



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011127159/06, 01.07.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.07.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.07.2011

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2013 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 10.10.2015 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 2010/0074733 A1, 25.03.2010. US
4714410 A, 22.12.1987. US 3801220 A, 02.04.1974.
US 6506016 B1, 14.01.2003. US 7465152 B2,
16.12.2008. RU 2331777 C2, 20.08.2008

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву, рег. N 146

(72) Автор(ы):

ХАНИН Александр Анатольевич (RU),
ФЁДОРОВ Илья Михайлович (RU),
СЕДЛОВ Андрей Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

АЛЬСТОМ ТЕКНОЛОДЖИ ЛТД (CH)

(54) ЛОПАТКА ТУРБИНЫ И РОТОР ТУРБИНЫ

(57) Реферат:

Лопатка турбины включает аэродинамический профиль и бандажную полку у его внутреннего торца. Бандажная полка содержит верхнюю плиту и переднюю стенку, содержащую изогнутый участок с уплотнительный участок, а также плоский участок, направленный перпендикулярно верхней плите и расположенный между верхней плитой и изогнутым участком. Задняя стенка бандажной полки содержит выступ, выполненный с возможностью расположения во взаимодополняющем по форме углублении в задней стенке смежной лопатки, и/или задняя стенка содержит углубление, выполненное с возможностью установки в нем взаимодополняющего по форме выступа в задней стенке смежной лопатки. Между плоским участком и изогнутым участком передней стенки расположен нижний переходный участок, а между верхней плитой и плоским участком передней

стенки расположен верхний переходный участок передней стенки. Аэродинамический профиль сопряжен с верхним переходным участком на верхней по потоку стороне посредством переходного участка аэродинамического профиля. Переходный участок аэродинамического профиля, граничащий с одним концом верхнего переходного участка, имеет первый радиус, а переходный участок аэродинамического профиля, граничащий с другим концом верхнего переходного участка, имеет второй радиус, меньший первого. Другое изобретение группы относится к ротору турбины, содержащей указанную выше лопатку и уплотнительную плиту, имеющую двухслойную конструкцию и/или являющуюся упругой. Группа изобретений позволяет обеспечить уплотнение между лопатками турбины. 2 н. и 8 з.п. ф-лы, 6 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 564 741** (13) **C2**

(51) Int. Cl.

F01D 11/02 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011127159/06, 01.07.2011**

(24) Effective date for property rights:
01.07.2011

Priority:

(22) Date of filing: **01.07.2011**

(43) Application published: **10.01.2013** Bull. № 1

(45) Date of publication: **10.10.2015** Bull. № 28

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B.Spaskaja, 25, stroenie 3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i partnery",
pat.pov. S.A.Dorofeevu, reg.N 146**

(72) Inventor(s):

**KhANIN Aleksandr Anatol'evich (RU),
FEDOROV Il'ja Mikhajlovich (RU),
SEDLOV Andrej Anatol'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

AL'STOM TEKNOLODZhi LTD (CH)

(54) **TURBINE BLADE AND TURBINE ROTOR**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: turbine blade includes aerofoil profile and bandage flange at its internal end. The bandage flange has top plate and front wall, containing bent section with sealing section, and flat section directed perpendicularly to the top plate and located between the top plate and bent section. The rear wall of the bandage flange has shoulder made with possibility of arrangement in the complementary in terms of shape cavity in the rear wall of the adjacent blade, and/or rear wall has cavity made with possibility of installation in it of the complementary in terms of shape shoulder in the rear wall of the adjacent blade. Between the flat section and bent section of the front wall the bottom transition section is located, and

between the top plate and flat section of the front wall the top transition section of the front wall is located. The aerofoil profile adjoins the top transition section on the top along flow side by means of the transition section of the aerofoil profile. The transition section of the aerofoil profile adjacent to one end of the top transition section has the first radius, and the transition section of the aerofoil profile adjacent to the another end of the top transition section has the second radius smaller than the first radius. The another invention of the group relates to the turbine rotor containing the said blade and sealing plate, having two-layer design and/or being resilient.

EFFECT: sealing between turbine blades.

10 cl, 6 dwg

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к лопатке, в частности, к охлаждаемой лопатке турбины, а также к ротору турбины, оснащённому, по меньшей мере, одной подобной лопаткой.

Предшествующий уровень техники

Турбина, в частности газовая турбина, обычно содержит ротор и статор, причем ротор оснащён вращающимися лопатками, расположенными радиально вокруг вала. Непосредственно сама лопатка содержит бандажную полку, причем аэродинамический профиль лопатки закреплён внутренним торцом в верхней плите полки. С

противоположной стороны, т.е. у нижней плиты, бандажная полка выполнена с возможностью соединения с валом. Таким образом, вращение лопаток приводит к вращению вала, причем подобное вращение используется для соответствующих целей, например, для выработки электроэнергии. Для достижения упомянутого вращения лопаток и вала используется энергия расширения текучей среды. Расширяющаяся текучая среда, таким образом, проходит через лопатки, в направлении потока, причем направляющие лопатки статора создают предпочтительное направление потока для текучей среды. В предпочтительной компоновке турбины, лопатки расположены смежно в направлении вдоль окружности относительно вращения ротора, причем лопатки расположены по направлению потока рядом с направляющими лопатками. То есть, в частности, лопатки обращены в сторону смежных направляющих лопаток, расположенных выше по потоку в направлении потока текучей среды. Для уменьшения потерь энергии текучей среды бандажная полка упомянутой лопатки содержит изогнутую переднюю стенку, обращенную в сторону смежной, расположенной выше по потоку направляющей лопатки. Передняя стенка дополнительно содержит

уплотнительный участок, обеспечивающий уплотнение между упомянутой лопаткой и смежной, расположенной выше по потоку направляющей лопаткой, упомянутый уплотнительный участок, по меньшей мере, частично установлен снизу смежной направляющей лопатки, причем низ считается относительно радиального направления вала. Уплотнительный участок, таким образом, по меньшей мере, частично расположен снизу направляющей лопатки, в частности, у нижнего торца направляющей лопатки.

Уменьшение ширины линии тока является известным, проверенным способом повышения эффективности турбины упомянутого типа, в частности, при модернизации. То есть, траектория текучей среды ограничивается в направлении, поперечном направлению линии тока, в частности, в радиальном направлении, что увеличивает скорость текучей среды, проходящей вдоль линии тока и, соответственно, эффективность турбины. Для этого, в частности, при модернизации, как правило, вносятся соответствующие изменения в и направляющие лопатки, а остальные части турбины, такие как вал, остаются в прежнем виде. Подобная модификация лопаток заключается, в частности, в увеличении размера бандажных полок. То есть, размер бандажных полок увеличивается в радиальном направлении относительно вала. В результате подобного увеличения увеличивается размер бандажных полок соответствующих направляющих лопаток. Сохранение в прежнем виде остальных частей турбины, в частности, вала, вызывает необходимость выравнивания и улучшения уплотнения между лопатками и соседними направляющими лопатками.

Краткое изложение сущности изобретения

Цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы предложить усовершенствованный или, по меньшей мере, альтернативный вариант осуществления лопатки упомянутого типа, которая, в частности, отличается усовершенствованным

уплотнением.

Согласно изобретению решение данной проблемы описано в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления лопатки по изобретению можно найти в зависимых пунктах формулы изобретения.

- 5 Настоящее изобретение основано на общей идее обеспечения соответствующего уплотнения между лопаткой и смежной, расположенной выше по потоку, направляющей лопаткой турбины за счет оборудования передней стенки бандажной полки лопатки плоским участком, проходящим перпендикулярно верхней плите бандажной полки, в которой закреплен аэродинамический профиль лопатки, у внутреннего торца лопатки,
- 10 упомянутая передняя стенка обращена в сторону смежной, расположенной выше по потоку, направляющей лопатки и содержит изогнутый участок, на котором установлен уплотнительный участок. Уплотнительный участок обеспечивает уплотнение между лопаткой и смежной, расположенной выше по потоку, направляющей лопаткой и, по меньшей мере, частично расположен снизу упомянутой направляющей лопатки.
- 15 Указанные направления, например, верх или низ, таким образом, определяются относительно радиального направления соответствующего вала, с которым соединена лопатка. Таким образом, верхняя плита бандажной полки является плитой бандажной полки, наиболее удаленной от вала и, частности, проходит параллельно валу. Соответственно, уплотнительный участок, расположенный снизу направляющей
- 20 лопатки, установлен таким образом, что уплотнительный участок находится ближе к валу, чем к направляющей лопатке. Аналогичным образом, внутренний торец аэродинамического профиля является торцом аэродинамического профиля, который расположен ближе к валу и/или обращен в сторону вала.

- Изобретение, таким образом, основано на идее, что минимальное расстояние между
- 25 лопаткой и смежной, расположенной выше по потоку, направляющей лопаткой, необходимое для установки уплотнительного участка снизу упомянутой направляющей лопатки, уменьшается за счет использования передней стенки с уплотнительным участком. Это, в частности, дает наибольший эффект в том случае, если высота бандажной полки увеличилась, а расстояние между направляющей полкой и смежной,
- 30 расположенной выше по потоку, направляющей лопаткой, осталось прежним, причем высота считается относительно радиального направления, как это соответственно показано на виде в продольном сечении лопатки. Подобное увеличение высоты бандажной полки, в частности, происходит при модернизации турбины, причем направляющая лопатка модифицируется соответствующим образом для уменьшения
- 35 ширины линии тока и соответственно имеющегося радиального объема для повышения эффективности турбины за счет увеличения скорости текучей среды в турбине.

- Согласно общей идее изобретения передняя стенка бандажной полки лопатки содержит плоский участок, причем плоский участок расположен между верхней плитой бандажной полки и изогнутым участком передней стенки. Таким образом, при виде в
- 40 продольном сечении изогнутый участок расположен снизу плоского участка, а плоский участок расположен снизу верхней плиты, причем низ считается относительно радиального направления.

- По другому варианту осуществления переход между перпендикулярно расположенной верхней плитой и плоским участком осуществлен посредством верхнего переходного участка, расположенного между верхней плитой и плоским участком. Таким образом, во избежание резкого перехода или края между верхней плитой и передней стенкой, верхний переходный участок предпочтительно имеет изогнутую форму. То есть, верхний переходный участок, в частности, изогнут на радиус кривизны $R3$, причем направление

изгиба предпочтительно проходит в сторону от бандажной полки. Подобная изогнутость верхнего переходного участка и соответствующий выбор радиуса кривизны R3 дополнительно способствуют обеспечению требуемых аэродинамических свойств лопатки.

5 По дополнительному варианту осуществления, соответствующий переход между плоским участком и изогнутым участком, на котором установлен уплотнительный участок, может быть осуществлен посредством нижнего переходного участка, расположенного между плоским участком и изогнутым участком. Нижний переход, таким образом, в частности, содержит радиус кривизны R4, который отличается от
10 радиуса кривизны R5 изогнутого участка. Помимо этого, направление кривизны нижнего изогнутого участка проходит противоположно направлению кривизны верхнего переходного участка. То есть, по предпочтительному варианту осуществления верхний переходный участок изогнут в сторону от бандажной полки, тогда как изогнутость нижнего переходного участка направлена в сторону бандажной полки. Подобный
15 вариант осуществления, в частности, позволяет располагать уплотнительный участок, по существу, параллельно верхней плите.

По другому варианту осуществления аэродинамический профиль направляющей лопатки соприкасается с верхним переходным участком посредством переходного участка аэродинамического профиля. Переходный участок аэродинамического профиля,
20 таким образом, расположен на верхней по потоку стороне, у внутреннего торца аэродинамического профиля. Переходный участок аэродинамического профиля, с его верхней стороны, обращенной в сторону аэродинамического профиля, предпочтительно дополнительно имеет взаимодополняющую форму, обеспечивающую плавный переход между аэродинамическим профилем и переходным участком аэродинамического
25 профиля. С его нижней стороны, расположенной оппозитно аэродинамическому профилю, переходный участок аэродинамического профиля содержит два различных радиуса кривизны, причем один из этих радиусов, R1, расположен с одного края упомянутой стороны, соприкасающейся с верхним переходным участком, а другой радиус, R2, расположен с противоположного края, пересекающего верхний переходный
30 участок. Упомянутая нижняя сторона переходного участка аэродинамического профиля, таким образом, предпочтительно содержит плавный переход между двумя радиусами кривизны, вдоль линии между обоими упомянутыми краями. По предпочтительному варианту осуществления переходный участок аэродинамического профиля и верхний переходный участок имеют взаимодополняющую форму у их соприкасающихся сторон,
35 что, в частности, обеспечивает плавный переход между переходным участком аэродинамического профиля и верхним переходным участком и, соответственно, плавный переход между аэродинамическим профилем, передней стенкой и верхней плитой, в частности, из аэродинамических соображений.

По дополнительному варианту осуществления уплотнительный участок,
40 установленный на изогнутом участке передней стенки, содержит, по меньшей мере, одно ребро. Ребро, таким образом, расположено со стороны уплотнительного участка лопатки, обращенной в сторону аэродинамического профиля, снизу сопряженной смежной, расположенной выше по потоку, направляющей лопатки. Ребро, соответственно, выступает в радиальном направлении и выполнено с возможностью
45 сопряжения со смежным ребром для создания уплотнения по текучей среде между лопаткой и упомянутой направляющей лопаткой, в частности, для предотвращения попадания текучей среды турбины в область снизу бандажных полок. Для создания подобного уплотнения, ребро обычно сопрягается с противоположной частью

направляющей лопатки, причем сопрягающаяся противоположная часть, в частности, образована и/или изготовлена таким образом, чтобы она создавала лабиринтное уплотнение с ребром. Предпочтительные варианты осуществления, таким образом, содержат несколько ребер, выполненных с возможностью сопряжения с

5 взаимодополняющей частью направляющей лопатки для создания уплотнения.

По предпочтительному варианту осуществления, уплотнительный участок содержит, по меньшей мере, одно ребро, которое наклонено в сторону от плоского участка лопатки. То есть, упомянутое ребро наклонено в сторону от бандажной полки, в направлении смежной, расположенной выше по потоку направляющей лопатки, соответственно, против направления потока. Подобный наклон, в частности, обеспечивает улучшенный уплотняющий эффект уплотнительного участка при взаимодействии с соответствующей частью направляющей лопатки. По другому предпочтительному варианту осуществления, по меньшей мере, одно ребро наклонено в направлении плоского участка передней стенки, соответственно, в направлении бандажной полки, в сторону от упомянутой направляющей лопатки. Варианты осуществления, содержащие комбинацию с наклоном и без наклона, а также с разной степенью наклона также допустимы и поэтому являются частью настоящего изобретения.

По предпочтительному варианту осуществления лопатка содержит несколько ребер, расположенных на уплотнительном участке, причем различные ребра отличаются по форме и/или по размеру. То есть, одно из нескольких ребер имеет иной размер и/или форму по сравнению с одним или более другим ребрами. По особо предпочтительному варианту осуществления уплотнительный участок содержит четыре ребра, обращенные в сторону аэродинамического профиля. Все четыре ребра дополнительно имеют

25 одинаковый наклон, в сторону от бандажной полки направляющей лопатки и, соответственно, против направления потока. Кроме этого, первые три смежных ребра бандажной полки имеют одинаковый размер и форму, а четвертое ребро, т.е. ребро, наиболее удаленное от бандажной полки, имеет иную форму, отличающуюся от трех остальных, в частности, оно крупнее остальных. То есть, первые три ребра,

30 расположенные выше по потоку от бандажной полки, имеют одинаковый размер и форму, тогда как четвертое и, соответственно, последнее ребро, имеет другую форму и более крупный размер. Четвертое и, соответственно, последнее, более крупное ребро, таким образом, предпочтительно образует край уплотнительного участка и, соответственно, край передней стенки. Соответственно, в частности, на виде в

35 продольном сечении лопатки первые три ребра имеют высоту H_2 , а четвертое ребро имеет другую высоту, H_3 , причем H_3 больше H_2 .

Для лучшего уплотнения лопатка может быть оснащена уплотнительными плитами. Таким образом, плита содержит, по меньшей мере, одни направляющие уплотнительных плит, используемые для установки, по меньшей мере, одной уплотнительной плиты.

40 Направляющие уплотнительных плит, соответственно, образуют углубление, в которое устанавливается соответствующая уплотнительная плита для создания уплотнения. Направляющие уплотнительных плит, таким образом, не обязательно имеют непрерывную форму. То есть, направляющие уплотнительных плит могут быть выполнены в виде секций, проходящих вдоль определенной линии, в частности, в виде сегментов. Кроме этого, крепление уплотнительной плиты предпочтительно осуществляется посредством крепежной части направляющих уплотнительных плит, причем упомянутая крепежная часть выполнена с возможностью сопряжения с взаимодополняющей крепежной частью соответствующей уплотнительной плиты. То

есть, направляющие уплотнительных плит, в частности, содержат, по меньшей мере, одну крепежную часть, выполненную с возможностью взаимодействия, вмещения или зацепления с соответствующей крепежной частью уплотнительной плиты.

По дополнительному варианту осуществления, по меньшей мере, одни направляющие 5 уплотнительных плит выполнены криволинейно для установки взаимодополняющей по форме уплотнительной плиты. Подобные направляющие уплотнительных плит, в частности, расположены снизу передней стенки лопатки. По одной из предпочтительных разновидностей данного варианта осуществления, упомянутые направляющие 10 уплотнительной плиты дополнительно проходят снизу всей передней стенки, заходя за уплотнительный участок. То есть, в частности, упомянутые направляющие уплотнительных плит проходят снизу уплотнительного участка, плоского участка и верхнего переходного участка. Упомянутые направляющие уплотнительных плит, таким образом, предпочтительно, расположены снизу одного из окружающих краев 15 передней стенки. Подобное расположение, в частности, упрощает сборку соответствующей уплотнительной плиты.

По дополнительному варианту осуществления, по меньшей мере, одни направляющие 20 уплотнительных плит расположены снизу верхней плиты бандажной полки. Упомянутые направляющие уплотнительных плит, таким образом, в частности, расположены параллельно верхней плите и, необязательно, могут проходить вдоль всей верхней 25 плиты. Упомянутые направляющие уплотнительных плит, таким образом, предпочтительно, расположены снизу одного из окружающих краев верхней плиты. Подобное расположение, в частности, помогает упростить сборку соответствующей 30 уплотнительной плиты.

По особо предпочтительному варианту осуществления, направляющие 35 уплотнительных плит, расположенные снизу передней стенки, соприкасаются с направляющими уплотнительных плит, расположенными снизу верхней плиты. В этом случае соприкосновение, в частности, происходит между краем направляющих 40 уплотнительных плит, расположенных снизу передней стенки, и нижней стороной направляющих уплотнительных плит, расположенных снизу верхней плиты, т.е. со 30 стороной направляющих уплотнительных плит, расположенной напротив верхней плиты. Соприкосновение может дополнительно происходить в месте, удаленном от края направляющих уплотнительных плит, расположенных снизу верхней плиты, упомянутый край, в частности, обращен в сторону передней стенки.

По дополнительному варианту осуществления изобретения лопатка содержит, по 35 меньшей мере, одни направляющие уплотнительных плит, расположенные у задней стенки бандажной полки, в которые устанавливается уплотнительная плита, причем упомянутая задняя стенка расположена напротив передней стенки, т.е. в частности, 40 задняя стенка расположена на нижней по потоку стороне лопатки. Упомянутые направляющие уплотнительных плит могут быть дополнительно выполнены с 40 возможностью выравнивания с направляющими уплотнительных плит у задней стенки смежной в направлении вдоль окружности лопатки. То есть, направляющие 45 уплотнительных плит, расположенные у задней стенки, в частности, проходят через заднюю стенку, в частности, через всю заднюю стенку, и могут быть выровнены с аналогичными направляющими уплотнительных плит смежной лопатки, причем одна 45 и та же уплотнительная плита предпочтительно установлена в обоих упомянутых направляющих уплотнительных плит. Упомянутые направляющие уплотнительных плит, таким образом, не обязательно соприкасаются друг с другом.

По дополнительному предпочтительному варианту осуществления изобретения

задняя стенка плиты содержит выступ, причем выступ выполнен с возможностью установки во взаимодополняющем по форме углублении в задней стенке смежной в направлении вдоль окружности лопатки. Подобная компоновка, в частности, предотвращает или, по меньшей мере, сокращает прохождение текучей среды через зазор, который может создаваться между упомянутыми лопатками. Кроме этого, или как вариант, лопатка содержит углубление, причем углубление выполнено с возможностью установки в нем взаимодополняющего по форме выступа на задней стенке смежной в направлении вдоль окружности лопатки. Соответствующие выступы и углубления, таким образом, расположены с противоположных краев соответствующих задних стенок, лопатка может дополнительно содержать произвольную комбинацию из упомянутых углублений и выступов, взаимодействующих с соответствующими углублениями и выступами на задней стенке смежных в направлении вдоль окружности лопаток. Между тем, по предпочтительному варианту осуществления задняя стенка содержит выступ у одного из ее краев, обращенных в сторону задней стенки смежной в направлении вдоль окружности лопатки, а также углубление у другого ее края, обращенного в сторону задней стенки другой смежной в направлении вдоль окружности лопатки. Подобная компоновка, в частности, упрощает установку лопатки, соответственно, в роторе и турбине и дополнительно позволяет получить лопатки одного типа для соответствующего ротора турбины.

На виде в продольном сечении лопатки, т.е. на виде в сечении в радиальном направлении, передняя стенка лопатки имеет высоту H , которая определяется как разница высот между верхней плитой и уплотнительным участком лопатки. Другим параметром передней стенки является высота $H1$ плоского участка при упомянутом виде в продольном сечении, причем высота $H1$ плоского участка определяется как разница высот между верхней плитой и сочленением между плоским участком и нижним переходным участком. По предпочтительному варианту осуществления коэффициент между этими двумя высотами составляет 0,57, т.е. $H1/H = 0,57$.

По другому предпочтительному варианту осуществления используются, по меньшей мере, следующие коэффициенты относительно высоты передней стенки H :

$R1/H = 0,33$, т.е. коэффициент между первым радиусом $R1$ кривизны переходного участка аэродинамического профиля и высотой передней стенки H равен 0,33, и/или $R2/H = 0,317$, т.е. коэффициент между вторым радиусом $R2$ кривизны переходного участка аэродинамического профиля и высотой передней стенки H равен 0,317, и/или $R3/H = 0,265$, т.е. коэффициент между радиусом $R3$ кривизны верхнего переходного участка и высотой передней стенки H равен 0,265, и/или $R4/H = 0,21$, т.е. коэффициент между радиусом $R4$ кривизны нижнего переходного участка и высотой передней стенки H равен 0,21, и/или $R5/H = 1,026$, т.е. коэффициент между радиусом $R5$ кривизны изогнутого участка и высотой передней стенки H равен 1,026.

По дополнительному предпочтительному варианту осуществления используется, по меньшей мере, один из следующих коэффициентов в дополнение или как вариант к вышеупомянутым коэффициентам:

$H2/H = 0,11$, т.е. коэффициент между высотой трех ребер уплотнительного участка, имеющих одинаковый размер, и высотой передней стенки H равен 0,11, и/или $H3/H = 0,235$, т.е. коэффициент между высотой четвертого ребра уплотнительного участка, имеющего больший размер, и высотой передней стенки H равен 0,235. Следует отметить, что все указанные коэффициенты допускают погрешность $\pm 20\%$. Также следует дополнительно отметить, что особо предпочтительный вариант осуществления

соответствует всем указанным коэффициентам в пределах допустимой погрешности.

По дополнительному предпочтительному варианту осуществления изобретения, ротор, в частности, ротор турбины, содержит, по меньшей мере, одну лопатку по изобретению. Подобный ротор предпочтительно содержит несколько лопаток по изобретению, упомянутые лопатки расположены смежно в направлении вдоль окружности. Ротор может дополнительно содержать, по меньшей мере, одну уплотнительную плиту, расположенную в соответствующих направляющих уплотнительных плит, по меньшей мере, одной лопатки, причем упомянутая уплотнительная плита может иметь двухслойную конструкцию и быть, дополнительно или как вариант, упругой.

Следует заметить, что упомянутый ротор соответственно расположен внутри турбины, причем передние стенки лопаток обращены в сторону расположенной выше по потоку смежной направляющей лопатки статора турбины. Таким образом, турбина также является частью изобретения.

Подразумевается, что вышеупомянутые признаки, а также упоминаемые далее признаки применимы не только в соответствующей комбинации, но также и в других комбинациях, равно как и по отдельности, не выходя за объем изобретения.

Описанные выше, а также другие цели, признаки и преимущества изобретения станут более понятны из следующего описания его отдельных предпочтительных вариантов осуществления совместно с прилагаемыми чертежами.

Краткое описание чертежей

Изобретение будет рассмотрено на примере одного из вариантов его осуществления, схематично изображенного на чертежах, а также будет рассмотрено более подробно со ссылкой на чертежи. На чертежах схематически показано:

- На фиг. 1 - вид в перспективе лопатки;
- На фиг. 2 - укрупненный вид части вида в перспективе по фиг. 1;
- На фиг. 3 - вид в продольном сечении лопатки и укрупненный вид ее части;
- На фиг. 4 и 5 - виды в перспективе ротора;
- На фиг. 6 - вид в продольном сечении турбины.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

Лопатка 1 по фиг. 1 содержит бандажную полку 2, причем бандажная полка содержит верхнюю плиту 3, в которой нижним торцом установлен аэродинамический профиль 4. Внутренний торец считается относительно направления, обозначенного стрелкой 5, причем стрелкой 5 обозначено радиальное направление вала, на котором установлена лопатка, после его соединения, соответственно, с ротором 6 и турбиной 7. Стрелкой 5, таким образом, обозначено радиальное направление относительно направления вращения лопатки 1. Бандажная полка 2 лопатки 1 дополнительно содержит боковые, относительно направления вдоль окружности, обозначенного стрелкой 9, стенки 8, причем упомянутые боковые стенки 8 образуют полость бандажной полки, закрытую передней стенкой 10 и задней стенкой 11, относительно направления потока, обозначенного стрелкой 12, бандажной полки 2. Направление вдоль окружности, таким образом, относится к направлению вращения лопатки 1 после установки, соответственно, в роторе 6 или турбине 7. Мимо лопатки 1 турбины 7 проходит поток текучей среды, упомянутое направление потока текучей среды определяют направление потока, обозначенное стрелкой 12. Таким образом, передняя стенка 10 расположена на верхней по потоку стороне лопатки 1 относительно направления потока, обозначенного стрелкой 12 в правой части вида, показанного на фиг. 1. Задняя стенка, соответственно, расположена на нижней по потоку стороне, которая находится в левой

части вида, показанного на фиг. 1. Помимо этого, лопатка 1 содержит елочный элемент 13, расположенный на нижней плите 14 бандажной полки 2, причем термин «нижний» понимается применительно к радиальному направлению, обозначенному стрелкой 5. Елочный элемент 13, в частности, имеет форму, позволяющую ему образовать
 5 соединение между лопаткой 1, валом ротора 6 и турбиной 7. Аэродинамический профиль 4 содержит каналы 15 системы каналов, используемые для охлаждения.

Передняя стенка 10 содержит изогнутый участок 16, на котором установлен уплотнительный участок 17 передней стенки 10. Изогнутый участок 16, имеющий радиус R5 кривизны, соединен на верхней по потоку стороне с уплотнительным участком 17,
 10 причем радиус кривизны изогнутого участка 16 проходит, в целом, в направлении бандажной полки 2. Уплотнительный участок 17 содержит плоскую верхнюю сторону 18, причем верхняя сторона обращена в сторону аэродинамического профиля 4. Верхняя сторона 18 уплотнительного участка 17, таким образом, повернута в направлении стрелки 5, соответственно, в радиальном направлении и проходит параллельно верхней
 15 плите 3 бандажной полки 2. Уплотнительный участок 17 дополнительно содержит четыре ребра 19, 20, расположенные на его верхней стороне 18. Первые три ребра 19 имеют одинаковый размер и форму, причем отсчет ребер 19, 20 ведется в направлении, противоположном направлению 12 потока и, следовательно, на показанном виде слева направо. Четвертое ребро 20 уплотнительного участка 17, на показанном виде,
 20 расположено у наиболее удаленного, выше по потоку, края уплотнительного участка 17 и, соответственно, с крайней правой стороны уплотнительного участка 17. Ребро 20, соответственно, образует хвостовик уплотнительного участка 17 на верхней по потоку стороне и является более крупным, чем остальные ребра 19. Все четыре ребра 19, 20 наклонены в сторону от бандажной полки 2, соответственно, в направлении,
 25 противоположном направлению потока, обозначенного стрелкой 12. Первые три ребра 19 содержат наклонные и плоские стенки 21, которые проходят от верхней стороны 18 уплотнительного участка 17, каждое ребро 19 также содержит у его дистального торца плоскую поверхность 22, причем плоские поверхности 22 проходят параллельно верхней стороне 18 уплотнительного участка 17. Четвертое ребро 20 содержит две стенки 23,
 30 24, причем одна из упомянутых стенок 23, обращенная в сторону бандажной полки 2, имеет изогнутую форму, тогда как другая стенка 24, обращенная в сторону от бандажной полки 2, имеет плоскую поверхность. Переход между верхней стороной 18 уплотнительного участка 17 и ребром 20, со стороны, обращенной к бандажной полке 2, таким образом, имеет изогнутую форму, тогда как остальные переходные области
 35 между верхней стороной 18 и ребрами 19, 20 являются угловыми. Стенки 23, 24 ребра 20 проходят к плоской поверхности 22 у дистального торца упомянутого ребра 20, причем упомянутая плоская поверхность 22 проходит параллельно верхней стороне 18 уплотнительного участка 17 и, соответственно, верхней плите 3 бандажной полки 2.

Как показано на фиг. 1, 2 и 3 изогнутый участок 16 примыкает к нижнему переходному участку 25 со стороны изогнутого участка 16, противоположной уплотнительному участку 17. Нижний переходный участок 25 имеет изогнутую форму с таким же направлением изгиба, как и у изогнутого участка, т.е. в направлении бандажной полки, но с другим радиусом R4 кривизны. Изогнутый участок 16, таким
 45 образом, расположен между уплотнительным участком 17 и нижним переходным участком 25. Нижний переходный участок 25, следовательно, выступает в качестве перехода между изогнутым участком 16 и плоским участком 26 передней стенки 10. Плоский участок 26, таким образом, расположен со стороны нижнего переходного

участка 25, противоположной изогнутому участку 16. Плоский участок 26, таким образом, проходит перпендикулярно верхней плите 3 бандажной полки 2 и, соответственно, также перпендикулярно верхней стороне 18 уплотнительного участка 17. Верхний переходный участок 27 расположен со стороны плоского участка 26, противоположной нижнему переходному участку 25. Верхний переходный участок 27 имеет изогнутую форму, причем изогнутость проходит в сторону от бандажной полки 2 и, соответственно, в направлении, противоположном изогнутости изогнутого участка 16 и нижнего переходного участка 25. Верхний переходный участок 27, помимо этого, содержит радиус R3 кривизны и выступает в качестве перехода между перпендикулярно расположенной верхней плитой 3 и плоским участком 26. Таким образом, высота Н передней стенки 10 определяется расстоянием вдоль радиального направления 5 между верхней плитой 3 и верхней стороной 18 уплотнительного участка 17, которые расположены параллельно.

Все участки - изогнутый участок 16, нижний переходный участок 25, плоский участок 26 и верхний переходный участок 27, имеют прямоугольную форму, а длинные стороны соответствующих участков 16, 25, 26, 27 образуют границы между смежными участками. Между тем, на прямоугольную форму верхней переходной части 27 нахлестывается изогнутый кончик 28 переходного участка 29 аэродинамического профиля, как это показано на фиг. 2, причем переходный участок 29 аэродинамического профиля служит в качестве перехода между верхней по потоку стороной аэродинамического профиля 4 и бандажной полкой 2. Изогнутый кончик 28 переходного участка 29 аэродинамического профиля, таким образом, разграничен двумя разными радиусами R1, R2 кривизны у окружных краев переходного участка 29 аэродинамического профиля и, соответственно, у его краев вдоль направления, обозначенного стрелкой 9, причем один из упомянутых радиусов R1 кривизны соприкасается с верхним, длинным краем верхнего переходного участка 27 и больше другого упомянутого радиуса R2 кривизны, при этом последний проходит через верхний переходный участок 27.

При виде лопатки 1 в продольном сечении, показанном на фиг. 3, высоту Н1 плоского участка можно определить как разницу между высотой верхней плиты 3 и сочленением между плоским участком 26 и нижним переходным участком 25. Также можно дополнительно определить соответствующие высоты Н2, Н3 ребер 19, 20 как это показано на укрупненном виде по фиг. 3. Так высота Н2 ребер 19 определяется их радиальной длиной и, соответственно, их размером в радиальном направлении, обозначенном стрелкой 5. Высота Н3 более крупного ребра 20 аналогичным образом определяется его соответствующим размером в радиальном направлении.

Лопатка 1 дополнительно содержит три направляющих 30, 31, 32 уплотнительных плит, показанных на фиг. 1, фиг. 4 и фиг. 6, причем отдельные направляющие 30, 31, 32 уплотнительных плит имеют разные размеры и форму, но крепежные части 33 у всех одинаковые. Упомянутые крепежные части 33, таким образом, выполнены с возможностью взаимодействия, зацепления или установки взаимодополняющих крепежных частей 34 соответствующих уплотнительных плит 35, 36, 37, расположенных в соответствующих направляющих 30, 31, 32 уплотнительных плит. Одни из направляющих 30 уплотнительных плит имеют криволинейную форму и расположены снизу края передней стенки 10, противоположно направлению вдоль окружности. Направляющие 30 уплотнительных плит состоят из трех сегментов 38, сопрягающихся с нижней стороной 39 передней стенки 10, упомянутая нижняя сторона имеет криволинейную форму. Стенки 40 сегментов 38, таким образом, сопрягаются со стороной 39, обращенной вниз, передней стенки 10, образуя направляющие 30

уплотнительных плит криволинейной формы, причем стенки 40 имеют форму, взаимодополняющую соответствующую область нижней стороны 39 передней стенки 10. Кроме этого, два сегмента 38, расположенные снизу изогнутого участка 16 и/или уплотнительного участка 17 передней стенки 10, образуют крепежные части 33, взаимодействующие с соответствующими крепежными частями 34 соответствующей уплотнительной плиты 35 для соединения уплотнительной плиты 35 с направляющими 30 уплотнительной плиты. Третий сегмент 38 расположен смежно с плоским участком 26 передней стенки 10 и снизу плоской плиты 3 бандажной полки 2. Подобный сегмент 38, таким образом, содержит две стенки 40, одна из которых имеет криволинейную форму, взаимодополняющую нижнюю сторону 39 передней стенки, и соединяется с другой стенкой 40, которая имеет плоскую форму и обращена в сторону нижней стороны 39 верхней плиты 3 бандажной полки. Последняя стенка 40, соответственно, является частью направляющих 31 уплотнительных плит, расположенных снизу верхней плиты 3. Другой сегмент 38 расположен снизу верхней плиты 3, в области, расположенной ближе к задней стенке 11 бандажной полки 2. Упомянутый сегмент 38 образует крепежную часть 33 направляющих 31 уплотнительной плиты, расположенных снизу верхней плиты 3, совместно с другим сегментом 38, который соприкасается и образует часть задней стенки 11 и расположен перпендикулярно задней стенке 11. Направляющие 31 уплотнительных плит, таким образом, заходят на некоторое расстояние за заднюю стенку 11. Упомянутые направляющие 31 уплотнительных плит также заходят на некоторое расстояние за переднюю стенку 10 посредством паза 41, упомянутый паз 41 проходит параллельно верхней плите 3. Следовательно, соответствующая уплотнительная плита 36, расположенная в направляющих 31 уплотнительных плит, снизу верхней плиты 3, соприкасается с уплотнительной плитой 35, расположенной в направляющих 30 уплотнительных плит, снизу передней стенки 10, со стороны уплотнительной плиты 36, обращенной в сторону от верхней плиты 3, как это показано на фиг. 3, фиг. 4 и фиг. 6. Упомянутое соприкосновение, кроме этого, происходит в районе уплотнительной плиты 36, снизу верхней плиты 3, которая разнесена от края упомянутой уплотнительной плиты 36, упомянутый край обращен в сторону передней стенки 10. Это позволяет создать замкнутое уплотнение в переходной области между передней стенкой 10 и верхней плитой 3.

Другие направляющие 32 уплотнительных плит расположены в центральной части задней стенки II бандажной полки 2 и установлены в задней стенке 11 посредством канавки 42. Помимо этого, упомянутые направляющие 32 уплотнительной плиты проходят по всей ширине задней стенки 11, позволяя устанавливать одну и ту же уплотнительную плиту 37 в упомянутых направляющих 32 уплотнительной плиты, а также в аналогичных направляющих 32 уплотнительной плиты, расположенных у задней стенки смежной в направлении вдоль окружности плиты 1, как это показано на фиг. 4, причем на фиг. 4 показаны две смежные в направлении вдоль окружности плиты 1 ротора 6. Показанные лопатки дополнительно содержат кругообразные отверстия 43, расположенные снизу направляющих 32 уплотнительной плиты соответствующих плит 1. Подобные отверстия предназначены, в частности, для охлаждения. Между двумя лопатками 1, показанными на фиг. 4, имеется зазор, создающий соответствующий зазор между направляющими 32 уплотнительных плит, расположенными в задней стенке 11 лопаток, причем упомянутый зазор пересекается уплотнительной плитой 37. Уплотнительные плиты 35, 36, 37, показанные на фиг. 4, имеют двухслойную конструкцию, причем одиночные слои проходят вдоль соответствующих плит 35, 36, 37. Помимо этого, упомянутые уплотнительные плиты 35, 36, 37 обладают

пружинящими/упругими свойствами, что, в частности, обеспечивает лучшее уплотнение.

На фиг. 5 показан вид ротора сверху, в перспективе, на котором видно, что задняя стенка 11 передней лопатки 1 содержит у края упомянутой задней стенки 11

уступообразное углубление 44, обращенное в сторону задней стенки 11 смежной лопатки 1. Данная задняя стенка 11 содержит взаимодополняющий по форме уступообразный выступ 45, обращенный в сторону задней стенки 11 передней лопатки 1, причем в углубление задней стенки 11 передней лопатки 1 входит выступ 45 на задней стенке 11 другой лопатки 1. Это создает плоскостное зацепление 46 обращенных в сторону друг друга стенок углубления 44 и выступа 45, соответственно. Упомянутое плоскостное зацепление 46, таким образом, обеспечивает, в частности, лучшее уплотнение текучей среды, проходящей в направлении, обозначенном стрелкой 12.

На фиг. 6 показана лопатка 1, установленная в турбине 7. Лопатка, таким образом, обращена в сторону смежной, расположенной выше по потоку, относительно направления потока текучей среды, обозначенного стрелкой 12, направляющей лопатки 47, причем уплотнительный участок 17 расположен снизу направляющей лопатки 47 относительно радиального направления, обозначенного стрелкой 5, как это показано на фиг. 6. Уплотнительный участок и ребра 19, 20, соответственно, образуют лабиринтное уплотнение 48 с сопрягаемой частью 49 направляющей лопатки 47, упомянутая сопрягаемая часть 49 расположена снизу направляющей лопатки 47, относительно радиального направления, обозначенного стрелкой 5. Сопрягаемая часть 49 на изображенном виде в продольном сечении имеет ступенчатую форму, причем ступенька, выступающая дальше всего в сторону противоположного уплотнительного участка 17, сопрягается с меньшими по размеру ребрами 19, тогда как другая ступенька сопрягаемой части 49 взаимодействует с более крупным ребром 20.

Формула изобретения

1. Лопатка (1) турбины (7), содержащей лопатки (1) и направляющие лопатки (47), имеющая аэродинамический профиль (4) и бандажную полку (2), расположенную у внутреннего торца аэродинамического профиля (4), характеризующаяся тем, что бандажная полка (2) содержит верхнюю плиту (3), в которой установлен аэродинамический профиль (4), и переднюю стенку (10), обращенную в сторону расположенной выше по потоку смежной направляющей лопатки (47), при этом передняя стенка (10) содержит изогнутый участок (16), на котором установлен уплотнительный участок (17), предназначенный для создания уплотнения между лопаткой (1) и расположенной выше по потоку смежной направляющей лопаткой (47), а также плоский участок (26), направленный перпендикулярно верхней плите (3) и расположенный между верхней плитой (3) и изогнутым участком (16), при этом

задняя стенка (11) бандажной полки (2) содержит выступ (45), выполненный с возможностью расположения во взаимодополняющем по форме углублении (44) в задней стенке (11), смежной в направлении вдоль окружности лопатки (1), и/или задняя стенка (11) содержит углубление (44), выполненное с возможностью установки в нем взаимодополняющего по форме выступа (45) в задней стенке (11), смежной в направлении вдоль окружности лопатки (1), причем

между плоским участком (26) и изогнутым участком (16) передней стенки (10) расположен нижний переходный участок (25),

между верхней плитой (3) и плоским участком (26) передней стенки (10) расположен верхний переходный участок (27) передней стенки (10), и

аэродинамический профиль (4) сопряжен с верхним переходным участком (27) на

верхней по потоку стороне посредством переходного участка (29) аэродинамического профиля, при этом переходный участок (29) аэродинамического профиля, граничащий с одним концом верхнего переходного участка (27), имеет первый внешний радиус R1, а переходный участок (29) аэродинамического профиля, граничащий с другим концом верхнего переходного участка (27), имеет второй внешний радиус R2, причем первый радиус R1 больше второго радиуса R2, при этом

- верхний переходный участок (27) имеет радиус кривизны R3,

- нижний переходный участок (25) имеет радиус кривизны R4,

- изогнутый участок (16) имеет радиус кривизны R5, и в продольном сечении

- высота H передней стенки лопатки (1) представляет собой разницу высот между верхней плитой (3) и уплотнительным участком (17) лопатки (1),

- высота H1 плоского участка лопатки (1) представляет собой разницу высот между верхней плитой (3) и местом сочленения между плоским участком (26) и нижним переходным участком (25),

причем лопатка (1) характеризуется, по меньшей мере, одним из следующих соотношений:

$$R1/H=0,33\pm 20\%,$$

$$R2/H=0,317\pm 20\%,$$

$$R3/H=0,265\pm 20\%,$$

$$R4/H=0,21\pm 20\%,$$

$$R5/H=1,026\pm 20\%,$$

$$H1/H=0,57\pm 20\%.$$

2. Лопатка по п. 1, отличающаяся тем, что уплотнительный участок (17) содержит, по меньшей мере, одно ребро (19, 20), предназначенное для создания лабиринтного уплотнения (48).

3. Лопатка по п. 2, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одно из ребер (19, 20) уплотнительного участка наклонено в сторону плоского участка (26) передней стенки (10) или в сторону от плоского участка (26) передней стенки (10).

4. Лопатка по п. 1, отличающаяся тем, что уплотнительный участок (17) содержит несколько ребер (19, 20) разного размера, при этом три ребра (19) одинакового размера и четвертое ребро (20) большего размера.

5. Лопатка по п. 1, отличающаяся тем, что лопатка (1) содержит, по меньшей мере, одни направляющие (30, 31, 32) уплотнительных плит, предназначенные для установки в них уплотнительной плиты (35, 36, 37), причем, по меньшей мере, одни из направляющих (30, 31, 32) уплотнительных плит содержат, по меньшей мере, одну крепежную часть (33), выполненную с возможностью сопряжения с взаимодополняющей крепежной частью (34) соответствующей уплотнительной плиты (35, 36, 37).

6. Лопатка по п. 5, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одни направляющие (30) уплотнительных плит имеют криволинейную форму, позволяющую устанавливать в них взаимодополняющую по форме уплотнительную плиту (35), причем упомянутые направляющие (30) уплотнительных плит расположены снизу передней стенки (10) и заходят за уплотнительный участок (17).

7. Лопатка по п. 5, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одни направляющие (31) уплотнительных плит расположены снизу верхней плиты (3) и выполнены с возможностью установки в них взаимодополняющей по форме уплотнительной плиты (36), причем направляющие (30) уплотнительных плит, расположенные снизу передней стенки (10), соприкасаются с упомянутыми направляющими (31) уплотнительных плит, расположенными снизу верхней плиты (3), в месте, отстоящем от края упомянутых

направляющих (31) уплотнительных плит, причем упомянутый край обращен в сторону передней стенки (10).

8. Лопатка по п. 5, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одни направляющие (32) уплотнительных плит расположены у задней стенки (11) бандажной полки (2) и предназначены для установки в них взаимодополняющей по форме уплотнительной плиты (37), причем упомянутые направляющие (32) уплотнительных плит выполнены с возможностью выравнивания относительно направляющих (37) уплотнительных плит, расположенных у задней стенки (11), смежной в направлении вдоль окружности лопатки (1), для установки упомянутой уплотнительной плиты (37).

9. Лопатка по п. 1, отличающаяся тем, что при виде в продольном сечении

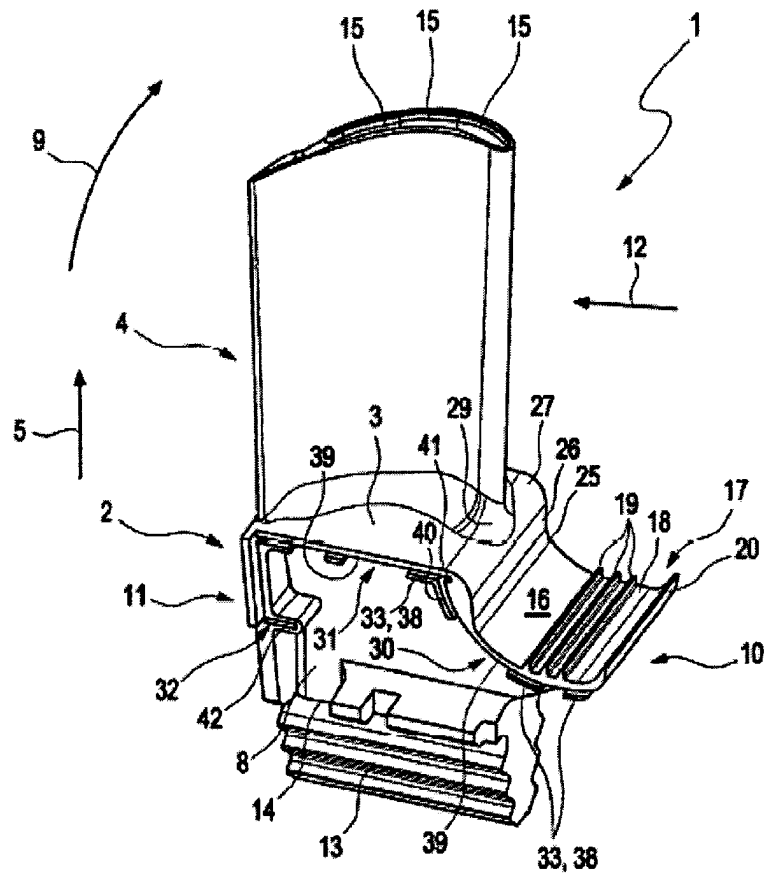
- три из четырех ребер (19) уплотнительного участка (17) имеют высоту H_2 ,
- четвертое ребро (20) уплотнительного участка имеет высоту H_3 ,

причем лопатка (1) характеризуется, по меньшей мере, одним из следующих соотношений:

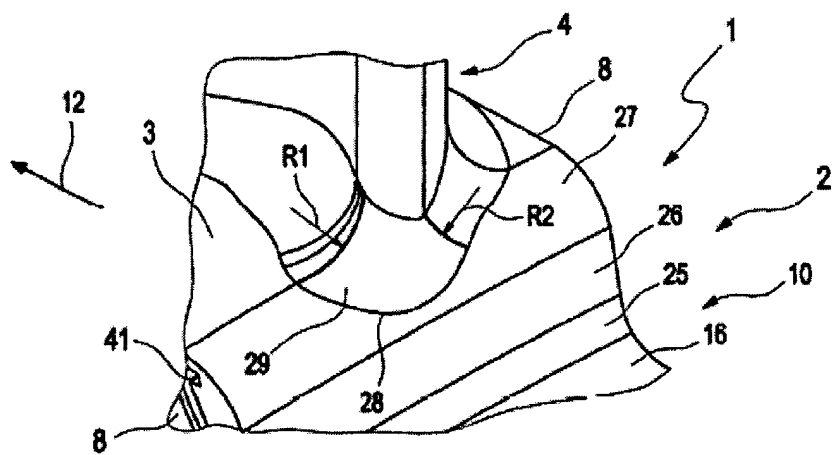
$$H_2/H=0,11\pm 20\%,$$

$$H_3/H=0,235\pm 20\%.$$

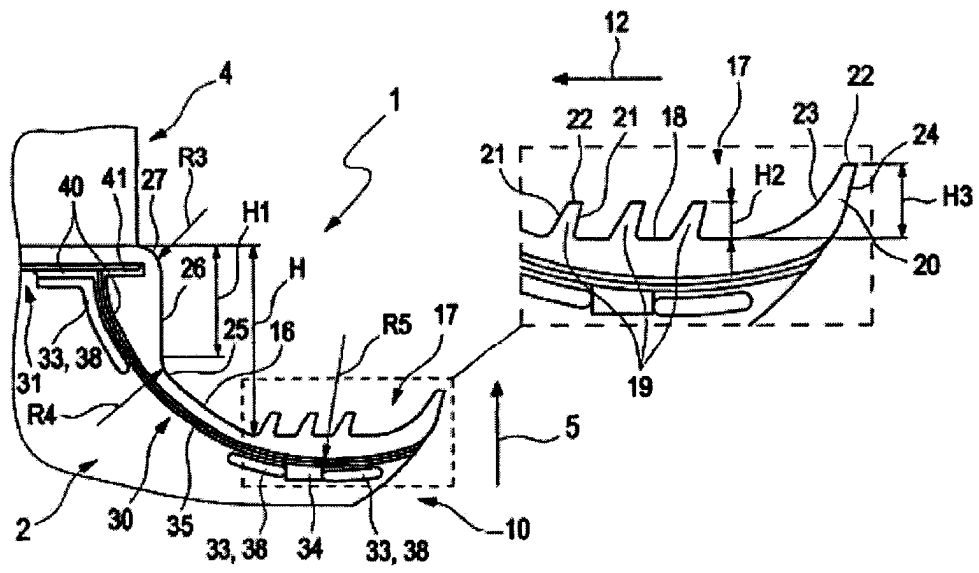
10. Ротор (6) турбины (7), содержащий, по меньшей мере, одну лопатку (1) по любому из пп. 1-9, а также, по меньшей мере, одну уплотнительную плиту (35, 36, 37), причем, по меньшей мере, одна из уплотнительных плит (35, 36, 37) имеет двухслойную конструкцию и/или является упругой.



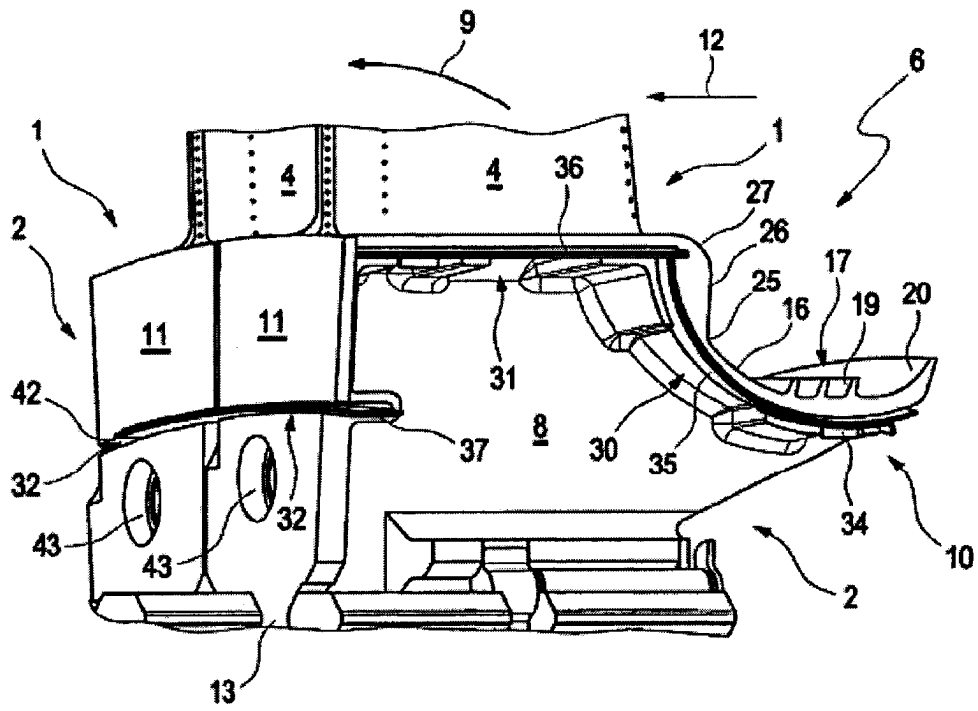
ФИГ.1



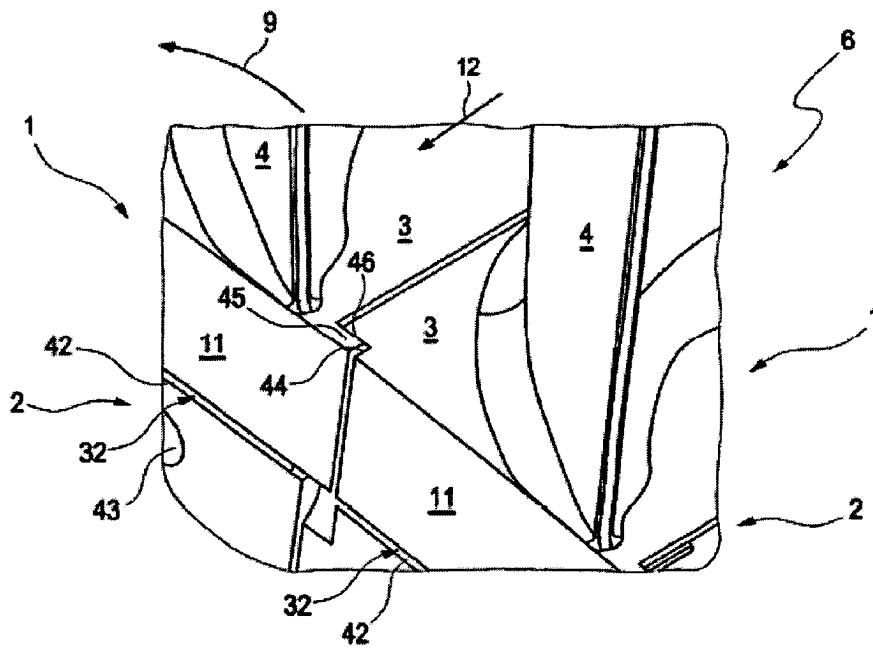
ФИГ.2



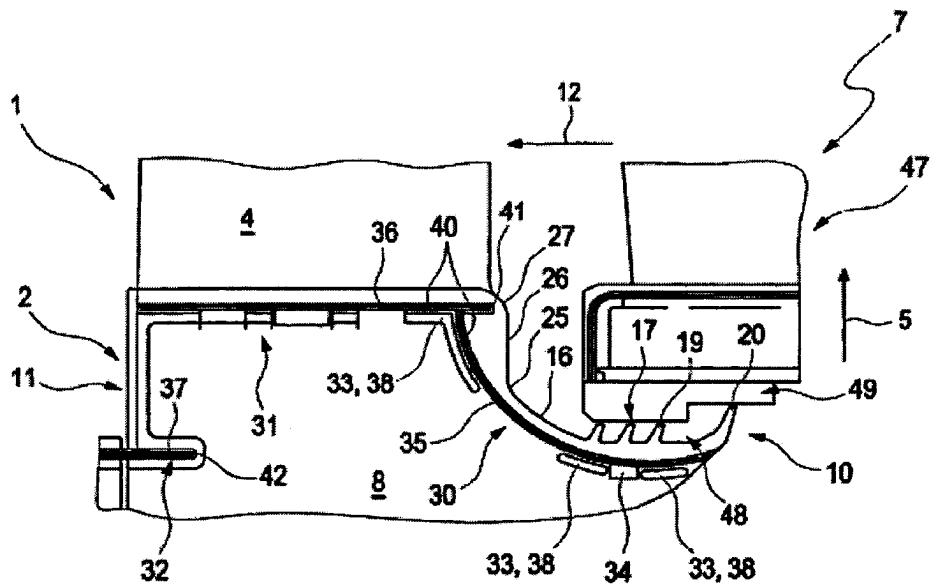
ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5



ФИГ.6