



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010139774/06, 27.02.2009**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.02.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
28.02.2008 FR 0851275(43) Дата публикации заявки: **10.04.2012** Бюл. № 10(45) Опубликовано: **20.07.2013** Бюл. № 20(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6283713 B1, 04.09.2001. US 2007/0258818 A1, 08.11.2007. US 4606700 A, 19.08.1986. EP 1239116 A2, 11.09.2002. US 5397215 A, 14.03.1995. RU 2232922 C2, 20.07.2004.**(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **28.09.2010**(86) Заявка РСТ:
FR 2009/050319 (27.02.2009)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2009/112776 (17.09.2009)

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул.Б.Спаская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городиский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу, рег.№ 364**

(72) Автор(ы):

**ГИМБАР Жан-Мишель (FR),
КЮЭНИ Оливье (FR),
ПЭНТА Людовик (FR)**

(73) Патентообладатель(и):

СНЕКМА (FR)**(54) ЛОПАТКА РАБОЧЕГО КОЛЕСА ТУРБОМАШИНЫ И ТУРБОМАШИНА**

(57) Реферат:

Лопатка рабочего колеса турбомашины содержит аэродинамический профиль и полку на его конце. Лопатка выполнена с возможностью образования с множеством идентичных лопаток кольца, содержащего аэродинамические профили, расположенные радиально на нем. Профиль спинки аэродинамического профиля у поверхности полки и вдоль спинки содержит первый углубленный элемент, расположенный аксиально в передней половине аэродинамического профиля, и первый

выступообразный элемент, расположенный аксиально за углубленным элементом. Расположенные рядом с передней частью и задней частью аэродинамических профилей участки поверхностей полки собранных в кольцо лопаток образуют переднюю срединную окружность и заднюю срединную окружность. Две срединные окружности образуют конус, коаксиальный оси кольца. Углубленный элемент является вогнутым относительно конуса, а выступообразный элемент является выпуклым относительно конуса. Другое изобретение группы относится

к турбомашине, содержащей, по меньшей мере, одно рабочее колесо, включающее указанную выше лопатку. Изобретения позволяют

снизить потери при обтекании потоком межлопаточного канала рабочего колеса. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 9 ил.

RU 2488001 C2

RU 2488001 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F01D 5/14 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010139774/06, 27.02.2009**

(24) Effective date for property rights:
27.02.2009

Priority:

(30) Convention priority:
28.02.2008 FR 0851275

(43) Application published: **10.04.2012 Bull. 10**

(45) Date of publication: **20.07.2013 Bull. 20**

(85) Commencement of national phase: **28.09.2010**

(86) PCT application:
FR 2009/050319 (27.02.2009)

(87) PCT publication:
WO 2009/112776 (17.09.2009)

Mail address:

**129090, Moskva, ul.B.Spaskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):

**GIMBAR Zhan-Mishel' (FR),
KJuEhNI Oliv'e (FR),
PEhNTA Ljudovik (FR)**

(73) Proprietor(s):

SNEKMA (FR)

(54) TURBO MACHINE IMPELLER VANE AND TURBO MACHINE

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: turbo machine impeller vane comprises aerofoil and flange on its end. Said vane can form ring with multiple identical vanes, said ring including airfoils arranged radially thereon. Profile of aerofoil suction side nearby flange surface and along said suction side comprises first recessed element arranged axially at first half of aerofoil and first ledge located axially behind said recessed element. Sections of surfaces of flanges of

vanes arranged in ring, nearby aerofoil forward and trailing edges, form front and rear mid circles. Two mid circles form the cone coaxial with ring axis. Recessed element represents element concaved relative to said cone while ledge is convexed relative thereto. Another invention of the set relates to turbo machine comprising, at least, one impeller with above described vane.

EFFECT: lower loses in flow over impeller vane channel.

13 cl, 9 dwg

RU 2 488 001 C2

RU 2 488 001 C2

Настоящее изобретение относится к лопатке рабочего колеса турбомашин, содержащей аэродинамический профиль, выполненный с корытом, спинкой, задней кромкой и передней кромкой, причем лопатка также содержит полку, продолгающуюся на одном из концов аэродинамического профиля в направлении, которое по существу перпендикулярно продольному направлению аэродинамического профиля, при этом лопатка выполнена с возможностью расположения с множеством по существу идентичных лопаток с образованием кольца вокруг оси (А) кольца и направления по потоку и против потока вдоль нее, причем аэродинамические профили расположены по существу радиально на кольце.

Объединение таких лопаток вокруг общей оси обеспечивает создание рабочего колеса, ось которого является осью кольца. Рабочее колесо может быть подвижным и таким образом принимать энергию от струи или сообщать энергию струе, проходящей через рабочее колесо; оно может быть также неподвижным, и в этом случае его задача состоит в том, чтобы направлять струю.

Лопатка может быть отдельной деталью как таковой, или объединенной с другими лопатками с образованием, например, распределительного участка или диска с множеством лопаток.

Обычно турбомашинa содержит несколько ступеней с лопатками, каждая из которых образует колесо или рабочее колесо, последовательно расположенные вдоль пути текучей среды через турбомашину. (Может быть несколько путей, особенно в случае двухконтурных двигателей). Эффективность турбомашины непосредственно связана со способностью каждого из рабочих колес и, таким образом, в частности каждой из лопаток, находящихся на нем, эффективно взаимодействовать со струей, т.е. без чрезмерного рассеивания энергии. Следует отметить, что именно в авиационных турбомашинax, таких как турбореактивные двигатели или турбовинтовые двигатели, скорости струи могут быть значительными, то есть сверхзвуковыми: для лопатки, расположенной в такой струе, необходимо оптимизировать качество обтекания струи вокруг лопатки.

Естественно, в лопатке форма аэродинамического профиля должна быть оптимизирована для эффективного направления струи, в которой расположен аэродинамический профиль, или принятия или передачи максимальной энергии в струю без рассеивания энергии в результате нагревания.

Хотя форма аэродинамического профиля является важной, было обнаружено, что форма поверхности полки на стороне аэродинамического профиля также играет важную роль для качества протекания струи через лопатку. Таким образом, в качестве примера, диссипативные потери на данной поверхности на ступени турбины низкого давления турбомашины могут достигать 30% суммарных потерь, получаемых на данной ступени.

Для простоты, в дальнейшем поверхность полки означает поверхность полки на стороне аэродинамического профиля, без повторения на какой стороне данной поверхности она расположена.

Обтекание струи вокруг лопаток, таких как лопатки, указанные выше, проиллюстрировано на фиг.1 и 2.

На фиг.1 показаны три одинаковые лопатки 10, которые являются частью рабочего колеса 100, изображенного на фиг.2. Каждая лопатка 10 выполнена с возможностью соединения с другими такими же лопатками 10 таким образом, чтобы образовать рабочее колесо 100. Данное рабочее колесо по существу образовано из лопаток 10, закрепленных на диске 20 ротора. В данном рабочем колесе 100, лопатки 10

закреплены осесимметрично вокруг оси А колеса. Обычно струя текучей среды перемещается вдоль оси А от передней по ходу стороны к задней по ходу стороне колеса.

5 Каждая лопатка 10 содержит аэродинамический профиль 50, полку 60, а также хвостовик 66 в изображенном конкретном примере лопатки ротора для прикрепления лопатки к диску ротора. Полка 60 продолжается в направлении, которое по существу перпендикулярно продольному направлению аэродинамического профиля 50, и содержит поверхность 62 полки на стороне аэродинамического профиля. Когда 10 лопатки 10 объединяются друг с другом, их полки соединяются попарно таким образом, чтобы образовать по существу непрерывную поверхность, так называемую «межпрофильную» поверхность 70, продолжающуюся из корыта 5 6 одного аэродинамического профиля к спинки 58 соседнего аэродинамического профиля. Поверхность 62 полки соединена с наружными поверхностями аэродинамического 15 профиля 50 соединительными поверхностями 18 (которыми являются по существу соединительные буртики с конусообразным наружным скруглением).

Следует также отметить, что в примерах, изображенных на фиг.1-3, поверхности 62 полки 60 является поверхностью вращения, т.е. что площадь ее является по существу 20 частью поверхности вращения вокруг оси А рабочего колеса. В данном случае поверхность вращения вокруг оси означает поверхность, образованную в результате вращения кривой вокруг указанной оси. Такая форма является обычной для поверхностей полок лопаток для рабочих колес турбомашин.

При перемещении, когда струя достигает передней кромки аэродинамического 25 профиля 50, она разделяется на две, проходящие частично за стороной корыта 56 и частично за стороной спинки 58 аэродинамического профиля 50. На фиг.3 схематично показано, как в «межпрофильном канале» 30, продолжающемся между аэродинамическими профилями, образуется поле давления.

30 Фиг.3 представляет собой сечение перпендикулярно соответствующим осям аэродинамических профилей двух лопаток 10 и 10', закрепленных рядом в рабочем колесе. Более конкретно, нВ фиг.3 показано поле давления, которое можно обычно наблюдать рядом с межпрофильной поверхностью 70 между спинкой 58 первого аэродинамического профиля и корытом 56' второго аэродинамического профиля.

35 На фиг.3 показана кривая 40 равного давления, соответствующая относительно высокому давлению, и кривая 42 равного давления, соответствующая относительно низкому давлению, причем данные давления наблюдаются в струе во время работы турбомашин. Крутой градиент J давления создается между корытом и спинкой двух 40 аэродинамических профилей вследствие того, что давление около корыта выше, чем давление около спинки. Под воздействием данного градиента J давления, у основания аэродинамических профилей образуется поперечный поток в «межпрофильном» канале 30, и таким образом частицы отклоняются и проталкиваются к спинки аэродинамического профиля 50. Таким образом, в «межпрофильном» канале 30 45 образуются сильные вторичные потоки, не направленные в основном направлении потока, которые будут создавать завихрения, а именно около спинки.

Для того чтобы попытаться ограничить возникающее вследствие этого чрезмерное 50 рассеивание энергии около межлопаточной поверхности, в патенте США 7,220,100 предлагается форма межпрофильной поверхности, содержащей по существу выпуклый наклонный участок, расположенный непосредственно рядом с корытом аэродинамического профиля, и вогнутый участок, расположенный непосредственно рядом с спинкой аэродинамического профиля, причем каждый из данных участков

расположен по существу посередине хорды аэродинамического профиля. Несмотря на данное усовершенствование, в пространстве между двумя аэродинамическими профилями все же остается ряд рассеивающих энергию завихрений, и поэтому существует необходимость в форме лопатки, дополнительно уменьшающей паразитные завихрения, образующиеся в данном пространстве.

В патенте США 6,283,713 предложена другая форма межпрофильной поверхности, содержащей с одной стороны выпуклый участок, расположенный рядом с спинкой лопатки, и вогнутый участок, расположенный рядом с корытом лопатки, причем данные два участка имеют значительный размер, поскольку они продолжаются на большей части длины хорды лопатки. В соответствии с альтернативным вариантом, лопатка содержит у задней кромки выступ и выемку, соответственно расположенные на стороне спинки и корыта. Однако данные конфигурации межпрофильной поверхности не обеспечивают эффективное решение проблемы чрезмерного рассеивания энергии около данной поверхности.

Задачей изобретения является создание лопатки, такой как лопатка, описанная выше, которая минимизирует чрезмерные рассеивания энергии при взаимодействии струи с лопаткой и которая при этом имеет низкую стоимость изготовления, являясь относительно простой в изготовлении.

Данная задача достигается тем, что лопатка рабочего колеса турбомшины содержит аэродинамический профиль, образованный с корытом, спинкой, задней кромкой и передней кромкой, при этом лопатка дополнительно содержит полку, продолжающуюся на одном из концов аэродинамического профиля в направлении по существу перпендикулярном продольному направлению аэродинамического профиля, причем лопатка выполнена с возможностью расположения с множеством по существу идентичных лопаток с образованием кольца вокруг оси кольца и направления по потоку и против потока вдоль нее, при этом кольцо содержит аэродинамические профили, расположенные по существу радиально на нем, причем профиль спинки у поверхности полки и вдоль спинки содержит первый углубленный элемент, расположенный аксиально в передней по ходу половине аэродинамического профиля, и первый выступообразный элемент, расположенный аксиально по ходу за углубленным элементом, при этом, когда лопатки собраны с образованием кольца участки поверхностей полок лопаток, расположенные соответственно рядом с передней по ходу частью и задней по ходу частью аэродинамических профилей и перпендикулярные оси кольца, образуют переднюю срединную окружность и заднюю срединную окружность, причем эти две окружности образуют конус, коаксиальный оси кольца, причем углубленный элемент является вогнутым относительно конуса, а выступообразный элемент является выпуклым относительно конуса.

Профиль корыта у поверхности полки вдоль корыта предпочтительно содержит второй выступообразный элемент, расположенный аксиально по существу в передней по ходу половине аэродинамического профиля.

Второй выступообразный элемент предпочтительно аксиально продолжается на более чем три четверти аэродинамического профиля.

Второй выступообразный элемент предпочтительно расположен аксиально между 0 и 50% аэродинамического профиля.

Первый углубленный элемент предпочтительно расположен аксиально между 0 и 40% аэродинамического профиля.

Нижняя точка первого углубленного элемента предпочтительно расположена между 12% и 35% аэродинамического профиля.

Первый выступообразный элемент предпочтительно расположен аксиально между 40 и 80% аэродинамического профиля.

Профиль корыта поверхности полки вдоль корыта предпочтительно дополнительно содержит второй углубленный элемент, расположенный аксиально между 60% и 100% аэродинамического профиля.

Поверхность полки предпочтительно дополнительно содержит поверхность вращения на стороне корыта аэродинамического профиля, расположенную аксиально на примерно 75% аэродинамического профиля.

Поверхность вращения предпочтительно продолжается от межлопаточной кромки полки до корыта аэродинамического профиля.

Поверхность полки предпочтительно содержит поверхность вращения относительно оси кольца, расположенную рядом с задней кромкой аэродинамического профиля.

Смежные участки поверхностей полок двух смежных лопаток, расположенные между их соответствующими аэродинамическими профилями, предпочтительно образуют межпрофильную поверхность, причем основная часть межпрофильной поверхности образована перемещением линейного сегмента, основанного на профилях спинки и корыта.

Кроме того, вышеуказанная задача также достигается тем, что турбомашина содержит по меньшей мере одно рабочее колесо с по меньшей мере одной вышеописанной лопаткой.

Техническим результатом, который достигается посредством настоящего изобретения, является минимизация чрезмерного рассеивания энергии при взаимодействии струи с лопаткой, низкая стоимость, а также простота изготовления лопатки.

Прежде всего следует отметить, что в упомянутом выше и в приведенном ниже термин «аксиально» означает осевое положение вдоль оси А кольца.

Кроме того, положение, аксиально определенное в отношении аэродинамического профиля, может быть также определено эквивалентно в отношении удлинения вдоль оси А, поперечного сечения аэродинамического профиля рядом с полкой лопатки. На самом деле, поскольку аэродинамический профиль расположен радиально на кольце, удлинение его вдоль оси А, или удлинение поперечного сечения являются по существу идентичными.

Поперечным сечением аэродинамического профиля может быть, например, сечение в плоскости (Р), изображенное на фиг.1, и изображенное профилями 72 и 72' на фиг.3.

Данное сечение аксиально продолжается от линии 4 б у самой передней по ходу точки аэродинамического профиля (рядом с поверхностью полки) до линии 48, соответствующей самой задней по ходу точке аэродинамического профиля, определяя амплитуду от передней по ходу точки до задней по ходу точки между 1 и 100% относительно аэродинамического профиля.

С другой стороны, следует отметить, что в данной заявке, указание на то, что элемент находится аксиально в интервале, без дополнительного уточнения, означает, что значительная, основная часть данного элемента (приблизительно от 90% до 95% данного элемента) находится в данном интервале, с вероятностью нахождения очень малой части (не более от 5 до 10%) за его пределами. Указание же на то, что элемент в основном находится в интервале, означает только то, что по меньшей мере 50% данного элемента находится в данном интервале.

И наконец, применительно к данному изобретению, профилем спинки,

расположенным вдоль спинки, является кривая, продолжающаяся на по существу постоянном расстоянии от спинки, рядом с ней или на малом расстоянии от нее (обычно на расстоянии, составляющем менее чем 20% или даже 10% от расстояния между аэродинамическими профилями).

Предпочтительно, первый углубленный элемент образован около спинки, т.е. буртик, соединяющий поверхность спинки с поверхностью полки, находится непосредственно в передней по ходу части спинки участок углубленного элемента.

Углубленный элемент может быть относительно заметным и, таким образом, например, иметь глубину в его самой углубленной точке, или нижней точке, относительно средней поверхности полки, которая составляет больше чем 4 или 5% от расстояния между аэродинамическими профилями.

Основное преимущество данного изобретения заключается в том, что вышеописанная специальная форма поверхности полки обеспечивает значительное уменьшение паразитных турбулентных потоков между аэродинамическими профилями рядом с межпрофильной поверхностью.

На самом деле, наличие на профиле спинки первого углубленного элемента, позади которого по ходу расположен первый выступообразный элемент, приводит к тому, что рядом с спинкой, в (аксиально) передней по ходу части аэродинамического профиля, скорость струи будет уменьшаться, когда давление увеличивается, и наоборот, позади по ходу от данного выступообразного элемента, скорость струи будет увеличиваться, и давление уменьшается таким образом, чтобы ограничить отрыв струи. Это приводит к уменьшению градиента давления в межпрофильном канале и уменьшению паразитных, завихрений, рассеивающих энергию.

Кроме того, предпочтительно, первый выступообразный элемент расположен в задней по ходу половине аэродинамического профиля.

В данном случае, различные используемые примеры изображают лопатку, содержащую полку, расположенную в средней части относительно аэродинамического профиля, а не снаружи. В связи с этим следует отметить, что изобретение в равной мере относится как к лопатке, содержащей полку, расположенную в верхней части аэродинамического профиля, т.е. на стороне, радиально противоположной центру кольца, так и к лопатке, содержащей полку, расположенную у основания аэродинамического профиля, внутри относительно кольца. Возможна также лопатка, содержащая оба типа полок, при этом по меньшей мере одна полка расположена таким образом, чтобы содержать поверхность полки, обладающую вышеупомянутыми характеристиками.

Кроме того, изобретение относится к любой лопатке, которая может быть включена в турбомашину, и в частности в авиационные турбомшины. Было обнаружено, что лопатка согласно настоящему изобретению особенно полезна в ступенях турбин, особенно турбин низкого давления.

В соответствии с одним вариантом осуществления, участки поверхностей полок лопаток, собранных в кольцо, расположенные соответственно рядом с передними по ходу и задними по ходу частями аэродинамических профилей, являющиеся перпендикулярными оси кольца, образуют переднюю по ходу срединную окружность и заднюю по ходу срединную окружность, причем обе окружности образуют конус, коаксиальный оси кольца, причем первый углубленный элемент является вогнутым относительно конуса, а первый выступообразный элемент является выпуклым относительно конуса.

Передняя 14 по ходу и задняя 15 по ходу срединные окружности показаны на фиг.1.

Данные окружности расположены в плоскостях, перпендикулярных оси кольца, и представляют собой срединные окружности, представляющие участки поверхностей полок в данных плоскостях, впереди по ходу и позади по ходу от аэродинамических профилей и рядом с ними. Конус 16 представляет собой конус, который проходит
5 через две коаксиальные окружности 14 и 15 и может превращаться в цилиндр, если обе окружности имеют одинаковые радиусы. Плоскость Р, которая позволяет определить по существу поперечное сечение аэродинамического профиля, используемое в качестве базового, продолжается по существу перпендикулярно нормали конуса 16,
10 проходящей в аэродинамический профиль.

Именно когда первые углубленный и выступообразный элементы профиля спинки являются вогнутыми или выпуклыми относительно конуса, их эффект проявляется наиболее заметно.

В соответствии с одним вариантом осуществления, поверхность полки содержит
15 участок вращения относительно оси кольца, расположенный рядом с задней кромкой аэродинамического профиля. Наличие участка вращения у задней кромки аэродинамического профиля в сочетании с выступообразным участком (выступообразным в направлении основного потока струи) поверхности полки,
20 соответствующим первому выступообразному элементу профиля спинки, позволяет получить в значительной степени ламинарный поток около и позади по ходу от задней кромки. Кроме того, данный участок вращения позволяет данному элементу лопатки минимизировать стоимость изготовления инструмента и тем самым
стоимость изготовления лопатки.

В соответствии с одним вариантом осуществления, профиль корыта у поверхности
25 полки вдоль корыта содержит второй выступообразный элемент, расположенный аксиально в основном в передней по ходу половине аэродинамического профиля. Наличие второго выступообразного элемента позволяет увеличить скорость потока
30 рядом с ним и уменьшить давление около корыта. Таким образом, градиент давления и паразитные диссипативные завихрения в межпрофильном канале могут быть дополнительно уменьшены.

Предпочтительно, второй выступообразный элемент продолжается аксиально на
35 более чем три четверти аэродинамического профиля для увеличения скорости потока на выступе и тем самым увеличения до максимума эффекта, оказываемого на течение струи.

В соответствии с одним вариантом осуществления, профиль корыта поверхности
40 полки вдоль корыта дополнительно содержит второй углубленный элемент, расположенный аксиально в основном между 60% и 100% аэродинамического профиля, от передней по ходу части. В самом деле, наличие второго углубленного элемента позволяет дополнительно повысить эффективность лопатки и уменьшить
диссипативные завихрения посредством стабилизации потока рядом с задней по ходу
частью лопатки.

В соответствии с одним вариантом осуществления, поверхность полки
45 дополнительно содержит участок вращения на стороне корыта аэродинамического профиля, расположенный аксиально на примерно 75% аэродинамического профиля. Более конкретно, данный участок может продолжаться на протяжении от 50% и 90%
50 сечения вышеупомянутого аэродинамического профиля. Таким образом, часть средств производства, соответствующая данному участку, является особенно простой в изготовлении, тем самым обеспечивая эквивалентное уменьшение в стоимости изготовления лопатки.

Более конкретно, участок вращения продолжается от межлопаточной кромки полки до корыта аэродинамического профиля. В данном случае, межлопаточной кромкой является кромка полки, расположенная напротив другой кромки полки, когда лопатки объединены в кольцо.

5 Предыдущий вариант осуществления позволяет обеспечить очень высокую эффективность устройства при уменьшении стоимости изготовления устройства, благодаря наличию участка вращения.

10 Использование формы вращения рядом с местом соединения между лопаткой и соседней лопаткой, в частности, позволяет минимизировать краевые эффекты и паразитные завихрения, которые могут возникать в данном участке.

15 В соответствии с одним вариантом осуществления, основная часть межпрофильной поверхности образуется посредством перемещения линейного сегмента, основанного на профилях спинки и корыта. Таким образом, межпрофильная поверхность имеет относительно простую, эффективную с точки зрения аэродинамики форму, и при этом стоимость изготовления которой является приемлемой, без создания каких-либо особых проблем в изготовлении посредством литья.

20 И наконец, в лопатке согласно настоящему изобретению углубленный и/или выступообразный элемент может продолжаться по ходу перед или за межпрофильной поверхностью.

25 Второй задачей изобретения является создание высокопроизводительного распределительного участка турбомашины, стоимость изготовления которого является приемлемой. Данная задача достигается тем, что распределительный участок турбомашины содержит по меньшей мере одну лопатку, такую как лопатки, описанные выше.

30 Третьей задачей изобретения является создание высокопроизводительного рабочего колеса, стоимость изготовления которого является приемлемой. Данная задача достигается тем, что рабочее колесо содержит множество лопаток, таких как лопатки, описанные выше.

35 Четвертой задачей изобретения является создание высокопроизводительной турбомашины, стоимость которой является приемлемой. Данная задача достигается тем, что турбомашина содержит по меньшей мере одно рабочее колесо, такое как рабочее колесо, описанное выше.

40 Изобретение будет более понятным и преимущества его станут более очевидными после прочтения приведенного ниже подробного описания неограничивающих вариантов осуществления, представленных в качестве примера. Описание относится к прилагаемым чертежам, на которых:

Фиг.1 представляет собой уже описанный вид в перспективе трех известных лопаток, размещенных в их относительном положении, когда они установлены в рабочем колесе;

45 Фиг.2 представляет собой уже описанный вид в перспективе рабочего колеса, содержащего лопатки, показанные на фиг.1;

Фиг.3 представляет собой уже описанное сечение, перпендикулярное оси аэродинамических профилей двух лопаток, изображенных на фиг.1, показывающий поля давления в пространстве, разделяющем оба аэродинамических профиля;

50 Фиг.4 представляет собой сечение, аналогичное сечению, изображенному на фиг.3, но двух аэродинамических профилей, являющихся частью лопаток в соответствии с изобретением;

Фиг.5 представляет собой сечение, перпендикулярное оси аэродинамических

профилей двух аэродинамических профилей лопаток в соответствии с изобретением;

Фиг.6 представляет собой местный вид сбоку лопатки в соответствии с изобретением, содержащий кривые профиля соответственно вдоль спинки и вдоль корыта, в лопатке в соответствии с изобретением;

5 Фиг.7 и 8 представляют собой сечения двух аэродинамических профилей двух лопаток в соответствии с изобретением, показывающие форму межпрофильной поверхности при помощи контурных линий, в двух разных вариантах осуществления; и

Фиг.9 представляет собой сечение по существу перпендикулярное оси кольца, межпрофильного канала между двумя лопатками в соответствии с изобретением.

10 Следует отметить, что для простоты, если элемент показан на разных чертежах, одинаково или в немного отличающемся виде, то на разных чертежах для его обозначения используется одна и та же ссылочная позиция, и данный элемент описывается только в первый раз, когда он упоминается.

15 Со ссылкой на фиг.4, ниже будет описан эффект, оказываемый на поле давления в межпрофильном канале лопаткой в соответствии с изобретением.

Настоящее изобретение определяет форму поверхности полки, позволяющую минимизировать паразитные турбулентные явления около межпрофильной поверхности и тем самым повысить эффективность лопатки и соответственно рабочего колеса. Сравнение фиг.3 и 4 показывает сравнительный эффект, оказываемый изобретением на поле давления в межпрофильном канале 30, позволяющий получить определенную форму лопатки настоящего изобретения.

20 Если на фиг.3 соответственно участки 40, 42 высокого и низкого давления расположены относительно близко друг от друга, то на фиг.4 видно, что они находятся довольно далеко друг от друга. Следовательно, градиент давления значительно уменьшается, так же как и тенденция частиц перемещаться от корыта к спинки, тем самым вызывая паразитные завихрения.

25 Со ссылкой на фиг.5-9, ниже будет описана конструкция лопатки в соответствии с изобретением.

30 На фиг.5 показаны сечения 72 и 72' соответственно двух лопаток 10 и 10' на виде вдоль продольной оси двух аэродинамических профилей. Как показано на фиг.6, сечение 72 (так же как и идентичное сечение 72') представляет собой пересечение аэродинамического профиля 50 с плоскостью P, образованное рядом с полкой 60 лопатки 10, на расстоянии от полки, достаточном для того чтобы данное сечение было реальным сечением аэродинамического профиля 50 без отображения соединительных поверхностей 18 между аэродинамическим профилем 50 и полкой 60.

35 На фиг.5 также показаны профили 80 и 85 поверхности 62 полки лопатки в соответствии с изобретением.

40 Профили 80 и 85 представляют собой профили спинки и корыта, соответственно расположенные вдоль спинки и корыта. Другими словами, они представляют собой кривые, проходящие над поверхностью полки, на по существу постоянном расстоянии соответственно от спинки и корыта.

45 Предпочтительно, данные профили расположены около аэродинамического профиля, либо совсем рядом с аэродинамическим профилем, либо за пределами соединительного участка между аэродинамическим профилем и поверхностью 62 полки. Когда профили находятся на определенном расстоянии от аэродинамического профиля, это означает, что формы (выемки и выступы), которые они содержат, образованы внутри межпрофильного канала, а не только на одной его стороне. При данном выполнении эффект рельефов, соответствующих выемкам и выступам

профиля, увеличивается.

На фиг.6 показана часть лопатки, расположенная рядом с ее полкой 60, на виде сбоку (обозначение VI на фиг.5). На данном чертеже показаны точки прохождения срединных окружностей по ходу перед 14 и за 15 аэродинамическим профилем, а также сечение 17 конуса 16, проходящее через указанные две окружности.

Прежде всего, профиль 80 спинки содержит первый вогнутый углубленный элемент F, аксиально продолжающийся внутри передней по ходу половины аэродинамического профиля 72. Указанный элемент профиля 80 расположен на стороне, противоположной стороне потока относительно сечения 17 конуса, т.е. является вогнутым относительно конуса или находится на поверхности конуса. Профиль 80 также содержит первый выпуклый выступообразный элемент G, аксиально продолжающийся в задней по ходу половине аэродинамического профиля 72. Данный элемент профиля 80 расположен на стороне струи относительно сечения 17 конуса и таким образом является выпуклым относительно конуса.

Таким образом, профиль 80 спинки межпрофильной поверхности 70 содержит, прежде всего, первый углубленный элемент F, за которым следует первый выступообразный элемент G. Более конкретно, первый углубленный элемент (F) расположен аксиально между 0 и 40% аэродинамического профиля, а первый выступообразный элемент расположен аксиально между 40 и 80% аэродинамического профиля.

Предпочтительно, нижняя точка (т.е. точка, ближайшая к оси) первого углубленного элемента (F) расположена между 12% и 35% аэродинамического профиля (50), и, предпочтительно, между 15% и 25% аэродинамического профиля от передней по ходу части.

Профиль корыта имеет относительно обратную конфигурацию со вторым выступообразным элементом H, расположенным аксиально по существу в передней по ходу половине сечения аэродинамического профиля 72, и вторым углубленным элементом I, расположенным аксиально в задней по ходу половине сечения 72 аэродинамического профиля.

Разные углубленные или выступообразные элементы являются соответственно вогнутыми или выпуклыми относительно конуса 16.

Второй выступообразный элемент расположен аксиально между 0 и 50% аэродинамического профиля (или даже между 0 и 60% аэродинамического профиля), и второй углубленный элемент расположен аксиально по ходу за ним, между 60 и 100% аэродинамического профиля.

В другом варианте осуществления, профиль корыта не содержит никакого минимума в задней по ходу половине его, и остается по существу полностью на стороне аэродинамического профиля относительно конуса. Данный вариант проиллюстрирован пунктирной линией 19 на фиг.6. В данном варианте осуществления, профиль корыта по существу продолжается на стороне потока относительно конуса 16, поскольку он образован в основном выступообразным элементом H, аксиально продолжающимся на более чем три четверти аэродинамического профиля (более конкретно, выступ на оси A выступообразного элемента, удлинение более чем три четверти удлинения выступа на оси A поперечного сечения аэродинамического профиля).

В данном варианте осуществления, профиль корыта не содержит углубленного элемента, при этом выступообразный элемент непосредственно соединяется с элементом (обычно элементом вращения) профиля на задней кромке.

Следует также отметить, что профили 80 и 85 заканчиваются по существу по касательной к конусу, рядом с задней кромкой. Это объясняется тем, что поверхность 62 полки содержит участок вращения 44', продолжающийся рядом с задней кромкой.

На фиг.7 при помощи контурных линий показаны формы межпрофильной поверхности 70 между двумя контурами 72 и 72', изображенными ранее со ссылкой на фиг.5. Таким образом, рядом с спинкой 58, межпрофильная поверхность 70 содержит первую выемку или первое углубление F1, соответствующее первому углубленному элементу F профиля 80 спинки, расположенное в задней по ходу части межпрофильного канала, и первую вершину G1, соответствующую первому выступообразному элементу G профиля спинки, расположенную в задней по ходу части межпрофильного канала 30. Кроме того, рядом с корытом 56', она содержит вторую вершину H1, соответствующий второму выступообразному элементу H профиля 85 корыта, расположенную в передней по ходу части межпрофильного канала, и вторую выемку или второе углубление I1, соответствующее второму выступообразному элементу I профиля 85 корыта, расположенное в задней по ходу части межпрофильного канала 30.

Первый максимум G1 и второй минимум I1 по существу расположены перед задней кромкой для образования участка вращения 44' рядом с ней.

На фиг.8 представлена модификация предыдущего варианта осуществления, не содержащая второго углубления I1, образованного в нем. Небольшой уклон непрерывно соединяет вершину H1 с участком вращения 44, продолжающимся рядом с корытом и аксиально расположенным по существу на три четверти аэродинамического профиля.

На фиг.7 и 8, локальные экстремумы межпрофильной поверхности (относительно направления, перпендикулярного вышеупомянутому конусу) расположены по существу рядом со стенкой аэродинамического профиля. Следует отметить, что данное расположение не является обязательным, поскольку указанные экстремумы могут быть смещены от стенки аэродинамического профиля, или даже могут быть отделены от нее выступающим или удаляющимся буртиком.

На фиг.9 показан наиболее предпочтительный вариант осуществления изобретения, в котором основная часть межпрофильной поверхности 70 образована перемещением линейного сегмента 65 вдоль двух профилей 80 и 85, изображенных на фиг.5. Конечно, концы сегмента будут перемещаться в одном и том же направлении, например, от передней к задней по ходу части лопатки, вдоль обоих профилей корыта и спинки.

Следует также отметить, что предпочтительно, если линейный сегмент 65 образует угол α , обычно находящийся в пределах $90^\circ \pm 30^\circ$ (т.е. от 60° до 120°) относительно оси А.

На фиг.9 данный сегмент 65 показан в положении, совпадающем с сегментом DE, изображенным на фиг.5. В данном случае угол α относительно оси А равен 90° .

Сечение поверхности вращения, проходящее через середину сегмента DE, изображено пунктирной линией. Радиальные смещения точек D и E соответственно от и к середине (вверх и вниз на чертеже) соответственно соответствуют первому углубленному элементу профиля спинки, в точке E, и второму выступообразному элементу профиля корыта, в точке D.

Как показано на фиг.9, первый углубленный элемент образован рядом с спинкой; он продолжается до спинки, и самая выступающая точка его расположена фактически рядом с спинкой, по существу на границе соединительного буртика между

поверхностью спинки и поверхностью полки. Таким образом, в правой части данного чертежа видно, что буртик, соединяющий поверхность спинки с поверхностью полки является частью углубленного элемента.

5

Формула изобретения

1. Лопатка (10) рабочего колеса (100) турбомашин, содержащая:
аэродинамический профиль (50), образованный с корытом (56), спинкой (58), задней кромкой (54) и передней кромкой (52),

10

при этом лопатка дополнительно содержит полку (60), продолжающуюся на одном из концов аэродинамического профиля в направлении, по существу перпендикулярном продольному направлению аэродинамического профиля,

15

причем лопатка (10) выполнена с возможностью расположения с множеством по существу идентичных лопаток с образованием кольца вокруг оси (А) кольца и направления по потоку и против потока вдоль нее, при этом кольцо содержит аэродинамические профили, расположенные по существу радиально на нем,

20

отличающаяся тем, что профиль (80) спинки у поверхности полки (60) и вдоль спинки (58) содержит первый углубленный элемент (F), расположенный аксиально в передней по ходу половине аэродинамического профиля (50), и первый выступообразный элемент (G), расположенный аксиально по ходу за углубленным элементом,

25

при этом, когда лопатки собраны с образованием кольца участки поверхностей полок лопаток, расположенные соответственно рядом с передней по ходу частью и задней по ходу частью аэродинамических профилей и перпендикулярные оси (А) кольца, образуют переднюю срединную окружность (14) и заднюю срединную окружность (15), причем эти две окружности образуют конус (16), коаксиальный оси (А) кольца, причем углубленный элемент (F) является вогнутым относительно конуса, а выступообразный элемент (G) является выпуклым относительно конуса.

30

2. Лопатка по п.1, в которой профиль (85) корыта у поверхности полки (60) вдоль корыта содержит второй выступообразный элемент (H), расположенный аксиально по существу в передней по ходу половине аэродинамического профиля (50).

35

3. Лопатка по п.2, в которой второй выступообразный элемент аксиально продолжается на более чем три четверти аэродинамического профиля (50).

4. Лопатка по п.2, в которой второй выступообразный элемент расположен аксиально между 0% и 50% аэродинамического профиля.

40

5. Лопатка по п.1, в которой первый углубленный элемент (F) расположен аксиально между 0% и 40% аэродинамического профиля (50).

6. Лопатка по п.1, в которой нижняя точка первого углубленного элемента (F) расположена между 12% и 35% аэродинамического профиля (50).

45

7. Лопатка по п.1, в которой первый выступообразный элемент расположен аксиально между 40% и 80% аэродинамического профиля (50).

8. Лопатка по п.1, в которой профиль (85) корыта поверхности (62) полки вдоль корыта дополнительно содержит второй углубленный элемент (I), расположенный аксиально между 60% и 100% аэродинамического профиля.

50

9. Лопатка по п.1, в которой поверхность (62) полки дополнительно содержит поверхность вращения (44) на стороне корыта аэродинамического профиля, расположенную аксиально на примерно 75% аэродинамического профиля.

10. Лопатка по п.9, в которой поверхность вращения продолжается от

межлопаточной кромки полки (60) до корыта аэродинамического профиля (50).

11. Лопатка по п.1, в которой поверхность (62) полки содержит поверхность вращения (44) относительно оси (А) кольца, расположенную рядом с задней кромкой (54, 54') аэродинамического профиля (50).

5

12. Лопатка по п.1, в которой смежные участки поверхностей (62) полок двух смежных лопаток (10, 10'), расположенные между их соответствующими аэродинамическими профилями (50), образуют межпрофильную поверхность, причем основная часть межпрофильной поверхности образована перемещением линейного сегмента, основанного на профилях (80, 85) спинки и корыта.

10

13. Турбомашина, содержащая по меньшей мере одно рабочее колесо с по меньшей мере одной лопаткой по любому из пп.1-12.

15

20

25

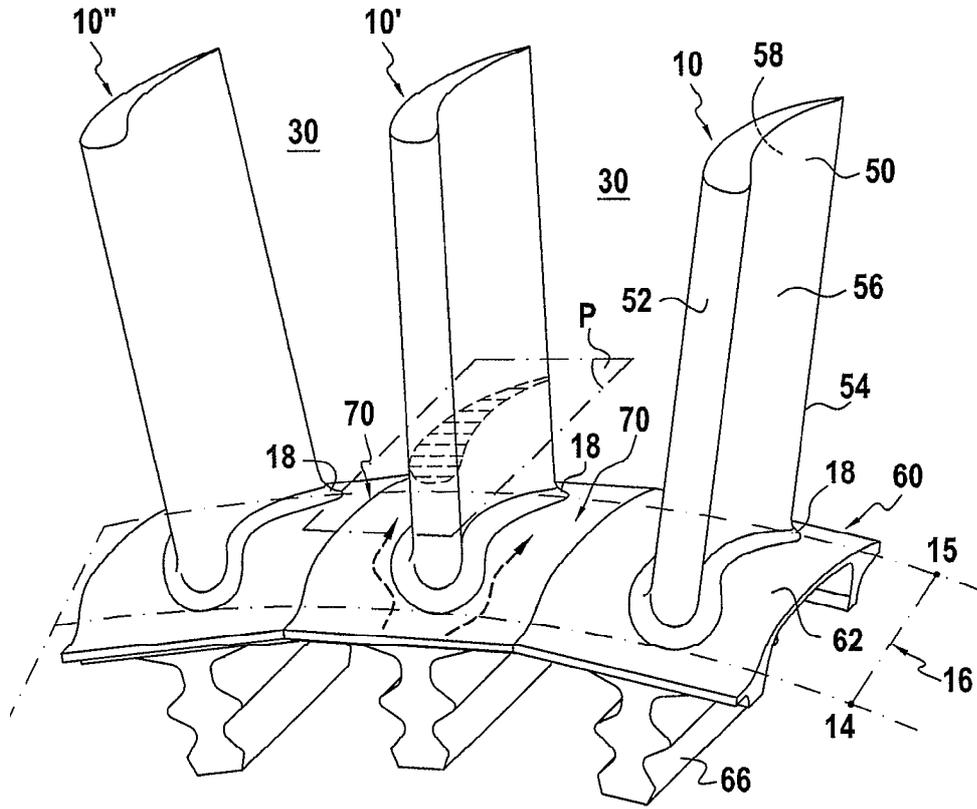
30

35

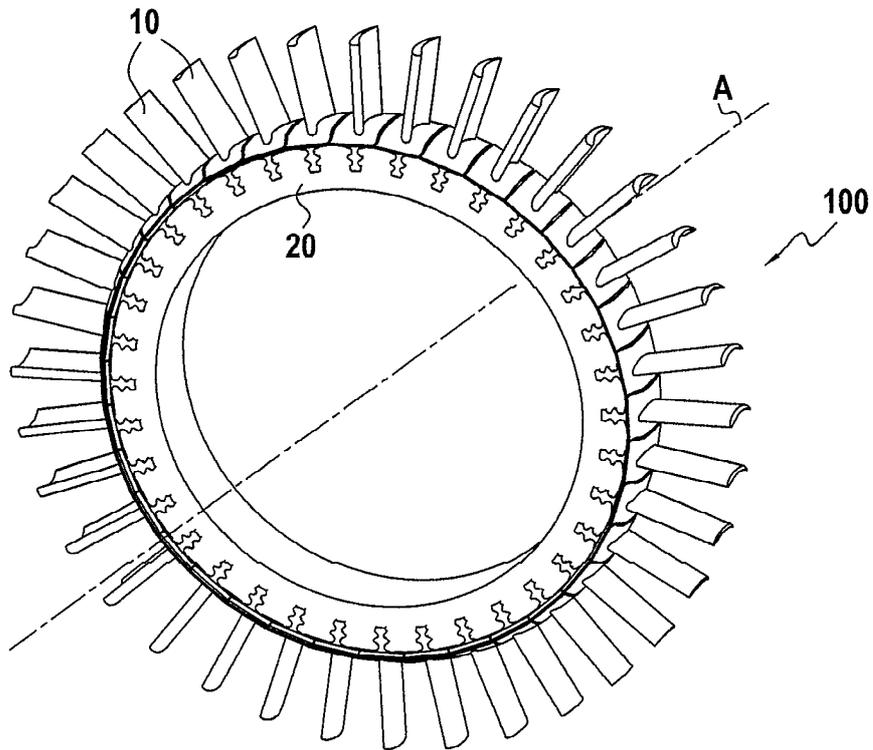
40

45

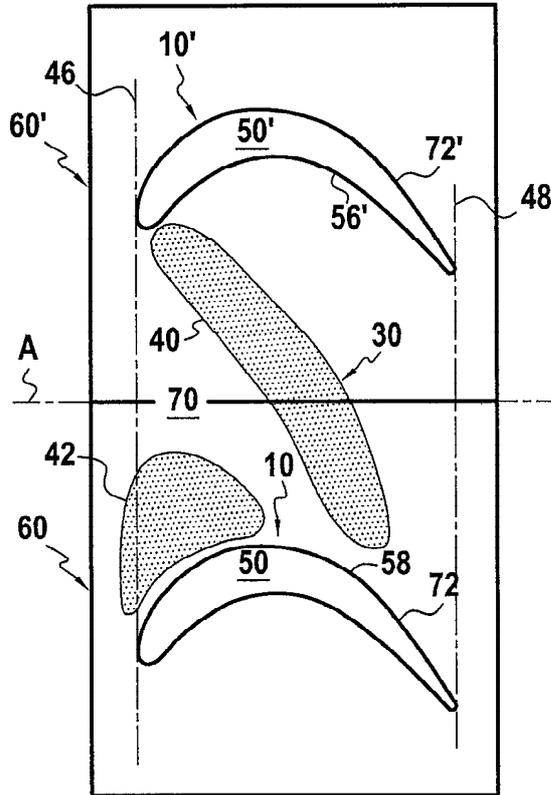
50



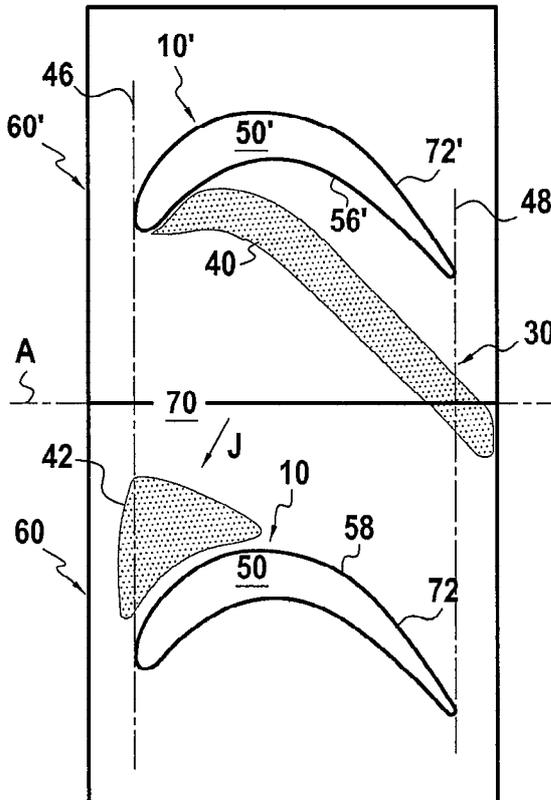
Уровень техники
ФИГ.1



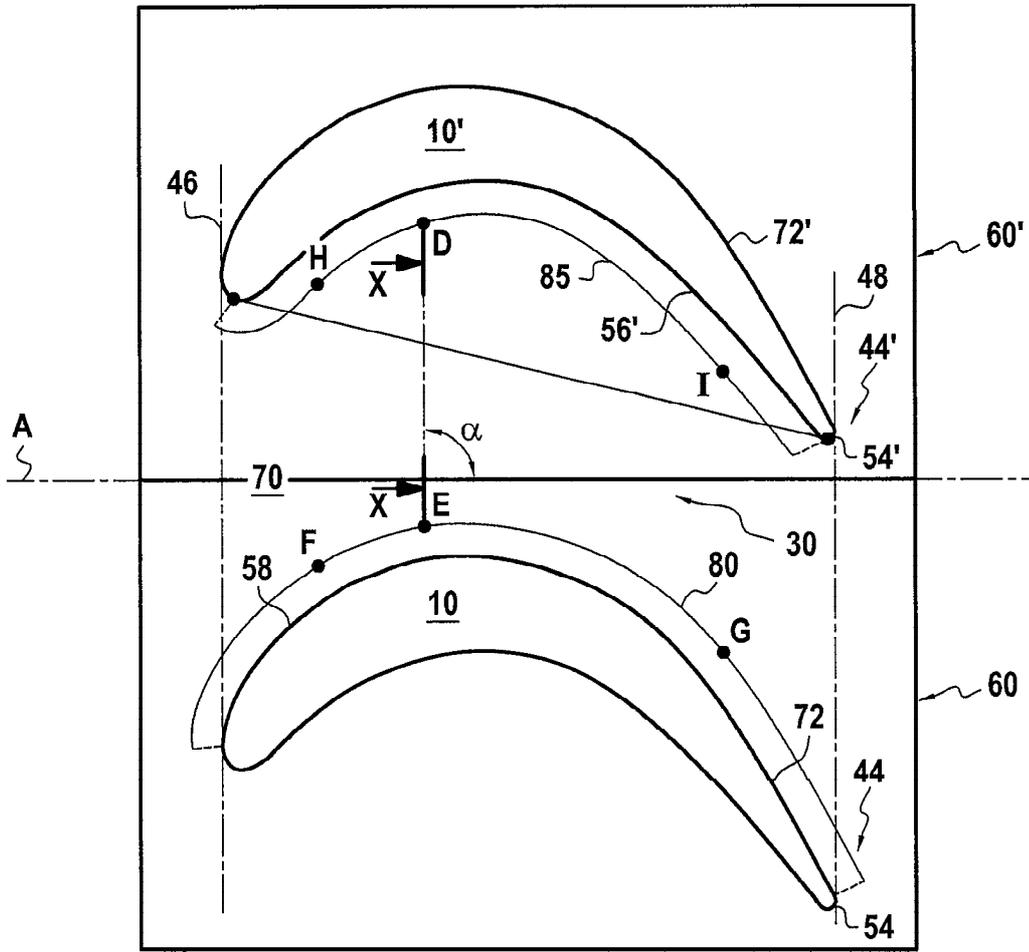
Уровень техники
ФИГ.2



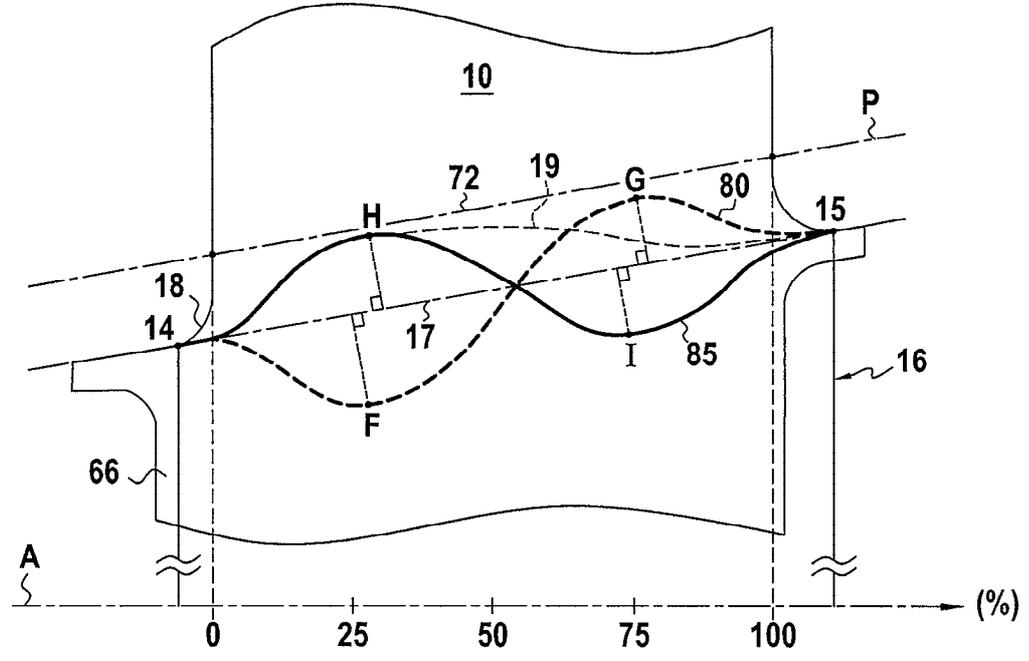
Уровень техники
ФИГ.3



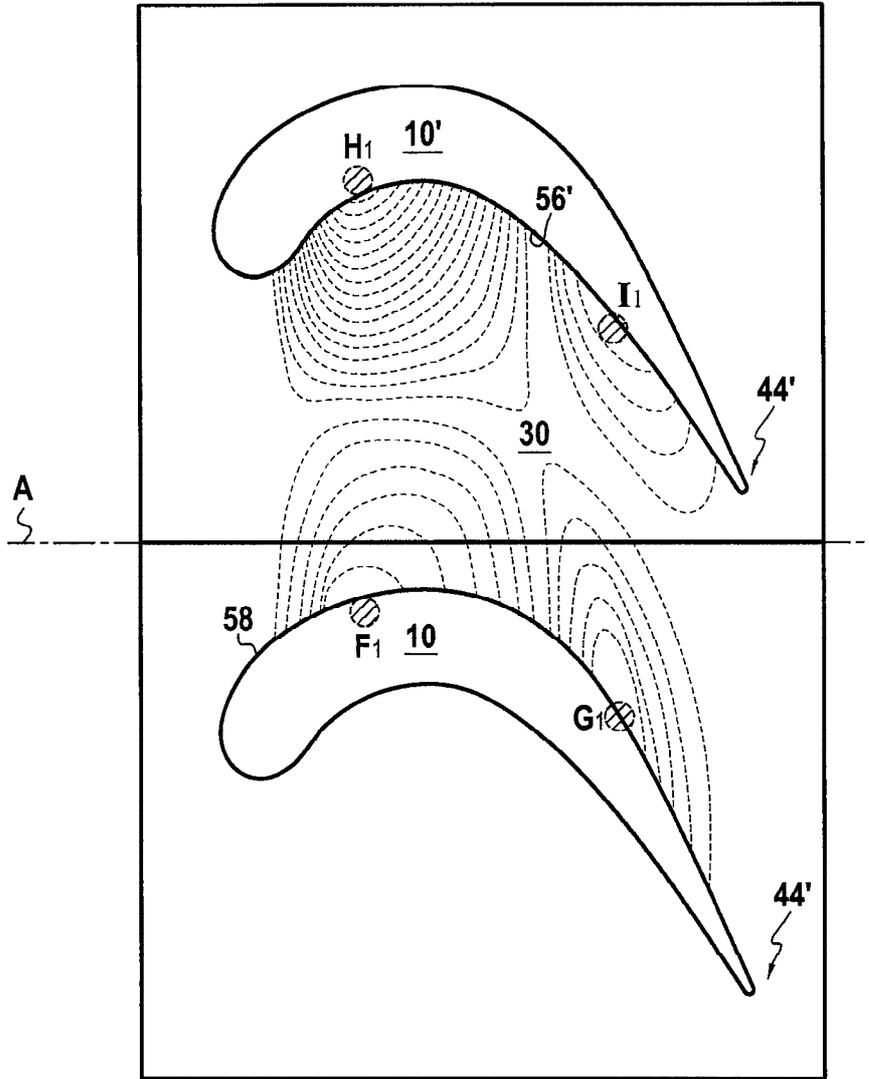
ФИГ.4



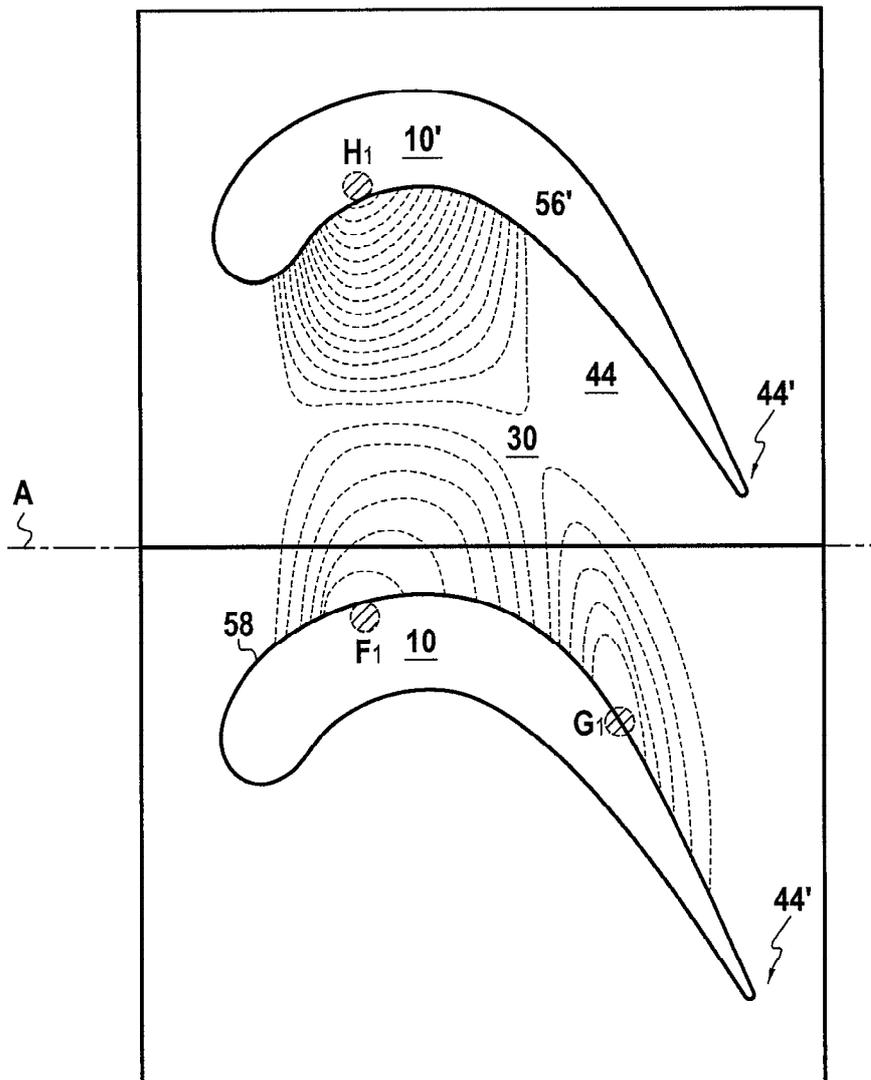
ФИГ.5



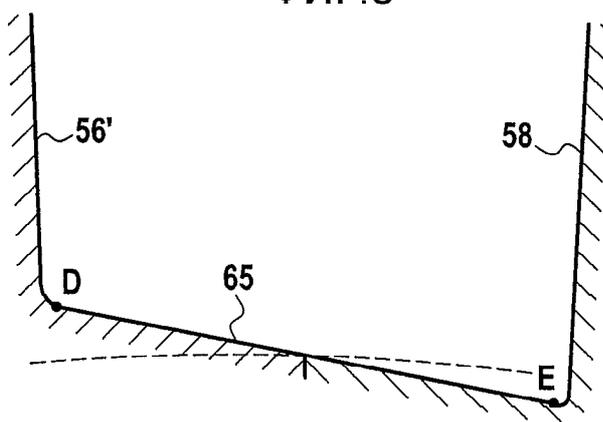
ФИГ.6



ФИГ.7



ФИГ.8



ФИГ.9