



(51) МПК

F01D 5/22 (2006.01)

F01D 5/20 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01D 5/225 (2016.08); F01D 5/20 (2016.08)

(21)(22) Заявка: 2013102138, 18.01.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.01.2013Дата регистрации:
22.03.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
20.01.2012 US 13/355,436

(43) Дата публикации заявки: 27.07.2014 Бюл. № 21

(45) Опубликовано: 22.03.2018 Бюл. № 9

Адрес для переписки:
191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

ЧОУХАН Рокит (IN),
СОНИ Самит (IN),
СМИТ Пол Кендалл (US),
ДЖАЯНА Сриниваса Говардхан (IN),
ПЬЕР Сильвэйн (US),
БОММАНАКАТТЕ Хариш (IN),
ВИДЖАЯН Сантош Кумар (IN),
КЭРИФФ Спенсер Аарон (US)

(73) Патентообладатель(и):

Дженерал Электрик Компани (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2772854 A, 04.12.1956. US
5482435 A, 09.01.1996. US 2007/0231143 A1,
04.10.2007. EP 1498578 A1, 19.01.2005. US 2008/
0170946 A1, 17.07.2008. SU 1059222 A1,
07.12.1983.

**(54) ТУРБОМАШИНА, СОДЕРЖАЩАЯ ЛОПАТКУ ТУРБОМАШИНЫ, ТУРБОМАШИНА,
СОДЕРЖАЩАЯ КОНЦЕВОЙ БАНДАЖ ЛОПАТКИ ТУРБОМАШИНЫ, И ТУРБИННАЯ ЛОПАТКА,
СОДЕРЖАЩАЯ КОНЦЕВОЙ БАНДАЖ**

(57) Реферат:

Турбомашина содержит лопатку с концевым бандажом, расположенным на ее радиальном конце и имеющим переднюю кромочную часть и заднюю кромочную часть. Первая часть со стороны повышенного давления передней кромочной части имеет площадь поверхности на 50-500% большую, чем ее первая часть со стороны пониженного давления. Передняя кромочная часть имеет передний кромочный выступ, проходящий над передней кромкой указанной лопатки турбомашины на расстояние, составляющее 5-20% от длины хорды лопатки. Вторая часть со стороны повышенного давления задней кромочной части имеет площадь

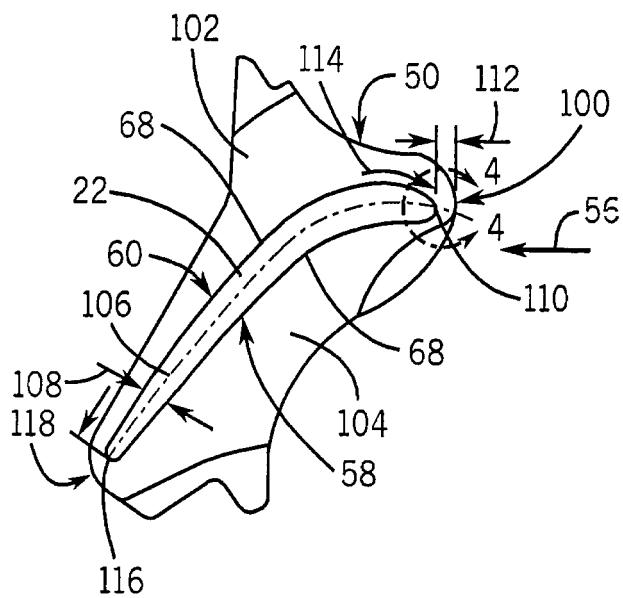
поверхности, на 50-400% большую, чем ее вторая часть со стороны пониженного давления. В другом варианте часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления передней кромочной части концевого бандажа лопатки разделены средней линией профиля лопатки турбомашины. Еще одно изобретение группы относится к турбинной лопатке, содержащей указанный выше концевой бандаж. Группа изобретений позволяет снизить механическую нагрузку, действующую на лопатку во время работы, а также повысить эффективность лопатки и турбомашины. З. н. и 11 з.п. ф-лы, 8 ил.

R U 2 6 4 8 1 7 3 C 2

R U 2 6 4 8 1 7 3

C 2

R U 2 6 4 8 1 7 3 C 2



ФИГ.3

R U 2 6 4 8 1 7 3 C 2

R U
2 6 4 8 1 7 3 C 2

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU (11) 2 648 173⁽¹³⁾ C2

(51) Int. Cl.
F01D 5/22 (2006.01)
F01D 5/20 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
F01D 5/225 (2016.08); *F01D 5/20* (2016.08)

(21)(22) Application: 2013102138, 18.01.2013

(24) Effective date for property rights:
18.01.2013

Registration date:
22.03.2018

Priority:

(30) Convention priority:
20.01.2012 US 13/355,436

(43) Application published: 27.07.2014 Bull. № 21

(45) Date of publication: 22.03.2018 Bull. № 9

Mail address:
191036, Sankt-Peterburg, a/ya 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

CHOUHAN Rohit (IN),
SONI Sumeet (IN),
SMITH Paul Kendall (US),
JAYANA Srinivasa Govardhan (IN),
PIERRE Sylvain (US),
BOMMANAKATTE Harish (IN),
VIJAYAN Santhosh Kumar (IN),
KAREFF Spencer Aaron (US)

(73) Proprietor(s):

General Electric Company (US)

R U
2 6 4 8 1 7 3 C 2

(54) TURBOMACHINE COMPRISING TURBOMACHINE BLADE, TURBOMACHINE COMPRISING END BANDAGE OF TURBOMACHINE BLADE, AND TURBINE BLADE COMPRISING END BANDAGE

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

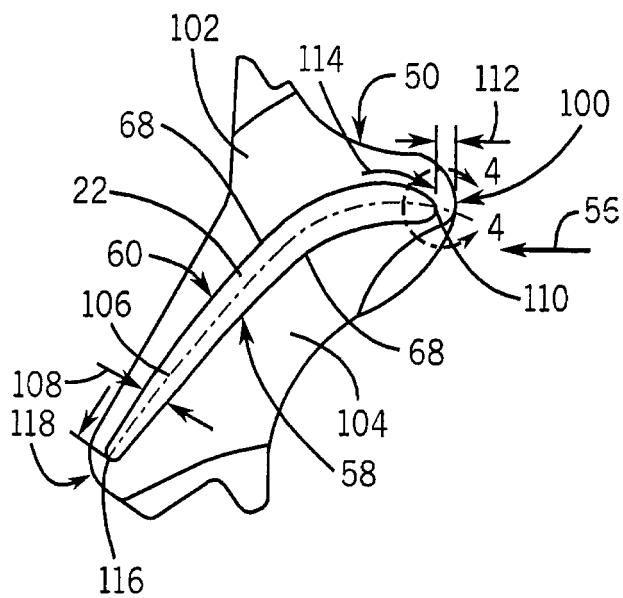
SUBSTANCE: turbomachine comprises blade with end bandage located at its radial end and having a front edge portion and a rear edge portion. First part from the elevated pressure side of the front edge portion has a surface area of 50-500% greater than its first part on the side of the reduced pressure. Front edge part has a front edge projection extending above the leading edge of said turbomachine blade at a distance of 5-20% of the length of the chord of the blade. Second part on the higher pressure side of the rear edge portion has a surface area that is 50-400% greater than its second part

on the side of the reduced pressure. In another embodiment, the high-pressure side portion and the lower-pressure side portion of the front edge portion of the blade end shroud are separated by an average profile line of the turbomachine blade. Another invention of the group relates to a turbine blade having the above-mentioned end bandage.

EFFECT: group of inventions allows to reduce mechanical load acting on the blade during operation, and also to increase the efficiency of the blade and turbomachine.

14 cl, 8 dwg

R U 2 6 4 8 1 7 3 C 2



ФИГ.3

R U 2 6 4 8 1 7 3 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0001] Изобретение, описанное в данном документе, относится к турбомашинам и, более конкретно, к усовершенствованным конфигурациям концевого бандажа лопатки турбомашины.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0002] К турбомашинам относятся компрессоры и турбины, например газовые, паровые и гидравлические турбины. В целом турбомашины содержат ротор, который может представлять собой вал или барабан, к которому прикреплены лопатки турбомашины. Некоторые лопатки могут содержать концевые бандажи для

10 удовлетворения конструкционным и эксплуатационным требованиям. Например, концевой бандаж лопатки турбомашины может уменьшать протечку или поперечный поток, проходящий от стороны повышенного давления (например, вогнутой поверхности) к стороне пониженного давления (например, выпуклой поверхности) лопатки турбомашины. Однако указанный концевой бандаж может подвергаться

15 воздействию центробежной нагрузки, которая может создавать повышенные механические напряжения у основания концевого бандажа и вызывать вероятность снижения фактического срока службы указанной лопатки и/или ротора турбомашины. Так, в патентном документе США №2772854 описана турбомашина, содержащая лопатку с концевым бандажом, который имеет две выступающие части. Однако

20 соотношение размеров таких выступающих частей может изменяться различным образом, так что любая из них может иметь большую площадь поверхности, вследствие чего указанные части гарантированно обеспечивают только уменьшение вибраций в лопатках турбомашины путем создания демпфирующего трения между частями при их контакте друг с другом во время вращения лопаток, но не обеспечивают уменьшения

25 протечки над радиальным концом лопатки.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0003] Ниже приведено краткое описание некоторых вариантов выполнения, соответствующих объему первоначально заявленного изобретения. Предполагается, что эти варианты выполнения не ограничивают объем заявленного изобретения, а 30 лишь представляют возможные варианты данного изобретения в кратком изложении. Фактически изобретение может охватывать различные варианты, которые могут быть аналогичны нижеописанным вариантам выполнения или отличаться от них.

[0004] В первом варианте выполнения турбомашина содержит лопатку турбомашины, содержащую концевой бандаж. Указанный концевой бандаж имеет переднюю 35 кромочную часть, причем первая часть со стороны повышенного давления передней кромочной части площадь поверхности, на 50-500% большую, чем ее первая часть со стороны пониженного давления, и которая имеет передний кромочный выступ, проходящий над передней кромкой указанной лопатки турбомашины на расстояние, составляющее 5-20% от длины хорды лопатки. Указанный концевой бандаж также 40 имеет заднюю кромочную часть, у которой вторая часть со стороны повышенного давления имеет площадь поверхности, на 50-400% большую, чем ее вторая часть со стороны пониженного давления.

[0005] Во втором варианте выполнения турбомашина содержит концевой бандаж 45 лопатки турбомашины, имеющий часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления. Указанные часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления разделены средней линией профиля лопатки турбомашины, при этом часть со стороны повышенного давления имеет площадь

поверхности, на 50-500% большую, чем площадь поверхности части со стороны пониженного давления. Часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления содержат переднюю кромочную часть, которая имеет передний кромочный выступ, проходящий над передней кромкой указанной лопатки турбомашины на расстояние, составляющее 10-20% от длины хорды лопатки.

[0006] В третьем варианте выполнения турбинная лопатка содержит концевой бандаж. Указанный концевой бандаж имеет часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления, разделенные средней линией профиля указанной турбинной лопатки, при этом часть со стороны повышенного давления имеет площадь поверхности, на 50-500% большую, чем площадь поверхности части со стороны пониженного давления. Часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления содержат переднюю кромочную часть, которая имеет передний кромочный выступ, проходящий над передней кромкой турбинной лопатки в направлении вращения указанной лопатки на расстояние, составляющее 10-20% от длины хорды лопатки.

Наличие таких асимметричных частей и такого кромочного выступа способствует предотвращению прохождения потока текучей среды над радиальным концом лопатки через зазор между указанным концом и неподвижным конструктивным элементом с уменьшением тем самым протечки над концевой частью лопатки. Следовательно, лопатка и турбомашина обладают повышенной эффективностью. Кроме того, размер части со стороны пониженного давления может быть уменьшен с уменьшением тем самым общего веса бандажа, что снижает центробежную механическую нагрузку, действующую на лопатку и ротор во время работы турбомашины.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0007] Эти и другие особенности, аспекты и преимущества данного изобретения станут более понятны после прочтения нижеследующего подробного описания, выполненного со ссылкой на сопроводительные чертежи, на которых одинаковые номера позиций обозначают одинаковые элементы и на которых:

[0008] фиг. 1 изображает структурную схему варианта выполнения газотурбинной установки, содержащей лопатки с усовершенствованными концевыми бандажами,

[0009] фиг. 2 изображает частичный вид сбоку в пределах линии 2-2, показанной на фиг. 1, турбомашины (например, турбины), содержащей лопатку с концевым бандажом в соответствии с вариантами выполнения данного изобретения,

[0010] фиг. 3 изображает вид снизу в разрезе по линии 3-3 на фиг. 2 лопатки турбомашины, показывающий концевой бандаж в соответствии с вариантами выполнения данного изобретения,

[0011] фиг. 4 изображает вид в аксонометрии концевого бандажа, показывающий передний кромочный выступ концевого бандажа в соответствии с вариантами выполнения данного изобретения,

[0012] фиг. 5 изображает вид сверху концевого бандажа, показывающий переднюю кромочную часть концевого бандажа с асимметричными сторонами в соответствии с вариантами выполнения данного изобретения,

[0013] фиг. 6 изображает вид сверху концевого бандажа, показывающий заднюю кромочную часть концевого бандажа с асимметричными сторонами в соответствии с вариантами выполнения данного изобретения,

[0014] фиг. 7 изображает вид сверху смежных концевых бандажей, находящихся в контакте друг с другом, в соответствии с вариантами выполнения данного изобретения, и

[0015] фиг. 8 изображает вид сверху смежных зубчатых концевых бандажей, каждый из которых содержит две направляющие, в соответствии с вариантами выполнения данного изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

- [0016] Ниже приведено описание одного или более конкретных вариантов выполнения. В попытке создания краткого описания этих вариантов выполнения в описании могут быть приведены не все признаки фактического варианта реализации. Следует понимать, что при разработке любого такого фактического варианта реализации, как и при любом инженерном или опытно-конструкторском проектировании, необходимо принять множество решений, определяемых конкретным вариантом реализации, для достижения конкретных целей разработчика, таких как соблюдение системных и деловых ограничений, которые могут меняться от одного варианта реализации к другому. Кроме того, следует понимать, что такая опытно-конструкторская работа может быть сложной и трудоемкой, но тем не менее является обычным процессом при проектировании, изготовлении и производстве для специалистов, использующих преимущество данного изобретения.

- [0017] При введении элементов различных вариантов выполнения данного изобретения подразумевается, что использование их названий в единственном числе и термина «указанный» означает наличие одного или более определяемых элементов.
- Подразумевается, что термины «содержащий», «включающий» и «имеющий» являются включающими и означают, что возможно наличие дополнительных элементов, отличающихся от перечисленных.

- [0018] Рассмотренные варианты выполнения относятся к усовершенствованным конфигурациям концевого бандажа лопатки турбомашины. Более конкретно, нижеописанные концевые бандажи могут характеризоваться различными геометрическими особенностями, например, наличием переднего кромочного выступа, который может иметь асимметричные стороны повышенного давления и пониженного давления. Кроме того, концевой бандаж может характеризоваться такими геометрическими особенностями, как наличие асимметричных сторон повышенного давления и пониженного давления у передней кромки и/или задней кромки. Как подробно изложено ниже, одна или более из этих геометрических особенностей могут повышать эффективность лопатки турбомашины или турбомашины в целом. Более того, предложенные геометрические конфигурации могут увеличивать фактический срок службы и долговечность лопатки турбомашины или турбомашины в целом.
- Например, в конкретных вариантах выполнения предложенные геометрические конфигурации концевых бандажей могут снижать вес указанного бандажа с уменьшением тем самым центробежной механической нагрузки, действующей на лопатку турбомашины. Таким образом, могут быть уменьшены механические напряжения в концевом бандаже и лопатке турбомашины. Кроме того, асимметричный концевой бандаж и/или выполнение зубцов, рассмотренные ниже, могут обеспечивать преимущество перед симметричными концевыми бандажами, заключающееся в возможности уменьшения неблагоприятного воздействия зубчатых концевых бандажей на производительность турбомашины. Несмотря на то что рассмотренные ниже усовершенствованные конфигурации концевых бандажей могут использоваться с лопатками различных турбомашин (например, турбин и компрессоров), усовершенствованные концевые бандажи описаны ниже в контексте турбины, например паровой или газовой турбины. Однако важно отметить, что нижеследующее описание не должно считаться ограничивающим применение предложенных усовершенствованных

концевых бандажей только турбинами.

[0019] На фиг. 1 изображена структурная схема варианта выполнения газотурбинной установки 10, содержащей лопатки 22 с усовершенствованными концевыми бандажами. Указанная газотурбинная установка 10 содержит компрессор 12, камеры 14 сгорания,

5 содержащие топливные форсунки 16, и турбину 18. Указанные топливные форсунки 16 направляют в камеру 14 сгорания жидкое топливо и/или газообразное топливо, например природный или синтетический газ. Камеры 14 сгорания обеспечивают воспламенение и сгорание топливно-воздушной смеси с последующим направлением горячих сжатых газов 20 сгорания (например, отработанных газов) в турбину 18.

10 Турбинные лопатки 22 присоединены к ротору 24, который, как показано, в свою очередь, присоединен к другим элементам, расположенным по всей длине газотурбинной установки 10. При прохождении газов 20 сгорания через турбинные лопатки 22 в турбине 18 указанная турбина 18 приводится во вращение, что вызывает вращение ротора 24 относительно оси 25 вращения. В конечном итоге, газы 20 сгорания выходят из турбины 15 18 через выпускной патрубок 26.

[0020] В изображенном варианте выполнения компрессор 12 содержит лопатки 28. Лопатки 28 в компрессоре 12 также присоединены к ротору 24 и вращаются при приведении ротора 24 во вращение турбиной 18, как изложено выше. При вращении в компрессоре 12 указанные лопатки 28 обеспечивает сжатие воздуха, поступающего из 20 воздухозаборника, с образованием сжатого воздуха 30, который проводится к камера姆 14 сгорания, топливным форсункам 16 и другим частям газотурбинной установки 10. Затем в топливных форсунках 16 происходит смешивание указанного сжатого воздуха и топлива с получением подходящей топливно-воздушной смеси, которая сжигается в 25 камерах 14 с образованием газов 20 сгорания, обеспечивающих приведение турбины 18 в действие. Кроме того, ротор 24 может быть присоединен к нагрузке 31, приводимой в действие путем вращения ротора 24. Например, нагрузка 31 может представлять собой любое подходящее устройство, которое может вырабатывать энергию путем использования крутящего момента на выходе газотурбинной установки 10, например 30 энергетическую установку или внешнюю механическую нагрузку. Например, нагрузка 31 может представлять собой электрогенератор, двигатель летательного аппарата и т.д. В нижеследующем описании могут использоваться ссылки на различные направления, например осевое направление или направление по оси 32, радиальное направление или направление по оси 34 и окружное направление или направление по оси 36 турбины 18.

35 [0021] Фиг. 2 изображает частичный вид сбоку турбины 18 в пределах линии 2-2, показанной на фиг. 1, изображающий турбинную лопатку 22 (например, аэродинамический профиль), содержащую концевой бандаж 50. Как должно быть понятно, указанный концевой бандаж 50 может служить для предотвращения протечки между радиальным концом 52 лопатки 22 и неподвижным конструктивным элементом 40 54. Например, неподвижный конструктивный элемент 54 может быть корпусом турбины, кожухом, ободом и т.д. Другими словами, концевой бандаж 50 может способствовать предотвращению прохождения потока 56 текучей среды (например, газов 20, поступающих из камеры 14 сгорания) в турбине 18 от стороны 58 повышенного давления к стороне 60 пониженного давления лопатки 22 через зазор 62 между радиальным 45 концом 52 лопатки 22 и элементом 54. Кроме того, концевой бандаж 50 также может демпфировать вибрации в лопатке 22. В конкретных вариантах выполнения концевой бандаж 50 также может содержать лабиринтное уплотнение 64, которое дополнительно препятствует прохождению потока 56 текучей среды от стороны 58 повышенного

давления к стороне 60 пониженного давления через зазор 62. В изображенном варианте выполнения лабиринтное уплотнение 64 содержит одну направляющую 66, которая проходит в радиальном направлении 34 к неподвижному элементу 54. В других вариантах выполнения, например в варианте выполнения, показанном на фиг. 7,

5 указанное лабиринтное уплотнение 64 может содержать набор направляющих 66.

[0022] Как указано выше, концевой бандаж 50 расположен на радиальном конце 52 турбинной лопатки 22. Более конкретно, бандаж 50 проходит вбок от наружной поверхности 68 лопатки 22 по периферии лопатки 22. Как подробно изложено ниже, конфигурация концевого бандажа 50 может быть различной. Например, разные части 10 бандажа 50, например передняя кромочная часть, задняя кромочная часть, часть со стороны пониженного давления и часть со стороны повышенного давления могут иметь различные контуры, формы и т.д. Другими словами, различные части бандажа 50 могут проходить вбок от наружной поверхности 68 лопатки 22 на различные расстояния. Например, как изложено ниже, концевой бандаж 50 может иметь 15 асимметричные стороны повышенного давления и пониженного давления.

[0023] Фиг. 3 изображает вид снизу в разрезе по линии 3-3 на фиг. 2, показывающий передний кромочный выступ 100 концевого бандажа. По существу показанный на фиг. 3 разрез изображает сторону бандажа 50, которая обращена от неподвижного конструктивного элемента 54 (например, если смотреть на бандаж 50 со стороны ротора 20 24). Как указано выше, бандаж 50 проходит вбок от наружной поверхности 68 турбинной лопатки 22 (например, аэродинамического профиля). Кроме того, бандаж 50 имеет различные части, которые могут иметь различные геометрические конфигурации, контуры или формы. Например, бандаж 50 имеет часть 102 со стороны пониженного давления и часть 104 со стороны повышенного давления. Как должно быть понятно,

25 часть 102 бандажа 50 проходит вбок от стороны 60 пониженного давления турбинной лопатки 22. Аналогичным образом, часть 104 проходит вбок от стороны 58 повышенного давления турбинной лопатки 22. Как показано на чертеже, сторона 60 пониженного давления и сторона 58 повышенного давления турбинной лопатки могут быть отделены (т.е. разделены) средней линией 106 профиля лопатки 22. Указанная 30 линия 106 по существу определяется средней шириной 108 вдоль длины турбинной лопатки 22.

[0024] Как указано выше, концевой бандаж 50 в изображенном варианте выполнения имеет передний кромочный выступ 100. А именно, указанный выступ 100 представляет собой расширение концевого бандажа 50 в боковом направлении от турбинной лопатки 35 22 у передней кромки 110 лопатки 22. Более конкретно, выступ 100 проходит вбок от лопатки 22, вперед от передней кромки 110 вдоль средней линии 106 профиля лопатки 22. Как подробно изложено ниже, выступ 100 может способствовать предотвращению прохождения потока 56 текучей среды над радиальным концом 52 лопатки 22 через зазор 62 между указанным концом 52 и неподвижным конструктивным элементом 54.

40 Таким образом, образование вихревого потока и взаимное влияние давлений (т.е. давлений между стороной 60 пониженного давления и стороной 58 повышенного давления лопатки 22) могут быть уменьшены с повышением тем самым эффективности лопатки 22.

[0025] В изображенном варианте выполнения передний кромочный выступ 100 45 проходит на расстояние 112 вперед от передней кромки 110 лопатки 22. Указанное расстояние 112 может быть выражено в процентах от общей длины 114 хорды лопатки 22. Как должно быть понятно, общая длина 114 хорды лопатки 22 может быть определена как расстояние между передней кромкой 110 лопатки 22 и ее задней кромкой

116 вдоль средней линии 106 профиля. Например, расстояние 112, на которое проходит выступ 100, может составлять приблизительно 1-20%, 2-18%, 3-16%, 4-14%, 5-12% или 6-10% от общей длины 114 хорды лопатки 22. Кроме того, в конкретных вариантах выполнения выступ 100 может иметь асимметричную форму. Другими словами, как 5 изложено подробно ниже, выступ 100 может быть асимметричным относительно средней линии 106 (т.е. выступ 100 может иметь асимметричные части со стороны повышенного давления и со стороны пониженного давления). Аналогичным образом, в конкретных вариантах выполнения задняя кромка 116 может иметь расширение или выступ, 10 аналогичный переднему кромочному выступу 100. Например, задняя кромка 116 может иметь выступ 118, который может проходить назад от задней кромки 116 турбинной лопатки 22.

[0026] Фиг. 4 изображает вид в аксонометрии в пределах линии 4-4, показанной на фиг. 3, переднего кромочного выступа 100 концевого бандажа 50, проходящего над передней кромкой 110 лопатки 22 вперед от нее по существу в отрицательном осевом 15 направлении 111 турбины 18. Другими словами, отрицательное осевое направление 111 является по существу направлением вверх по потоку вдоль оси 32 турбины 18. Как указано выше, выступ 100 может способствовать предотвращению прохождения потока 56 текучей среды над радиальным концом 52 лопатки 22. Например, выступ 100 может направлять поток 56 текучей среды вниз по турбинной лопатке 22, как показано 20 стрелкой 120. Аналогичным образом, выступ 100 может направлять поток 56 текучей среды по стороне 58 повышенного давления лопатки 22, как показано стрелкой 122. Таким образом, протечка потока 56 текучей среды над радиальным концом 52 лопатки 22 уменьшается с повышением тем самым эффективности турбины 18.

[0027] Фиг. 5 изображает вид сверху концевого бандажа 50, показывающий переднюю 25 кромочную часть 150 концевого бандажа 50, имеющую асимметричные стороны. По существу, вид сверху, приведенный на фиг. 5 (также как виды на фиг. 6 и 7), изображает сторону концевого бандажа 50, которая обращена к неподвижному конструктивному элементу 54. Передняя кромочная часть 150 бандажа 50 имеет вторую часть 152 со стороны повышенного давления (т.е. соответствующую стороне 58 повышенного 30 давления турбинной лопатки 22), асимметричную второй части 154 со стороны пониженного давления (т.е. соответствующей стороне 60 пониженного давления турбинной лопатки 22). Как аналогично изложено выше, вторая часть 152 и вторая 35 часть 154 передней кромочной части 150 разделены средней линией 106 профиля лопатки 22. В изображенном варианте выполнения передняя кромочная часть 150 бандажа 50 по существу отделена от его задней кромочной части 156 направляющей 66 лабиринтного уплотнения 64. В конкретных вариантах выполнения передняя кромочная 40 часть 150 может иметь рассмотренный выше выступ 100. Другими словами, выступ 100 может проходить над передней кромкой 110 лопатки 22 и может быть асимметричным относительно средней линии 106.

[0028] Как указано выше, вторая часть 152 со стороны повышенного давления и вторая часть 154 со стороны пониженного давления передней кромочной части 150 бандажа 50 являются асимметричными. Например, в изображенном варианте выполнения вторая часть 152 больше, чем вторая часть 154. Другими словами, вторая часть 152 бандажа 50 имеет по существу большую поверхность, проходящую вбок от 45 наружной поверхности 68 турбинной лопатки 22, чем вторая часть 154 бандажа 50. Например, в конкретных вариантах выполнения площадь поверхности второй части 152 бандажа 50 может быть приблизительно на 5-500%, 10-400%, 15-300%, 20-250%, 25-200%, 30-150%, 40-100% или 45-50% больше площади поверхности второй части 154.

Таким образом, вторая часть 152 бандажа 50 может препятствовать прохождению потока 56 текучей среды в турбине 18 над радиальным концом 52 лопатки 22 с уменьшением тем самым протечки над концевой частью. Следовательно, лопатка 22 и турбина 18 могут обладать повышенной эффективностью. Кроме того, размер второй 5 части 154 бандажа 50 может быть уменьшен с уменьшением тем самым общего веса бандажа 50. Как должно быть понятно, снижение общего веса бандажа 50 может уменьшать центробежную механическую нагрузку, действующую на лопатку 22 и ротор 24 во время работы турбины 18.

[0029] Фиг. 6 изображает вид сверху концевого бандажа 50, показывающий заднюю

10 кромочную часть 156 бандажа 50, имеющую асимметричные стороны. Более конкретно, указанная часть 156 бандажа 50 имеет третью часть 160 со стороны повышенного давления (т.е. соответствующую стороне 58 повышенного давления лопатки 22), асимметричную третьей части 162 со стороны пониженного давления (т.е. соответствующей стороне 60 пониженного давления лопатки 22). Как аналогично 15 изложено выше, третья часть 160 и третья часть 162 задней кромочной части 156 разделены средней линией 106 профиля лопатки 22. Как и в случае передней кромочной части 150, показанной на фиг. 5, задняя кромочная часть 156 концевого бандажа 50 в изображенном варианте выполнения по существу отделена от передней кромочной части 150 бандажа 50 направляющей 66 лабиринтного уплотнения 64.

20 [0030] Как изложено выше, третья часть 160 со стороны повышенного давления и третья часть 162 со стороны пониженного давления концевого бандажа 50 являются асимметричными относительно средней линией 106 профиля лопатки 22. Более конкретно, в изображенном варианте выполнения третья часть 160 больше, чем третья часть 162. Другими словами, третья часть 160 задней кромочной части 156 бандажа 50 25 имеет большую поверхность, проходящую вбок от наружной поверхности 68 турбинной лопатки 22, чем третья часть 162 задней кромочной части 156 бандажа 50. Например, в конкретных вариантах выполнения площадь поверхности третьей части 160 бандажа 50 может быть приблизительно на 5-400%, 10-350%, 15-300%, 20-250%, 25-200%, 30-150%, 40-100% или 45-50% больше площади поверхности третьей части 162. Таким 30 образом, третья часть 160 бандажа 50 может препятствовать прохождению потока 56 текучей среды в турбине 18 над радиальным концом 52 лопатки 22. Кроме того, может быть уменьшено взаимодействие потока 56 текучей среды с потоком протечки над направляющей 66, что приводит к снижению потери, обусловленной их смешиванием. Следовательно, лопатка 22 и турбина 18 могут обладать повышенной эффективностью. 35 Кроме того, размер третьей части 162 бандажа 50 может быть уменьшен с уменьшением тем самым общего веса бандажа 50. Как должно быть понятно, снижение общего веса бандажа 50 может уменьшать центробежную механическую нагрузку, действующую на лопатку 22 и ротор 24 во время работы турбины 18.

[0031] Фиг. 7 изображает вид сверху двух смежных концевых бандажей 50,

40 иллюстрирующий контакт между указанными двумя бандажами 50. Более конкретно, первый концевой бандаж 164 может быть расположен на одной турбинной лопатке 22, а второй концевой бандаж 166 может быть расположен на смежной турбинной лопатке 22 в той же ступени или в том же ряду лопаток 22, присоединенных к ротору 24. Как показано на чертеже, два смежных бандажа 50 (например, указанные первый бандаж 45 164 и второй бандаж 166) находятся в контакте друг с другом, так как они расположены на смежных лопатках 22. Например, четвертая часть 168 со стороны пониженного давления первого бандажа 164 входит в физический контакт с четвертой частью 170 со стороны повышенного давления второго бандажа 166. Как должно быть понятно,

концевые бандажи 50 лопатки 22 могут входить в физический контакт с концевыми бандажами 50 смежных лопаток 22 с повышением механической жесткости лопаток 22.

[0032] Смежные концевые бандажи 50 (например, первый бандаж 164 и второй бандаж 166) могут иметь асимметричные стороны, как изложено выше. Например, первый бандаж 164 имеет пятую часть 172 со стороны повышенного давления, которая асимметрична четвертой части 168 со стороны пониженного давления указанного бандажа 164 и имеет большую площадь поверхности. Аналогичным образом, четвертая часть 170 со стороны повышенного давления второго бандажа 166 может быть асимметрична пятой части 174 со стороны пониженного давления указанного бандажа 166 и иметь меньшую площадь поверхности.

[0033] Фиг. 8 изображает вид сверху варианта выполнения двух концевых бандажей 50, показывающий заднюю кромочную часть 158 каждого бандажа 50 с асимметричными сторонами. Как показано на чертеже, два бандажа 50 находятся в контакте друг с другом, как аналогично описано выше в отношении фиг. 7. А именно, первый концевой бандаж 180 может быть расположен на одной турбинной лопатке 22, а второй концевой бандаж 182 может быть расположен на другой, смежной турбинной лопатке 22 в той же ступени или том же ряду. Кроме того, изображенный вариант выполнения концевых бандажей 50 имеет зубовидные части 180, а лабиринтные уплотнения 64 каждого бандажа 50 содержат две направляющие 66 (например первую направляющую 183 и вторую направляющую 184). Как должно быть понятно, зубовидные части 180 могут быть выполнены в концевом бандаже 50 для дополнительного снижения веса бандажа 50 с уменьшением тем самым центробежной механической нагрузки, действующей на лопатку 22 и ротор 24 во время работы турбины 18. Более конкретно, зубовидные части 180 могут быть получены путем выполнения в бандаже 50 выемок или углублений, как показано на чертеже. Другими словами, из бандажа 50 может быть удален материал для образования зубовидных частей 180 с уменьшением тем самым веса бандажа 50.

[0034] Как показано на чертеже, задняя кромочная часть 156 каждого концевого бандажа имеет шестую часть 186 со стороны повышенного давления (т.е. соответствующую стороне 58 повышенного давления лопатки 22) и шестую часть 188 со стороны пониженного давления (т.е. соответствующую стороне 60 пониженного давления лопатки 22), которые являются асимметричными относительно средней линии 106 профиля лопатки 22. Как аналогично описано выше в отношении фиг. 6, шестая часть 186 имеет большую площадь поверхности, чем шестая часть 188. Таким образом, шестая часть 186 каждого концевого бандажа 50 может препятствовать прохождению потока 56 текучей среды в турбине 18 над радиальным концом 52 каждой лопатки 22. Кроме того, может быть уменьшено взаимодействие потока 56 текучей среды с потоком протечки над направляющими 66, что приводит к снижению потери, обусловленной их смешиванием. Следовательно, турбинная лопатка 22 и турбина 18 могут обладать повышенной эффективностью. Кроме того, размер шестой части 188 бандажа 50 может быть уменьшен с уменьшением тем самым общего веса бандажа 50. Как должно быть понятно, снижение общего веса бандажа 50 может уменьшать центробежную механическую нагрузку, действующую на лопатку 22 и ротор 24 во время работы турбины 18.

[0035] Кроме того, как изложено выше, два концевых бандажа 50 в изображенном варианте выполнения находятся в контакте друг с другом, что может повышать механическую жесткость турбинных лопаток 22. Например, указанные два бандажа 50 имеют зону по существу полного перекрытия между первой и второй направляющими

183 и 184 каждого бандажа 50. Другими словами, поверхность 190 со стороны пониженного давления первого бандажа 180 между его первой и второй направляющими 183 и 184 по существу полностью перекрыта. Аналогичным образом, поверхность 192 со стороны повышенного давления второго бандажа 182 по существу полностью

5 перекрыта между его первой и второй направляющими 183 и 184. В конкретных вариантах выполнения выше по потоку от второй направляющей 184 (например, между первой и второй направляющими 183 и 184) соответствующие области поверхности стороны 194 повышенного давления и стороны 196 пониженного давления бандажа 50 могут быть по существу полностью перекрыты (например, указанные области 10 поверхности могут иметь одинаковые размеры) с образованием полного цилиндрического/конического кольца над концевой частью лопатки 22. В других вариантах выполнения площадь поверхности стороны 194 повышенного давления может превышать площадь поверхности стороны 196 пониженного давления выше по потоку от второй направляющей 184.

15 [0036] С другой стороны, сзади от второй направляющей 184 соответствующие области поверхности стороны повышенного давления и стороны пониженного давления бандажа 50 могут быть асимметричными. Более конкретно, как изложено выше, задняя кромочная часть 156 (например, часть концевого бандажа сзади от второй направляющей 184) может быть снабжена зубцом так, что шестая часть 186 со стороны

20 повышенного давления имеет большую площадь поверхности, чем шестая часть 188 со стороны пониженного давления. Другими словами, шестая часть 188 может иметь вырез или другую удаленную область, в результате чего площадь поверхности указанной части 188 уменьшается. В противоположность этому, шестая часть 186 может не иметь выреза или другой удаленной области. В результате в изображенном варианте

25 выполнения задней кромочной части 156 каждого бандажа 50 (например, сзади от второй направляющей 184) поверхность 190 со стороны пониженного давления первого бандажа 180 не входит в по существу полный контакт с поверхностью 192 со стороны повышенного давления второго бандажа 182. Кроме того, в изображенном варианте выполнения поверхность 198 задней кромочной части 156 каждого бандажа 50 в целом

30 параллельна средней линии 106 профиля каждого бандажа 50 в указанной части 156. Однако в других вариантах выполнения поверхность 198 задней кромочной части 156 может быть расположена под углом 200 относительно средней линии 106 профиля в указанной части 156, как показано пунктирной линией 202. Например, угол 200 может составлять приблизительно 0° - 75° , 5° - 60° , 10° - 45° или 15° - 30° . Как должно быть понятно, 35 угол 200 может быть выбран с получением требуемых механических или аэродинамических характеристик.

[0037] Как подробно изложено выше, рассмотренные варианты выполнения относятся к усовершенствованной конфигурации концевого бандажа 50 лопатки турбомашины. Более конкретно, вышеописанные варианты выполнения концевого бандажа 50 могут

40 содержать один или более характерных элементов, таких как передний кромочный выступ 100. Кроме того, концевой бандаж 50 может иметь переднюю кромочную часть 150 с асимметричными частями со стороны повышенного давления и стороны пониженного давления (например, вторыми частями 152 и 154). Аналогичным образом, концевой бандаж может иметь заднюю кромочную часть 156 с ассиметричными частями

45 со стороны повышенного давления и стороны пониженного давления (например, третьими частями 160 и 162). Как изложено выше, эти усовершенствованные конфигурации могут способствовать уменьшению веса концевого бандажа 50 с одновременным предотвращением прохождения потока 56 текучей среды над

радиальным концом 52 лопатки 22 турбомашины. Таким образом, улучшаются рабочие характеристики лопатки 22 с одновременным уменьшением центробежной механической нагрузки, действующей на лопатку 22 и ротор 24 турбомашины, и, соответственно, с повышением общей эффективности турбомашины 18.

- 5 [0038] В предложенном описании примеры, в том числе предпочтительный вариант выполнения, используются для раскрытия данного изобретения, а также для обеспечения возможности реализации изобретения на практике, включая изготовление и использование любых устройств и установок и осуществление любых соответствующих или предусмотренных способов, любым специалистом. Объем правовой охраны
- 10 изобретения определен формулой изобретения и может охватывать другие примеры, очевидные специалистам. Подразумевается, что такие другие примеры находятся в рамках объема формулы изобретения, если они содержат конструктивные элементы, не отличающиеся от описанных в дословном тексте формулы, или конструктивные элементы, незначительно отличающиеся от описанных в дословном тексте формулы.

15

(57) Формула изобретения

1. Турбомашина, содержащая лопатку турбомашины, содержащую концевой бандаж, расположенный на радиальном конце указанной лопатки и имеющий

- 20 переднюю кромочную часть, у которой первая часть со стороны повышенного давления имеет площадь поверхности на 50-500% большую, чем ее первая часть со стороны пониженного давления, и которая имеет передний кромочный выступ, проходящий над передней кромкой указанной лопатки турбомашины на расстояние, составляющее 5-20% от длины хорды лопатки, и
- 25 заднюю кромочную часть, у которой вторая часть со стороны повышенного давления имеет площадь поверхности на 50-400% большую, чем ее вторая часть со стороны пониженного давления.

2. Турбомашина по п. 1, в которой передняя кромочная часть и задняя кромочная часть разделены по меньшей мере одной направляющей лабиринтного уплотнения.

- 30 3. Турбомашина по п. 1, в которой между указанными первой частью со стороны повышенного давления и первой частью со стороны пониженного давления проходит средняя линия профиля указанной лопатки турбомашины.

4. Турбомашина по п. 1, в которой между указанными второй частью со стороны повышенного давления и второй частью со стороны пониженного давления проходит средняя линия профиля указанной лопатки турбомашины.

- 35 5. Турбомашина по п. 1, в которой концевой бандаж имеет по меньшей мере одну зубовидную часть.

6. Турбомашина по п. 1, представляющая собой газовую турбину или паровую турбину.

- 40 7. Турбомашина, содержащая концевой бандаж лопатки турбомашины, имеющий переднюю кромочную часть, включающую часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления, разделенные средней линией профиля лопатки турбомашины, при этом часть со стороны повышенного давления передней кромочной части имеет площадь поверхности на 50-500% большую, чем площадь поверхности части со стороны пониженного давления передней кромочной части, 45 причем передняя кромочная часть указанного концевого бандажа лопатки турбомашины имеет передний кромочный выступ, проходящий над передней кромкой указанной лопатки турбомашины на расстояние, составляющее 10-20% от длины хорды лопатки.

8. Турбомашина по п. 7, в которой часть со стороны повышенного давления и часть

со стороны пониженного давления содержат заднюю кромочную часть указанного концевого бандажа лопатки турбомашины.

9. Турбомашина по п. 7, в которой концевой бандаж лопатки турбомашины содержит лабиринтное уплотнение, содержащее по меньшей мере одну направляющую,

5 проходящую в радиальном направлении.

10. Турбомашина по п. 7, в которой концевой бандаж лопатки турбомашины имеет по меньшей мере одну зубовидную часть.

11. Турбомашина по п. 7, содержащая лопатку турбомашины, которая содержит указанный концевой бандаж, расположенный на радиальном конце указанной лопатки.

10 12. Турбинная лопатка, содержащая концевой бандаж, имеющий переднюю кромочную часть, включающую часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления, разделенные средней линией профиля указанной турбинной лопатки, при этом часть со стороны повышенного давления передней кромочной части имеет площадь поверхности на 50-500% большую, чем площадь

15 поверхности части со стороны пониженного давления передней кромочной части, причем передняя кромочная часть указанного концевого бандажа турбинной лопатки имеет передний кромочный выступ, проходящий над передней кромкой турбинной лопатки в направлении вращения указанной лопатки на расстояние, составляющее 10-20% от длины хорды лопатки.

20 13. Турбинная лопатка по п. 12, в которой часть со стороны повышенного давления и часть со стороны пониженного давления содержат заднюю кромочную часть указанного концевого бандажа турбинной лопатки.

25 14. Турбинная лопатка по п. 12, входящая в состав турбины, которая содержит указанную турбинную лопатку и представляет собой газовую турбину или паровую турбину.

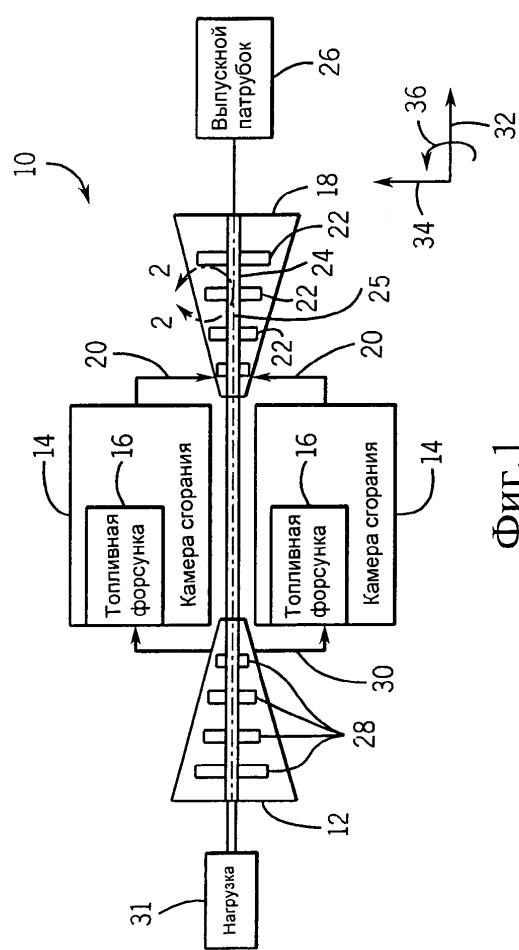
30

35

40

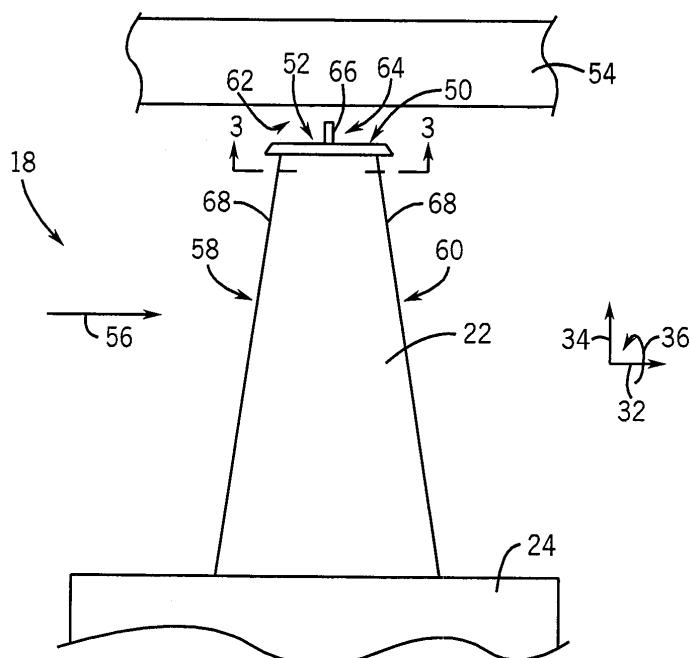
45

Устройство, содержащее лопатку турбомашины, устройство, содержащее концевой бандаж лопатки турбомашины и турбинная лопатка, содержащая концевой бандаж

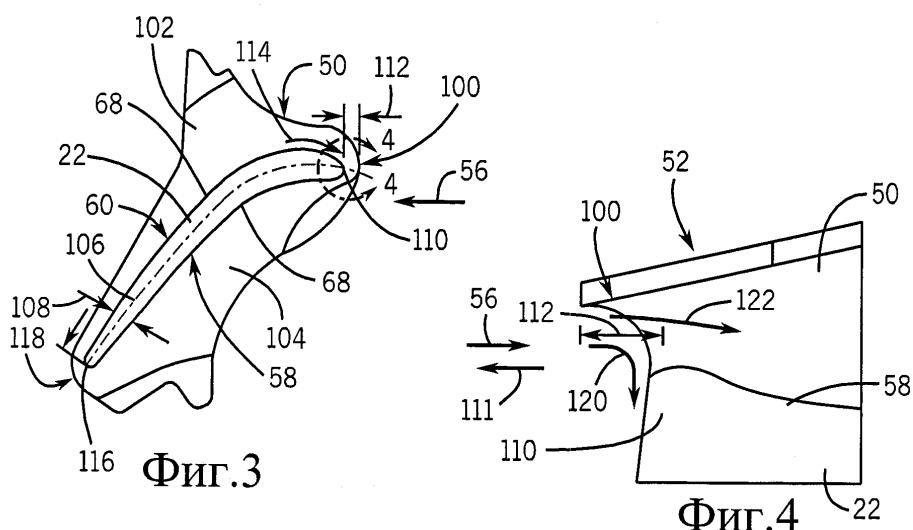


Фиг.1

Турбомашина, содержащая лопатку турбомашины,
турбомашина, содержащая концевой бандаж лопатки
турбомашины, и турбинная лопатка, содержащая
концевой бандаж



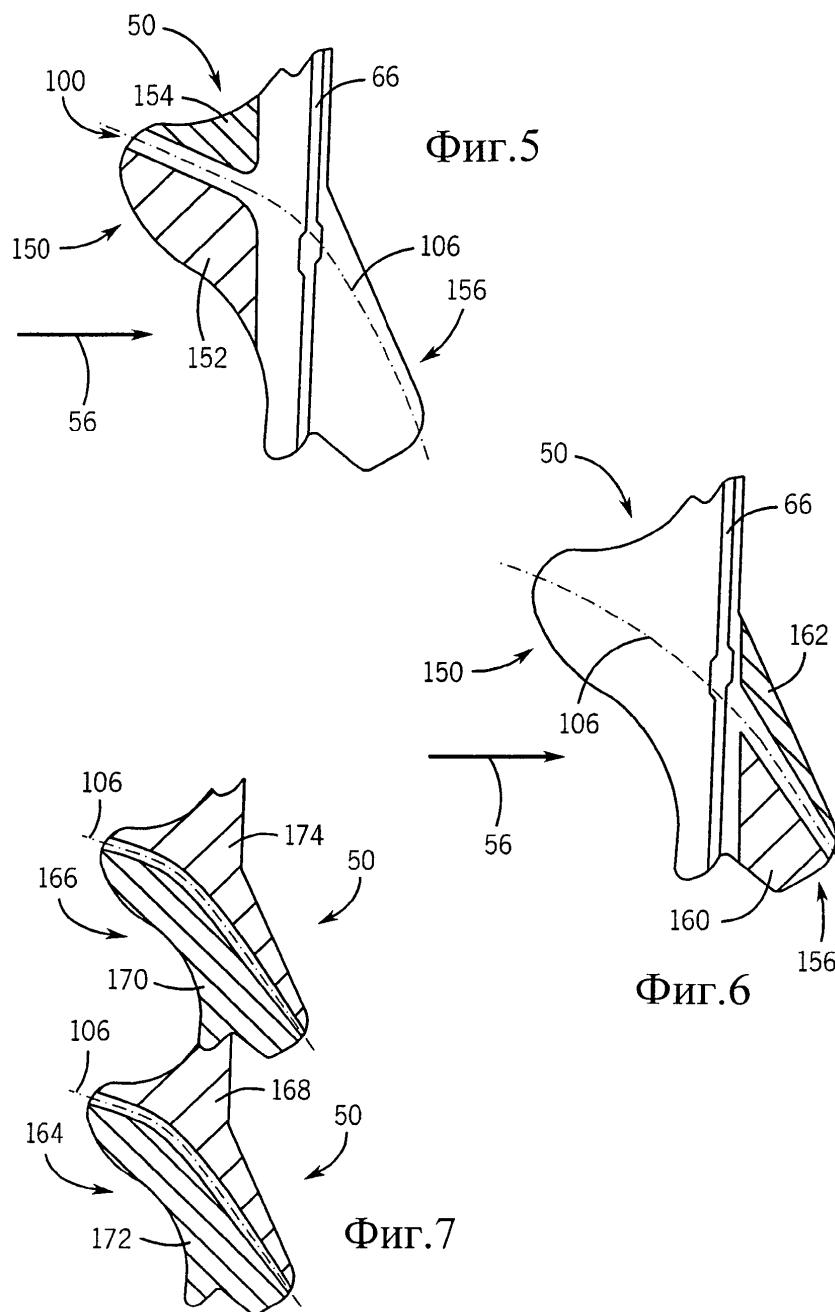
Фиг.2



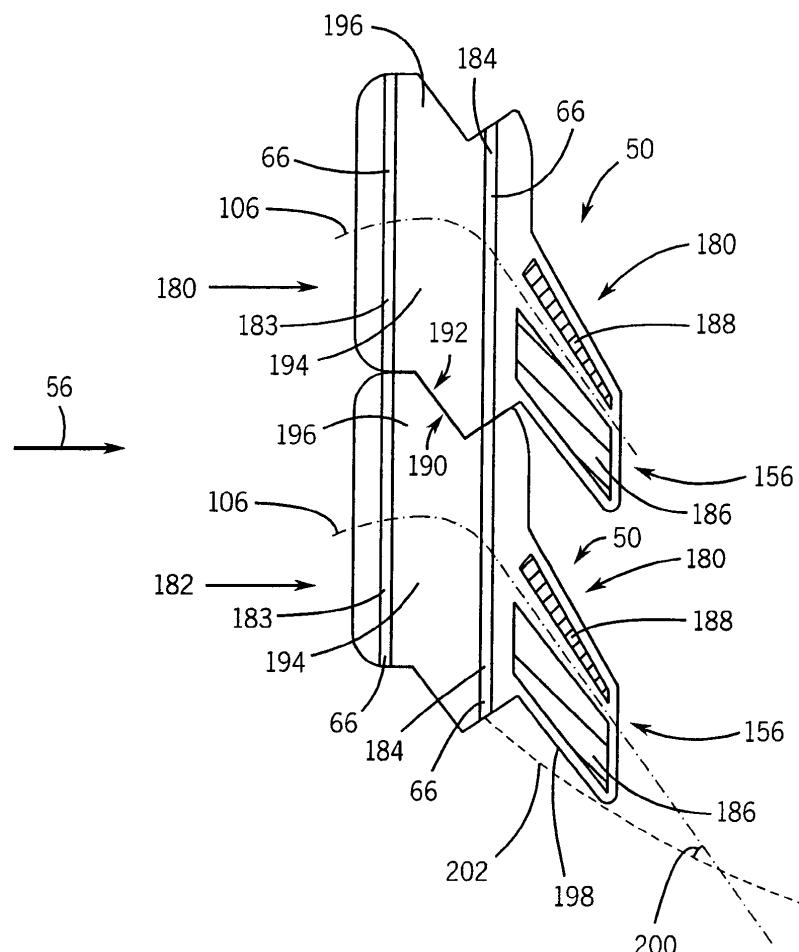
Фиг.3

Фиг.4

Устройство, содержащее лопатку турбомашины, устройство, содержащее концевой бандаж лопатки турбомашины и турбинная лопатка, содержащая концевой бандаж



Устройство, содержащее лопатку турбомашины, устройство, содержащее концевой бандаж лопатки турбомашины и турбинная лопатка, содержащая концевой бандаж



Фиг.8