часть лопатки 100, в том числе через корневую часть 104 и аэродинамическую часть 102. Как изложено более подробно ниже, для увеличения теплообмена такие охлаждающие каналы 116 могут быть выполнены в виде змеевидного тракта, который проходит через центральные области лопатки 100, хотя возможно использование других конфигураций. При работе охлаждающая среда может поступать в центральные охлаждающие каналы через одно или более впускных отверстий 117, выполненных во внутренней области корневой части 104. Охлаждающая среда может проходить через лопатку 100 и выходить через выпускные отверстия (не показаны), выполненные в аэродинамической части, и/или через одно или более выпускных отверстий (не показаны), выполненных в корневой части 104. Охлаждающая среда может быть сжатой средой и может содержать, например, сжатый воздух или сжатый воздух, смешанный с водой, паром и т.п. Во многих случаях охлаждающая среда является сжатым воздухом, отведенным из компрессора двигателя, хотя возможно использование и других источников. Как изложено более подробно ниже, указанные охлаждающие каналы обычно имеют область с охлаждающей средой

под высоким давлением и область с охлаждающей средой под низким давлением. Указанная область с охлаждающей средой под высоким давлением обычно соответствует верхней по потоку части охладительного канала, в которой имеет место более высокое давление охлаждающей среды, тогда как область с охлаждающей средой под низким давлением соответствует нижней по потоку части, в которой имеет место относительно низкое давление охлаждающей среды.

[108] В некоторых случаях охлаждающая среда может быть направлена из охладительных каналов 116 в полость 119, образованную между хвостовыми частями 112 и платформами 110 смежных лопаток 100. Здесь охлаждающая среда может использоваться для охлаждения платформы 110 указанной лопатки, типичная конструкция которой показана на фиг.3. Этот тип конструкции, как правило, обеспечивает извлечение воздуха из одного из охладительных каналов 116 и использование указанного воздуха для повышения давления в полости 119, образованной между хвостовыми частями 112/платформами 110. После повышения давления указанная полость 119 обеспечивает подачу охлаждающей среды к охладительным каналам, которые проходят через платформы 110. После пересечения платформы 110 охлаждающий воздух может выходить из указанной полости через отверстия пленочного охлаждения, выполненные на верхней стороне 113 платформы 110.

[109] Однако следует понимать, что этот тип общепринятой конструкции обладает несколькими недостатками. Во-первых, охладительный контур не заключен полностью в одном элементе, так как указанный контур образуется лишь после монтажа двух смежных лопаток 100. Это повышает степень сложности сборки и испытания проходимости потока при предварительной сборке. Вторым недостатком заключается в том, что целостность полости 119, образованной между смежными лопатками 100, зависит от того, насколько качественно уплотнен периметр полости 119. Ненадлежащее уплотнение может привести к недостаточному охлаждению платформы и/или потере охлаждающего воздуха. Третий недостаток заключается в неизбежном риске попадания высокотемпературных газов из газового тракта в полость 119 или платформу 110. Это может произойти, если в полости 119 не поддерживается достаточно высокое давление во время эксплуатации. Если давление в полости 119 падает ниже значения давления в тракте прохождения горячих газов, то указанные газы проникают в полость 119 хвостовой части или в указанную платформу 110, что обычно наносит ущерб этим элементам, так как они не рассчитаны на воздействие высокотемпературных условий газового тракта.

[110] Фиг.4 и 5 изображают другой тип общепринятой конструкции для охлаждения платформы. В данном случае, как показано, охладительный контур заключен внутри рабочей лопатки 100 и не захватывает полость 119 в хвостовой части. Охлаждающий воздух извлекают из одного из охладительных каналов 116, проходящих через центральную часть лопатки 110, и проводят в заднем направлении через охладительные каналы 120, выполненные внутри платформы 110 (т.е. «каналы 120 для охлаждения платформы»). Как показано несколькими стрелками, охлаждающий воздух проходит через каналы 120 и выходит через выпускные отверстия, расположенные в задней кромке 121 платформы 110, или из выпускных отверстий, расположенных вдоль кромки 122 со стороны пониженного давления. (Следует отметить, что при описании кромок или поверхностей прямоугольной платформы 110 или при ссылке на них границы каждой из них могут быть схематически установлены исходя из их местоположения относительно поверхности 105 со стороны пониженного давления и поверхности 106

со стороны повышенного давления аэродинамической части 102 и/или относительно переднего и заднего направлений двигателя после монтажа лопатки 100. По существу, как должно быть понятно специалисту, платформа может иметь заднюю кромку 121, кромку 122 со стороны пониженного давления, переднюю кромку 124 и кромку 126 со стороны повышенного давления, как показано на фиг.3 и 4. Кроме того, кромку 122 и кромку 126 обычно также называют «стыковочными поверхностями», а узкая полость, образующаяся между ними после установки соседних рабочих лопаток 100, может называться «полостью между стыковочными поверхностями»).

[111] Следует понимать, что общеизвестные конструкции, показанные на фиг.4 и 5, обладают преимуществом перед конструкцией, показанной на фиг.3, которое заключается в том, что на них не оказывают влияние изменения в условиях сборки или монтажа. Однако конструкции такого типа имеют несколько ограничений или недостатков. Во-первых, как показано, на каждой стороне аэродинамической части 102 выполнен лишь один контур, и соответственно возникает недостаток, заключающийся в ограниченном регулировании объема охлаждающего воздуха, используемого в различных местоположениях в платформе 110. Во-вторых, обычные конструкции такого типа имеют по существу ограниченную зону охвата. Несмотря на то, что змеевидный тракт, показанный на фиг.5, является улучшенным с точки зрения зоны охвата по сравнению с конструкцией, показанной на фиг.4, тем не менее, внутри платформы 110 имеются мертвые зоны, которые остаются неохлажденными. В-третьих, получение большей зоны охвата путем выполнения каналов 120 для охлаждения платформы, имеющих сложную форму, сильно повышает стоимость производства, в частности, если указанные охлаждающие каналы имеют форму, для выполнения которой необходимо использовать технологию литья. В-четвертых, в этих типичных конструкциях, как правило, охлаждающую среду сбрасывают в тракт высокотемпературных газов после ее использования, но до полной ее отработки, что отрицательно сказывается на эффективности двигателя. В-пятых, обычные конструкции такого типа имеют в целом недостаточную эксплуатационную гибкость. То есть каналы 120 выполнены в виде неотъемлемой части платформы 110, и поэтому в случае изменения рабочих условий они обеспечивают небольшую возможность для изменения их работы, или их формы, или вообще не обеспечивают такой возможности. Кроме того, общепринятые конструкции таких типов тяжело ремонтировать или реконструировать.

[112] Таким образом, типичные конструкции для охлаждения платформы обладают недостатками в одной или более важных областях. Соответственно, существует необходимость в создании усовершенствованных устройств, систем и способов, которые обеспечивают эффективное охлаждение платформы рабочих лопаток, а также являются экономически эффективными с точки зрения изготовления, обладают эксплуатационной гибкостью и долговечностью.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[113] Таким образом, в данном изобретении предложено устройство охлаждения платформы, выполненное в турбинной рабочей лопатке, содержащей платформу, расположенную в области сопряжения аэродинамической части и корневой части, причем указанная рабочая лопатка имеет выполненный в ней внутренний охлаждающий канал, который проходит от соединения с источником охлаждающей среды в указанной корневой части приблизительно до уровня высоты указанной платформы в радиальном направлении, причем при эксплуатации указанный внутренний охлаждающий канал имеет область с охлаждающей средой под высоким давлением и область с охлаждающей средой под низким давлением, при этом вдоль стороны, которая совпадает со стороной

пониженного давления аэродинамической части, сторона пониженного давления платформы имеет верхнюю сторону, проходящую в окружном направлении от аэродинамической части к стыковочной поверхности со стороны пониженного давления, при этом сторона пониженного давления платформы имеет заднюю кромку, которая совпадает с хвостовой кромкой аэродинамической части, и переднюю кромку, которая совпадает с ведущей кромкой аэродинамической части. Указанное устройство охлаждения платформы может содержать распределительный элемент, расположенный по меньшей мере в одной из передней и задней частей стороны пониженного давления платформы, соединитель высокого давления, соединяющий указанный распределительный элемент с указанной областью с охлаждающей средой под высоким давлением, имеющейся во внутреннем охладительном канале, соединитель низкого давления, соединяющий распределительный элемент с указанной областью с охлаждающей средой под низким давлением, имеющейся во внутреннем охладительном канале, и теплопередающую конструкцию, расположенную в распределительном элементе с обеспечением взаимодействия с охлаждающей средой, проходящей от соединителя высокого давления к соединителю низкого давления во время работы.

[114] Эти и другие особенности данного изобретения станут более понятны из нижеследующего подробного описания предпочтительных вариантов выполнения при его рассмотрении совместно с чертежами и прилагаемой формулой изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[115] Эти и другие особенности данного изобретения станут более очевидны и понятны при тщательном рассмотрении нижеследующего более подробного описания иллюстративных вариантов выполнения изобретения совместно с сопроводительными чертежами, на которых

[116] фиг.1 изображает вид в аксонометрии иллюстративной рабочей турбинной лопатки, в которой могут использоваться варианты выполнения данного изобретения,

[117] фиг.2 изображает вид снизу рабочей турбинной лопатки, в которой могут использоваться варианты выполнения данного изобретения,

[118] фиг.3 изображает разрез смежных рабочих турбинных лопаток, содержащих охладительную систему в соответствии с общепринятой конструкцией,

[119] фиг.4 изображает вид сверху рабочей турбинной лопатки, содержащей платформу с внутренними охладительными каналами в соответствии с общепринятой конструкцией,

[120] фиг.5 изображает вид сверху рабочей турбинной лопатки, содержащей платформу с внутренними охладительными каналами в соответствии с другой общепринятой конструкцией,

[121] фиг.6 изображает вид в аксонометрии рабочей турбинной лопатки и устройства охлаждения платформы, выполненных в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения данного изобретения,

[122] фиг.7 изображает частичный вид сверху в разрезе рабочей турбинной лопатки и устройства охлаждения платформы, выполненных в соответствии с иллюстративным вариантом выполнения данного изобретения, и

[123] фиг.8 изображает частичный вид сверху в разрезе рабочей турбинной лопатки и устройства охлаждения платформы, выполненных в соответствии с другим иллюстративным вариантом выполнения данного изобретения.

[124] Следует понимать, что турбинные лопатки, охлаждение которых выполняется путем внутренней циркуляции охлаждающей среды, обычно имеют внутренний охладительный канал 116, который проходит в радиально наружном направлении от

корневой части, через платформу в аэродинамическую часть, как описано выше в отношении нескольких типичных охлаждательных конструкций. Следует понимать, что конкретные варианты выполнения данного изобретения могут использоваться совместно с традиционными каналами для охлаждающей среды для улучшения или достижения эффективного активного охлаждения платформы, при этом данное изобретение описано применительно к типичной конструкции, т.е. внутренние охлаждательные каналы 116 имеют извилистую или змеевидную конфигурацию. Как показано на чертежах, змеевидный тракт обычно выполнен с обеспечением возможности однонаправленного прохождения охлаждающей среды и содержит элементы, способствующие теплообмену между охлаждающей средой и окружающей рабочей лопаткой 100. При эксплуатации сжатая охлаждающая среда, которая обычно является сжатым воздухом, выходящим из компрессора (хотя с вариантами выполнения данного изобретения также может использоваться охлаждающая среда других типов, например пар), подается к внутреннему каналу 116 через соединение, проходящее через корневую часть. Давление обеспечивает продвижение охлаждающей среды через канал 116, при этом указанная среда отводит тепло от окружающих стенок.

[125] Следует понимать, что при прохождении охлаждающей среды через канал 116 ее давление падает, при этом охлаждающая среда в верхних по потоку частях канала 116 имеет более высокое давление, чем охлаждающая среда в нижних по потоку частях. Как изложено более подробно ниже, данное падение давления может использоваться для продвижения охлаждающей среды через охлаждательные каналы, выполненные в платформе. Следует понимать, что данное изобретение может использоваться в рабочих лопатках 100, имеющих внутренние охлаждательные каналы с различными конфигурациями, и не ограничено внутренними охлаждательными каналами змеевидной формы. Соответственно, используемое в данном документе выражение «внутренний охлаждательный канал» или «охлаждательный канал» означает любой проход или полый канал, через который охлаждающая среда может циркулировать в рабочей лопатке. В данном случае внутренний канал 116 согласно изобретению проходит по меньшей мере приблизительно до уровня высоты платформы 116 в радиальном направлении и может иметь по меньшей мере одну область с относительно высоким давлением охлаждающей среды (которая далее называется «областью высокого давления» и в некоторых случаях может быть верхней по потоку частью в пределах змеевидного канала) и по меньшей мере одну область с относительно низким давлением охлаждающей среды (которая далее называется «областью низкого давления» и относительно области высокого давления может быть нижней по потоку частью в пределах змеевидного канала).

[126] В целом, различные конфигурации обычных внутренних охлаждательных каналов 116 являются эффективными при обеспечении активного охлаждения определенных областей внутри рабочей лопатки 100. Однако, как должно быть понятно специалисту, область платформы является весьма проблематичной. Это обусловлено, по меньшей мере частично, сложной геометрической формой платформы, т.е. ее малым размером в радиальном направлении и тем, как она выступает относительно центральной части или основного корпуса рабочей лопатки 100. Однако вследствие того, что платформа подвергается воздействию экстремальных температур, имеющих место в тракте для высокотемпературных газов, и воздействию механической нагрузки, значительно возрастают требования к охлаждению указанной платформы. Как изложено выше, обычные конструкции для охлаждения платформы являются неэффективными вследствие того, что они не в силах решить конкретные проблемы, связанные с указанной областью, а также неэффективными с точки зрения использования охлаждающей среды и/или

дорогостоящими в изготовлении.

[127] На фиг.6-8 изображены несколько видов иллюстративных вариантов выполнения данного изобретения, т.е. устройства 130 для охлаждения платформы. Как показано на чертежах, в конкретных вариантах выполнения в задней части стороны 129 пониженного давления платформы 110 расположен распределительный элемент 134. Может быть выполнен соединитель 148 высокого давления, соединяющий распределительный элемент 134 с областью высокого давления внутреннего охладительного канала 116, и соединитель 149 низкого давления, соединяющий элемент 134 к областью низкого давления канала 116.

[128] В распределительном элементе 134 может быть расположена теплопередающая конструкция, обеспечивающая взаимодействие с охлаждающей средой, проходящей от соединителя 148 высокого давления к соединителю 149 низкого давления во время работы. В конкретных вариантах выполнения, как показано на фиг.6 и 7, указанная теплопередающая конструкция может содержать набор стоек 162. В других вариантах выполнения теплопередающая конструкция может содержать извилистый тракт, как показано на фиг.8. Указанный извилистый тракт, проходящий через распределительный элемент 134, может быть образован чередующимися перегородками 163.

Распределительный элемент 134 может содержать верхнее плоское перекрытие и нижнее плоское перекрытие, которые расположены по существу на постоянном расстоянии друг от друга в радиальном направлении и могут быть ориентированы так, что каждое из них может проходить по существу параллельно платформе 110. Стойки 162 могут представлять собой цилиндрические конструкции, проходящие между верхним и нижним перекрытиями элемента 134. Набор стоек 162 может содержать по меньшей мере пять стоек 162, разнесенных в пределах элемента 134. В других вариантах выполнения набор стоек 162 может содержать по меньшей мере десять стоек 162, разнесенных в пределах элемента 134. В других случаях теплопередающая конструкция может содержать набор параллельных охладительных каналов, проходящих в поперечном направлении через распределительный элемент 134 от соединителя 148 высокого давления к соединителю 149 низкого давления. Указанные параллельные каналы могут иметь стенки, проходящие между верхним и нижним перекрытиями элемента 134 аналогично прохождению перегородок 163, обеспечивающих направление охлаждающей среды через извилистый тракт.

[129] Платформа может иметь плоскую верхнюю сторону 113, которая приблизительно параллельна плоской нижней стороне 114. Распределительный элемент 134 может быть расположен между верхней стороной 113 и нижней стороной 114 приблизительно параллельно им. Теплопередающая конструкция и распределительный элемент 134 могут быть выполнены с обеспечением проведения охлаждающей среды через элемент 134 от соединителя 148 высокого давления к соединителю 149 низкого давления во время работы. Местоположение, в котором соединитель 148 присоединен к распределительному элементу 134, может находиться напротив местоположения, в котором соединитель 149 присоединен к указанному элементу 134, на расстоянии, соответствующем по меньшей мере значительной части элемента 134. Таким образом, охлаждающая среда, проходящая от соединителя 148 высокого давления к соединителю 149 низкого давления, может пересекать значительную часть распределительного элемента 134.

[130] Распределительный элемент 134 может занимать положение в задней части стороны 129 пониженного давления платформы 110 (указанная сторона 129 находится с противоположной стороны аэродинамической части 102 от стороны 128 повышенного

давления платформы 110) и иметь форму, которая приблизительно соответствует форме задней части указанной стороны 129 платформы 110. Соответственно, первая внутренняя стенка элемента 134 проходит с отнесением от контура стороны 105 пониженного давления основания аэродинамической части 102, вторая внутренняя стенка проходит приблизительно с отнесением от задней кромки 121 платформы 110, а третья внутренняя стенка проходит приблизительно с отнесением от стыковочной поверхности 122 со стороны пониженного давления платформы 110. Как показано на чертеже, распределительный элемент 134 может сужаться в осевом направлении по мере прохождения от первого местоположения около стыковочной поверхности 122 со стороны пониженного давления ко второму местоположению около стыковочной поверхности 126 со стороны повышенного давления. В некоторых вариантах выполнения элемент 134 может иметь приблизительно постоянную высоту в радиальном направлении по всей длине. В конкретных вариантах выполнения элемент 134 может быть выполнен так, что при эксплуатации по существу вся охлаждающая среда, проходящая через указанный элемент 134, может быть возвращена к внутреннему охладительному каналу через соединитель 149 низкого давления. В этом случае отверстия 156 могут отсутствовать, как показано на фиг.6, а формовочные выводы 165, образованные в процессе литья, могут быть полностью закрыты заглушками 164.

[131] В других вариантах выполнения между распределительным элементом 134 и стыковочной поверхностью 122 и задней кромкой 121 платформы могут проходить охладительные отверстия 156. Указанные отверстия 156 могут обеспечивать выход для части охлаждающей среды, проходящей через распределительный элемент 134. Охладительные отверстия 156 могут иметь заданное проходное сечение, которое соответствует требуемой характеристике ударного воздействия охлаждающей текучей среды. То есть отверстия 156 могут быть выполнены достаточно узкими для обеспечения направления выпускаемой охлаждающей среды со скоростью на стыковочную поверхность в смежной рабочей лопатке 100 и ее соударения с ней, что по существу повышает эффективность действия охлаждающей среды. Следует понимать, что полость между стыковочными поверхностями и стыковочные поверхности, ограничивающие указанную полость, представляют собой проблематичные для охлаждения области платформы 110, и что охладительные отверстия 156, выполненные в стыковочных поверхностях, могут эффективно решать эту проблему. Охладительные отверстия 156, выполненные вдоль задней кромки 121 платформы 110, аналогичным образом могут обеспечивать охлаждение данной области. В конкретных вариантах выполнения, как показано на фиг.8, могут иметься отверстия 166 пленочного охлаждения, соединяющие элемент 134 с проходами, выполненными в верхней стороне 113 платформы 110 и проходящими через указанную сторону. Охлаждающая среда, проходящая через эти отверстия, может обеспечивать пленочное охлаждение верхней стороны платформы 110. Охладительные отверстия 156 распределительного элемента 134 и отверстия 166 пленочного охлаждения могут быть выполнены таким образом или иметь такие размеры, что по меньшей мере 50% охлаждающей среды, проходящей через элемент 134, может быть возвращено к внутреннему охладительному каналу через соединитель 149 низкого давления.

[132] Как показано на чертеже, соединитель 149 низкого давления может занимать положение около хвостовой кромки 108 аэродинамической части 102. Соединитель 148 высокого давления может занимать положение около средней области аэродинамической части 102. Более конкретно, соединитель 148 может проходить от местоположения внутри платформы 110, которое в профиль совмещено со средней областью

аэродинамической части, к местоположению в платформе 110 около стыковочной поверхности 122 со стороны пониженного давления указанной платформы 110. Соединитель 149 может проходить от местоположения внутри платформы 110, которое в профиль совмещено с задней областью аэродинамической части 102, к местоположению в платформе 110 около задней кромки 121 платформы 110.

[133] При эксплуатации охладительное устройство в соответствии с данным изобретением может работать следующим образом. Часть подаваемой охлаждающей среды, проходящей через внутренний канал 116, поступает в соединитель 148 высокого давления. Затем охлаждающая среда проходит через распределительный элемент 134 и при прохождении через него отводит тепло от окружающей платформы 110 с обеспечением тем самым ее охлаждения. Таким образом, предложенное устройство 130 для охлаждения платформы извлекает часть охлаждающей среды из внутреннего охладительного канала 166, использует указанную охлаждающую среду для отведения тепла от платформы 110 и затем возвращает охлаждающую среду или по меньшей мере ее часть к каналу 116, из которого она может быть взята для дальнейшего использования.

[134] Данное изобретение обеспечивает способ активного охлаждения области платформы рабочей лопатки турбины внутреннего сгорания. Как изложено выше, данная область обычно является проблематичной для охлаждения, и, учитывая действующие на нее механические нагрузки, представляет собой местоположение, которое подвержено сильным повреждениям при увеличении температур горения. Соответственно, данный тип активного охлаждения платформы представляет собой высокоэффективную технологию в случаях, когда необходимо достичь повышенных температур сгорания, повышенной мощности на выходе и более высокой эффективности.

[135] Специалисту должно быть понятно, что различные особенности и конфигурации, описанные выше в отношении нескольких иллюстративных вариантов выполнения, могут дополнительно выборочно использоваться для создания других возможных вариантов выполнения данного изобретения. Для краткости и принимая во внимание квалификацию специалистов, в данном документе отсутствует подробное изложение и рассмотрение всех возможных этапов данного изобретения, но при этом все комбинации и возможные варианты выполнения, охватываемые несколькими пунктами нижеследующей формулы изобретения или иным образом, являются частью данного изобретения. Кроме того, на основании вышерассмотренных нескольких иллюстративных вариантов выполнения изобретения специалистами могут быть выполнены усовершенствования, изменения и модификации. Предполагается, что такие усовершенствования, изменения и модификации, очевидные для специалиста, также охватываются прилагаемой формулой изобретения. Более того, должно быть очевидным, что вышеизложенное относится только к описанным вариантам выполнения данного изобретения и что возможно выполнение многочисленных изменений и модификаций без отклонения от сущности и объема изобретения, определенных пунктами последующей формулы изобретения и их эквивалентами.

Формула изобретения

1. Устройство охлаждения платформы, выполненное в турбинной рабочей лопатке, содержащей платформу, расположенную в области сопряжения аэродинамической части и корневой части, причем указанная рабочая лопатка имеет выполненный в ней внутренний охладительный канал, который проходит от соединения с источником охлаждающей среды в указанной корневой части приблизительно до уровня высоты

указанной платформы в радиальном направлении и при эксплуатации имеет область с охлаждающей средой под высоким давлением и область с охлаждающей средой под низким давлением, при этом вдоль стороны, которая совпадает со стороной пониженного давления аэродинамической части, сторона пониженного давления платформы имеет верхнюю сторону, проходящую в окружном направлении от аэродинамической части к стыковочной поверхности со стороны пониженного давления, при этом сторона пониженного давления платформы имеет заднюю кромку, которая совпадает с хвостовой кромкой аэродинамической части, причем указанное устройство охлаждения платформы содержит

распределительный элемент, расположенный по меньшей мере в одной из передней и задней частей стороны пониженного давления платформы,

соединитель высокого давления, соединяющий распределительный элемент с указанной областью с охлаждающей средой под высоким давлением, имеющейся во внутреннем охлаждающем канале,

соединитель низкого давления, соединяющий распределительный элемент с указанной областью с охлаждающей средой под низким давлением, имеющейся во внутреннем охлаждающем канале, и

теплопередающую конструкцию, расположенную в распределительном элементе с обеспечением взаимодействия с охлаждающей средой, проходящей от соединителя

высокого давления к соединителю низкого давления во время работы.

2. Устройство по п.1, в котором теплопередающая конструкция содержит набор стоек.

3. Устройство по п.1, в котором указанная теплопередающая конструкция содержит извилистый тракт.

4. Устройство по п.1, в котором платформа имеет плоскую верхнюю сторону, приблизительно параллельную плоской нижней стороне, причем распределительный элемент расположен между указанными плоской верхней стороной и плоской нижней стороной приблизительно параллельно им, при этом теплопередающая конструкция и распределительный элемент выполнены с обеспечением проведения охлаждающей среды через распределительный элемент от соединителя высокого давления к соединителю низкого давления во время работы.

5. Устройство по п.1, в котором местоположение, в котором соединитель высокого давления присоединен к распределительному элементу, находится напротив местоположения, в котором соединитель низкого давления присоединен к распределительному элементу, на расстоянии, соответствующем по меньшей мере значительной части указанного распределительного элемента.

6. Устройство по п.5, в котором распределительный элемент занимает положение в задней части стороны пониженного давления платформы и имеет форму, которая приблизительно соответствует форме указанной задней части стороны пониженного давления платформы, при этом первая внутренняя стенка распределительного элемента проходит с отнесением от контура стороны пониженного давления основания аэродинамической части, вторая внутренняя стенка проходит приблизительно с отнесением от задней кромки платформы, а третья внутренняя стенка проходит приблизительно с отнесением от стыковочной поверхности со стороны пониженного давления платформы.

7. Устройство по п.6, в котором распределительный элемент сужается в осевом направлении по мере прохождения от первого местоположения около стыковочной поверхности со стороны пониженного давления ко второму местоположению около

стыковочной поверхности со стороны повышенного давления и имеет приблизительно постоянную высоту в радиальном направлении.

8. Устройство по п.7, в котором распределительный элемент выполнен таким образом, что при эксплуатации по существу вся охлаждающая среда, проходящая через указанный элемент, возвращается к внутреннему охлаждательному каналу через соединитель низкого давления.

9. Устройство по п.7, в котором между распределительным элементом и стыковочной поверхностью со стороны пониженного давления, а также между распределительным элементом и задней кромкой платформы проходят охлаждательные отверстия, обеспечивающие выход для части охлаждающей среды, проходящей через распределительный элемент, и имеющие заданное проходное сечение, которое соответствует требуемой характеристике ударного воздействия охлаждающей текучей среды.

10. Устройство по п.9, в котором распределительный элемент выполнен таким образом, что при эксплуатации по меньшей мере 50% охлаждающей среды, проходящей через указанный элемент, возвращается к внутреннему охлаждательному каналу через соединитель низкого давления.

11. Устройство по п.10, дополнительно имеющее отверстия пленочного охлаждения, соединяющие распределительный элемент с проходами, выполненными в верхней стороне платформы и проходящими через указанную сторону.

12. Устройство по п.4, в котором распределительный элемент содержит верхнее плоское перекрытие и нижнее плоское перекрытие, расположенные по существу на постоянном расстоянии друг от друга в радиальном направлении и ориентированные так, что каждое из них проходит по существу параллельно платформе.

13. Устройство по п.12, в котором теплопередающая конструкция содержит набор стоек, представляющих собой цилиндрические конструкции, проходящие между указанными верхним и нижним перекрытиями распределительного элемента.

14. Устройство по п.13, в котором указанный набор стоек содержит пять стоек, разнесенных в пределах распределительного элемента.

15. Устройство по п.13, в котором указанный набор стоек содержит десять стоек, разнесенных в пределах распределительного элемента.

16. Устройство по п.12, в котором теплопередающая конструкция содержит набор параллельных охлаждающих каналов, проходящих в поперечном направлении через распределительный элемент от соединителя высокого давления к соединителю низкого давления и имеющих стенки, которые проходят между верхним и нижним перекрытиями распределительного элемента.

17. Устройство по п.7, в котором соединитель высокого давления расположен около указанного первого местоположения.

18. Устройство по п.7, в котором соединитель низкого давления расположен около указанного второго местоположения.

19. Устройство по п.18, в котором соединитель высокого давления проходит от местоположения внутри платформы, которое в профиль совмещено со средней областью аэродинамической части, к местоположению в платформе около стыковочной поверхности со стороны пониженного давления платформы, а соединитель низкого давления проходит от местоположения внутри платформы, которое в профиль совмещено с задней областью аэродинамической части, к местоположению в платформе около задней кромки платформы.

20. Турбинный двигатель внутреннего сгорания, содержащий

компрессор,
топку,
турбину и
рабочую лопатку, содержащую устройство охлаждения платформы,

5 причем указанная рабочая лопатка содержит платформу, расположенную в области сопряжения аэродинамической части и корневой части, и имеет выполненный в ней внутренний охлаждательный канал, который проходит от соединения с источником охлаждающей среды в указанной корневой части приблизительно до уровня высоты указанной платформы в радиальном направлении и при эксплуатации имеет область
10 с охлаждающей средой под высоким давлением и область с охлаждающей средой под низким давлением, при этом вдоль стороны, которая совпадает со стороной пониженного давления аэродинамической части, сторона пониженного давления платформы имеет верхнюю сторону, проходящую в окружном направлении от аэродинамической части к стыковочной поверхности со стороны пониженного давления,
15 при этом сторона пониженного давления платформы имеет заднюю кромку, которая совпадает с хвостовой кромкой аэродинамической части, причем указанное устройство охлаждения платформы содержит

распределительный элемент, расположенный в задней части стороны пониженного давления платформы,

20 соединитель высокого давления, соединяющий указанный распределительный элемент с указанной областью с охлаждающей средой под высоким давлением, имеющейся во внутреннем охлаждательном канале,

соединитель низкого давления, соединяющий распределительный элемент с указанной областью с охлаждающей средой под низким давлением, имеющейся во внутреннем
25 охлаждательном канале, и

теплопередающую конструкцию, расположенную в распределительном элементе с обеспечением взаимодействия с охлаждающей средой, проходящей от соединителя высокого давления к соединителю низкого давления во время работы.

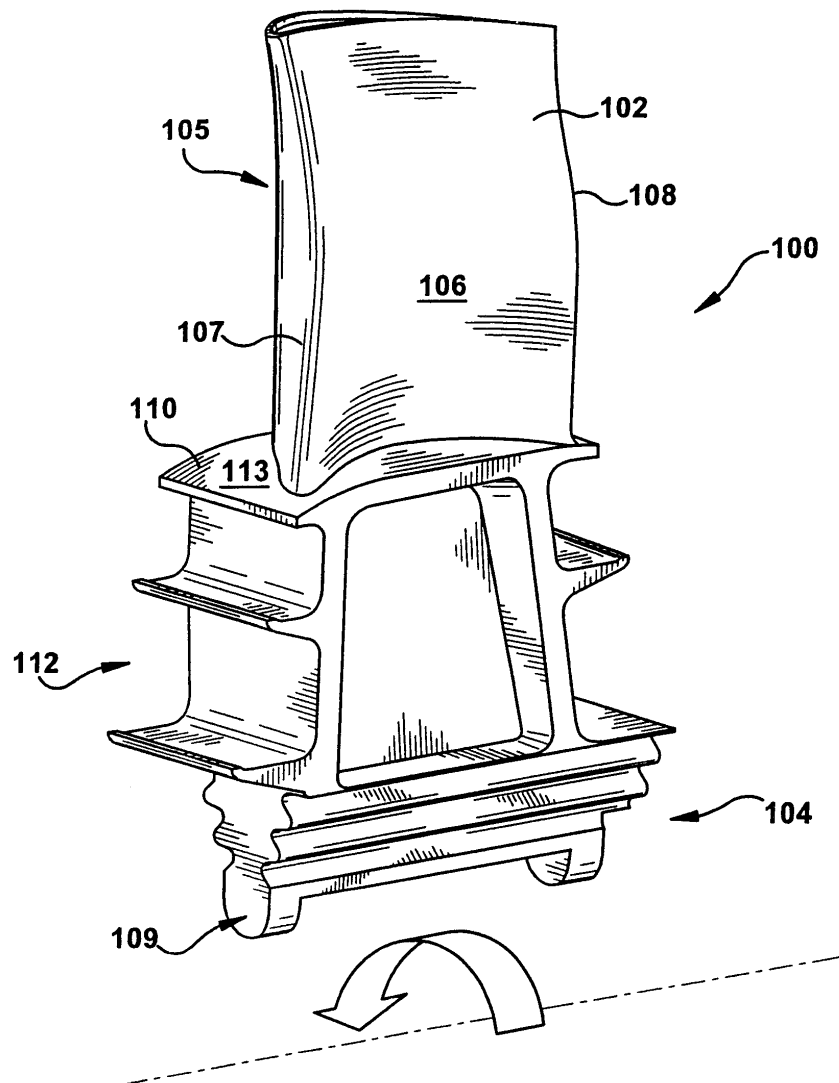
30

35

40

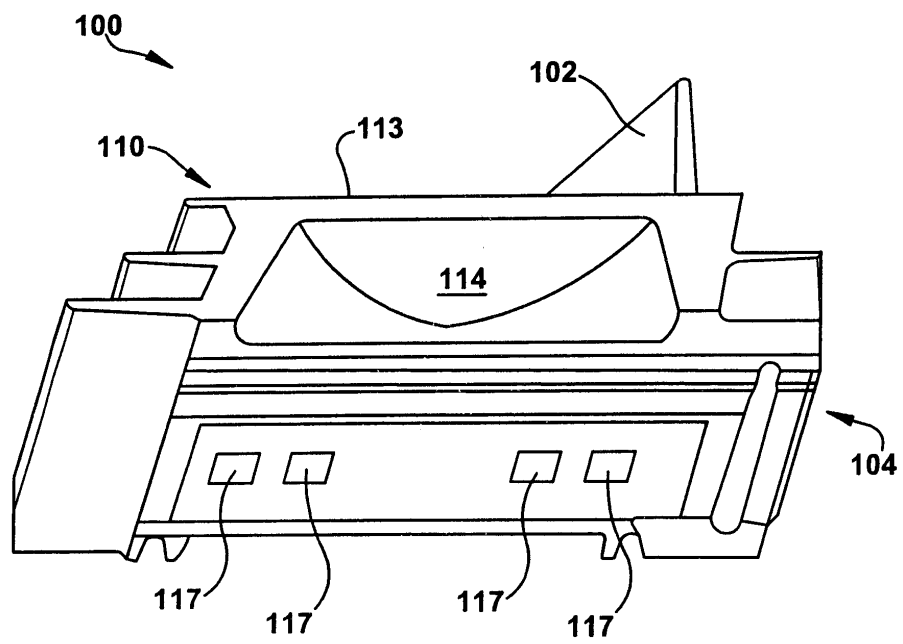
45

Устройство охлаждения платформы и
турбинный двигатель внутреннего сгорания
1/8



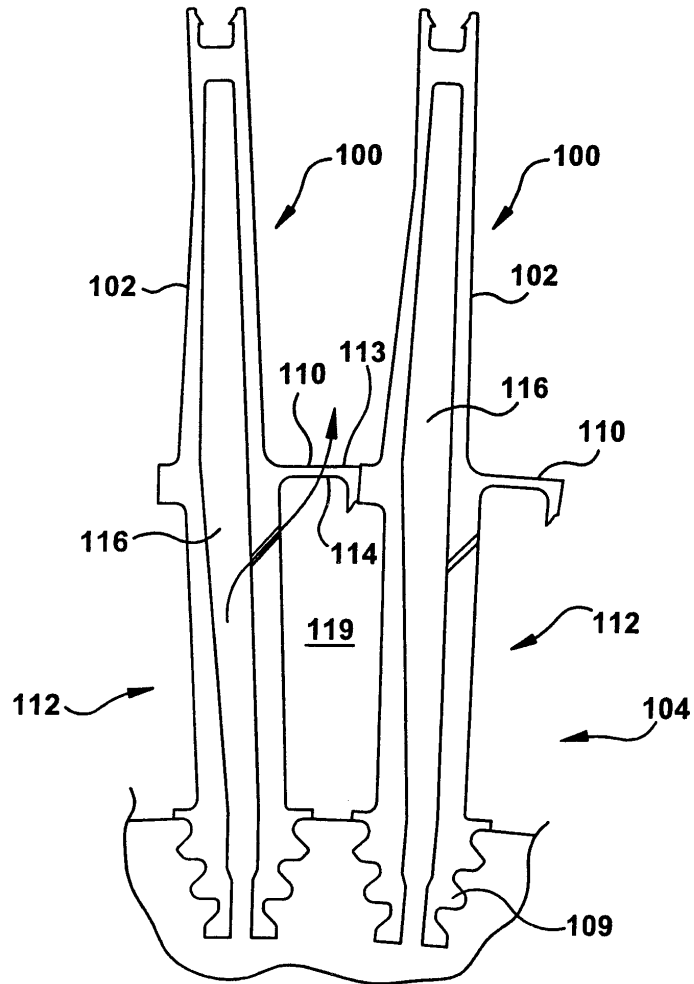
Фиг. 1

Устройство охлаждения платформы и
турбинный двигатель внутреннего сгорания
2/8

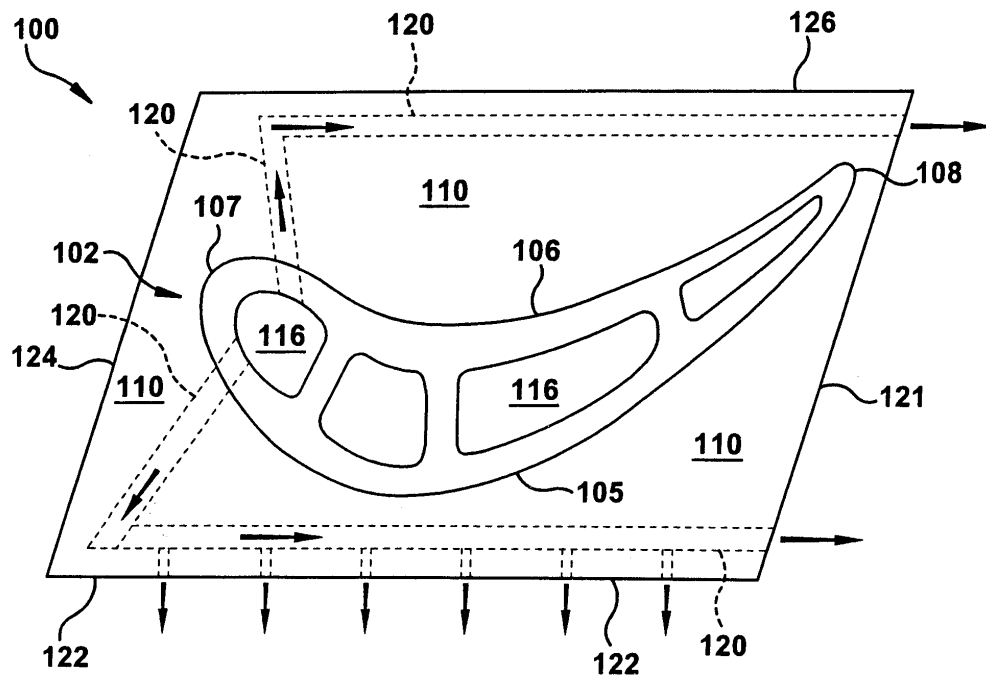


Фиг.2

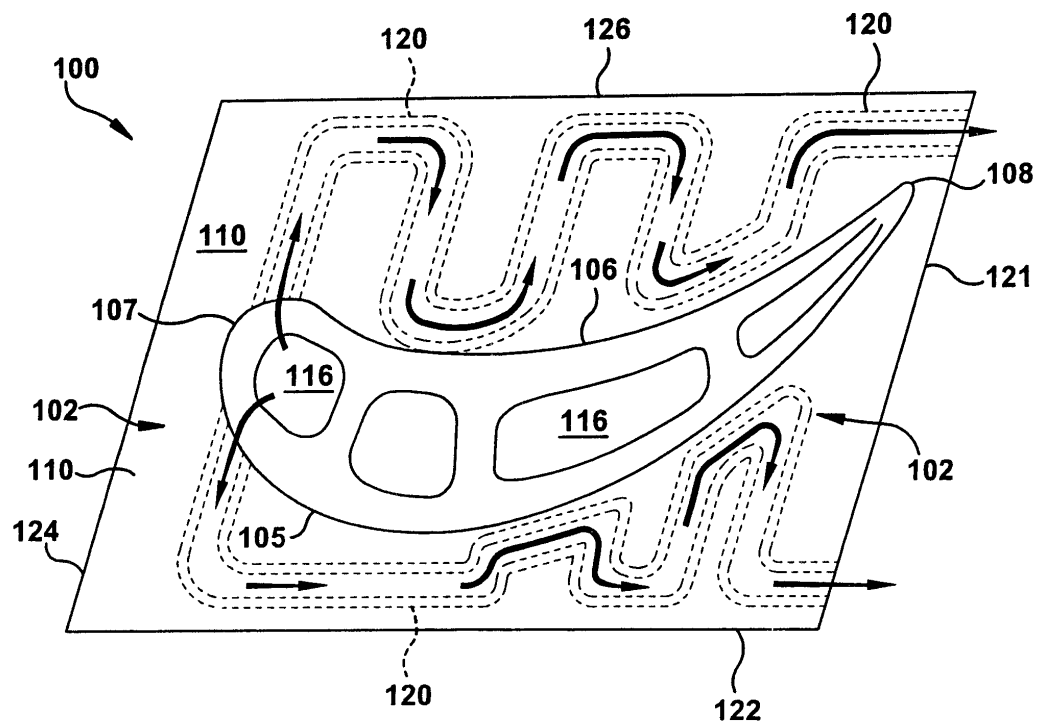
Устройство охлаждения платформы и
турбинный двигатель внутреннего сгорания
3/8



Фиг.3
(Уровень техники)

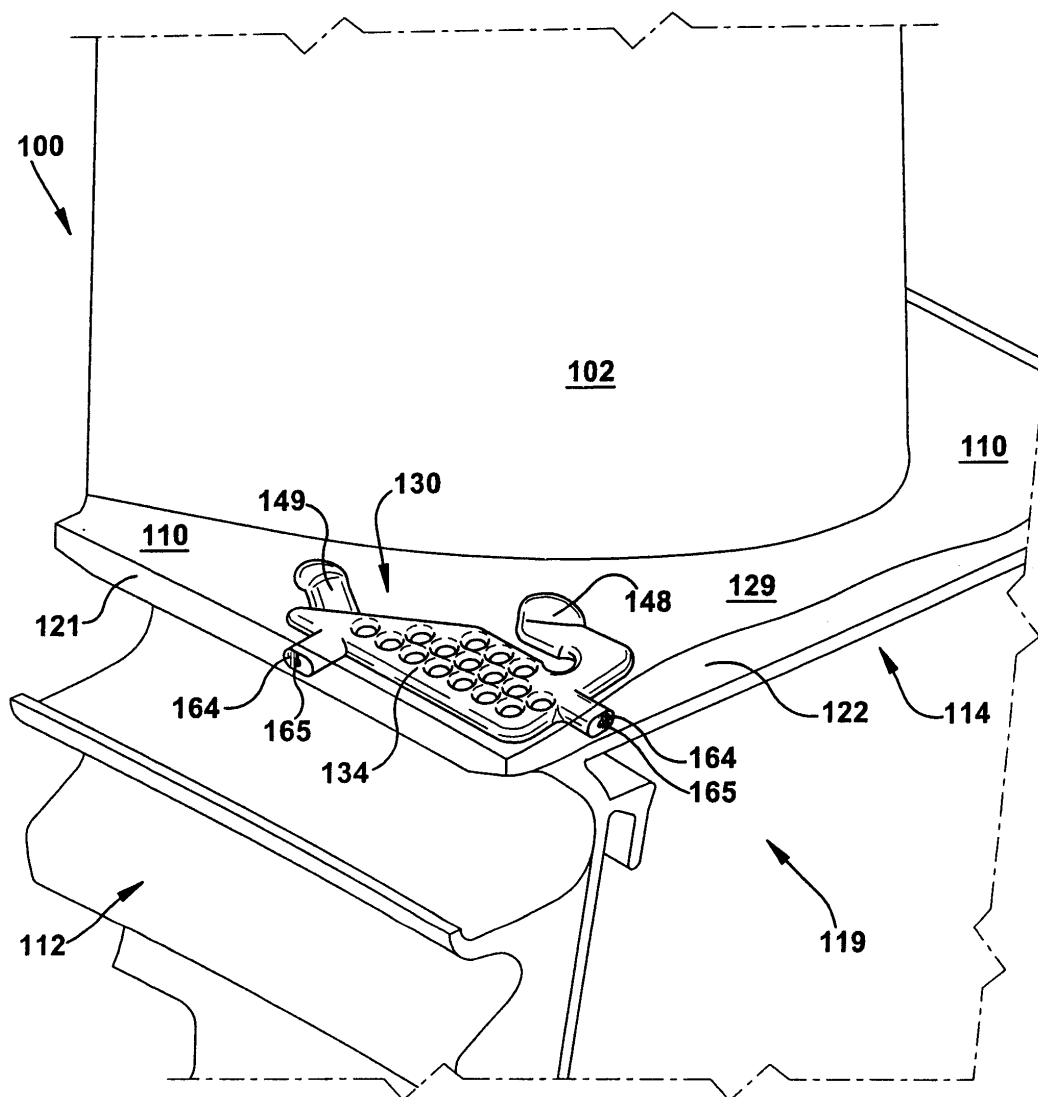


ФИГ.4
(Уровень техники)

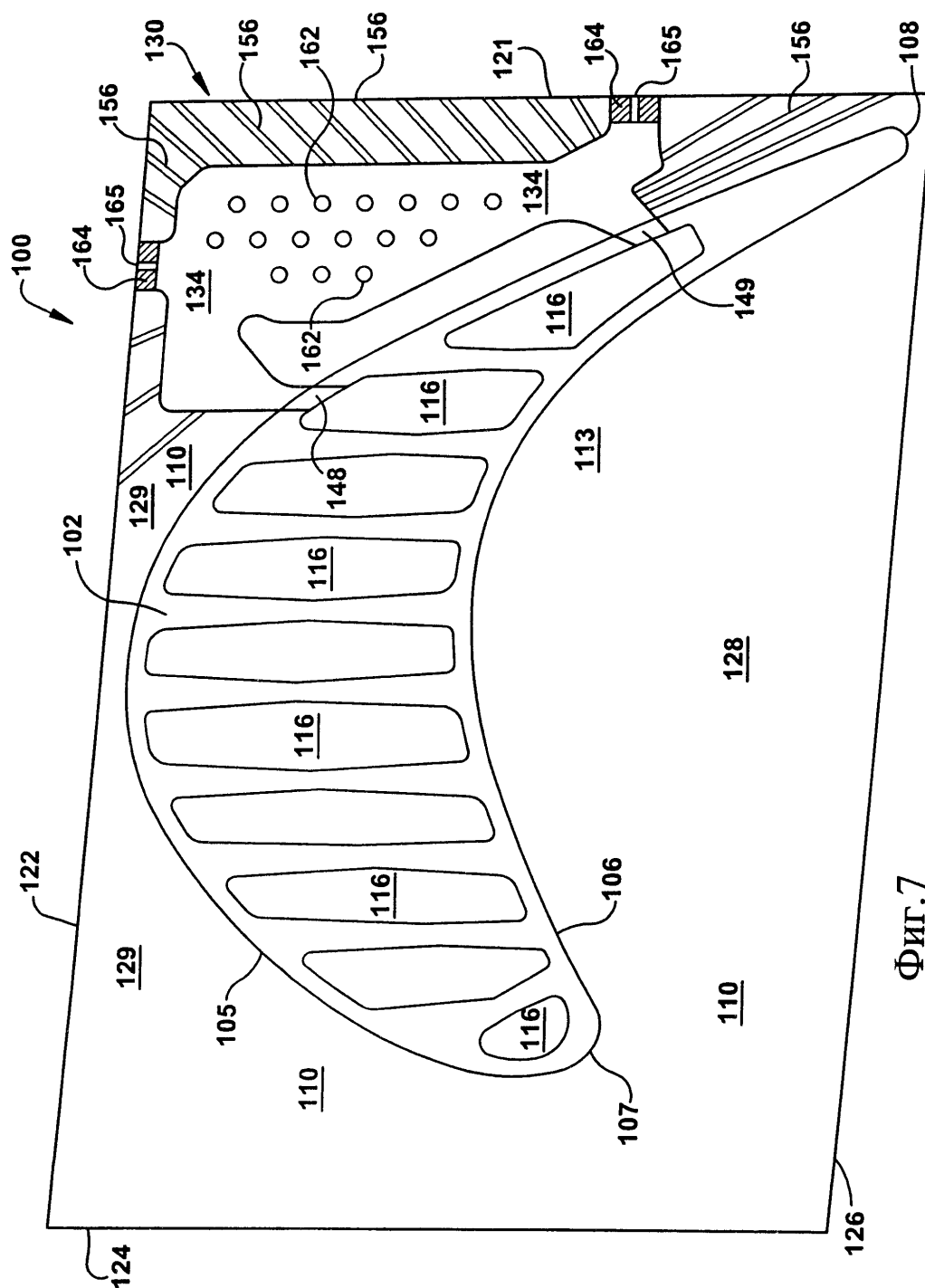


Фиг.5
(Уровень техники)

Устройство охлаждения платформы и
турбинный двигатель внутреннего сгорания
6/8

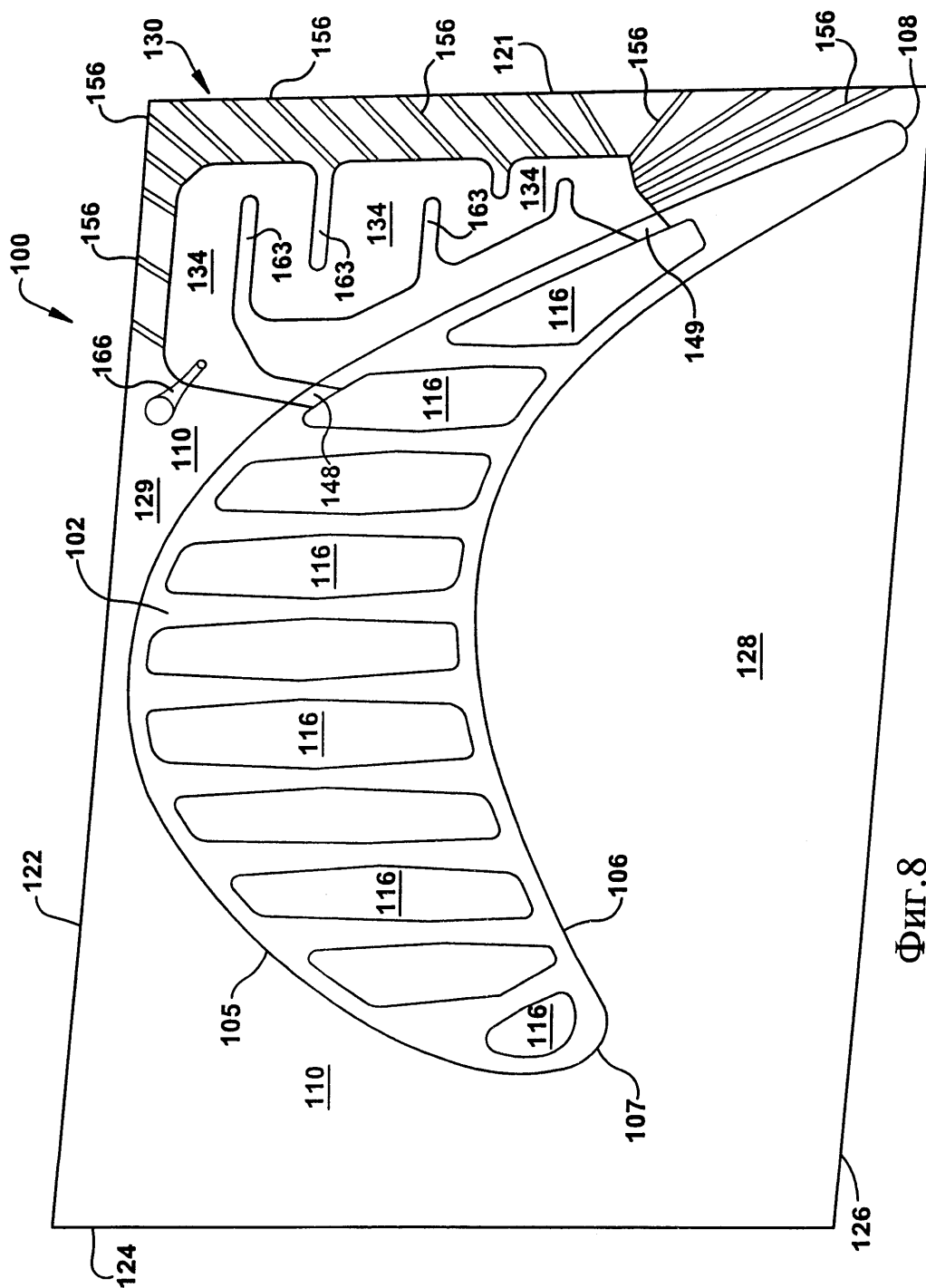


Фиг.6



Фиг.7

Устройство охлаждения платформы и
8/8 турбинный двигатель внутреннего сгорания



Фиг.8