



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21), (22) Заявка: **2003131958/06, 30.10.2003**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**30.10.2003**(30) Конвенционный приоритет:  
**31.10.2002 US 10/284,358**(43) Дата публикации заявки: **10.04.2005**(45) Опубликовано: **20.08.2008 Бюл. № 23**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 5816776 А, 06.10.1998. ВЬЮНОВ С.А. и др. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей. - М.: Машиностроение, 1989, с.234. US 4457668 А, 03.07.1984. US 2857132 А, 21.10.1958. RU 2039879 С1, 20.07.1995. RU 2036312 С1, 27.05.1995.**

Адрес для переписки:

**129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры", пат.пов. Г.Б. Егоровой, рег.№ 513**

(72) Автор(ы):

**ФЭРРЭЛЛ Элисон Кэрол (US),  
ХОФЕР Дуглас Карл (US),  
ЛЭТРОП Норман Дуглас (US),  
ОУВЕРБО Мл. Реймонд Кеннет (US),  
ПЭРРИ Уилльям Томас (US),  
РОБЕРТСОН Кеннет Джеймс (US)**

(73) Патентообладатель(и):

**ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ (US)**

**(54) ТУРБИНА С О ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ УПЛОТНЕНИЕ И ЛАМИНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ ТРАЕКТОРИИ ПОТОКА**

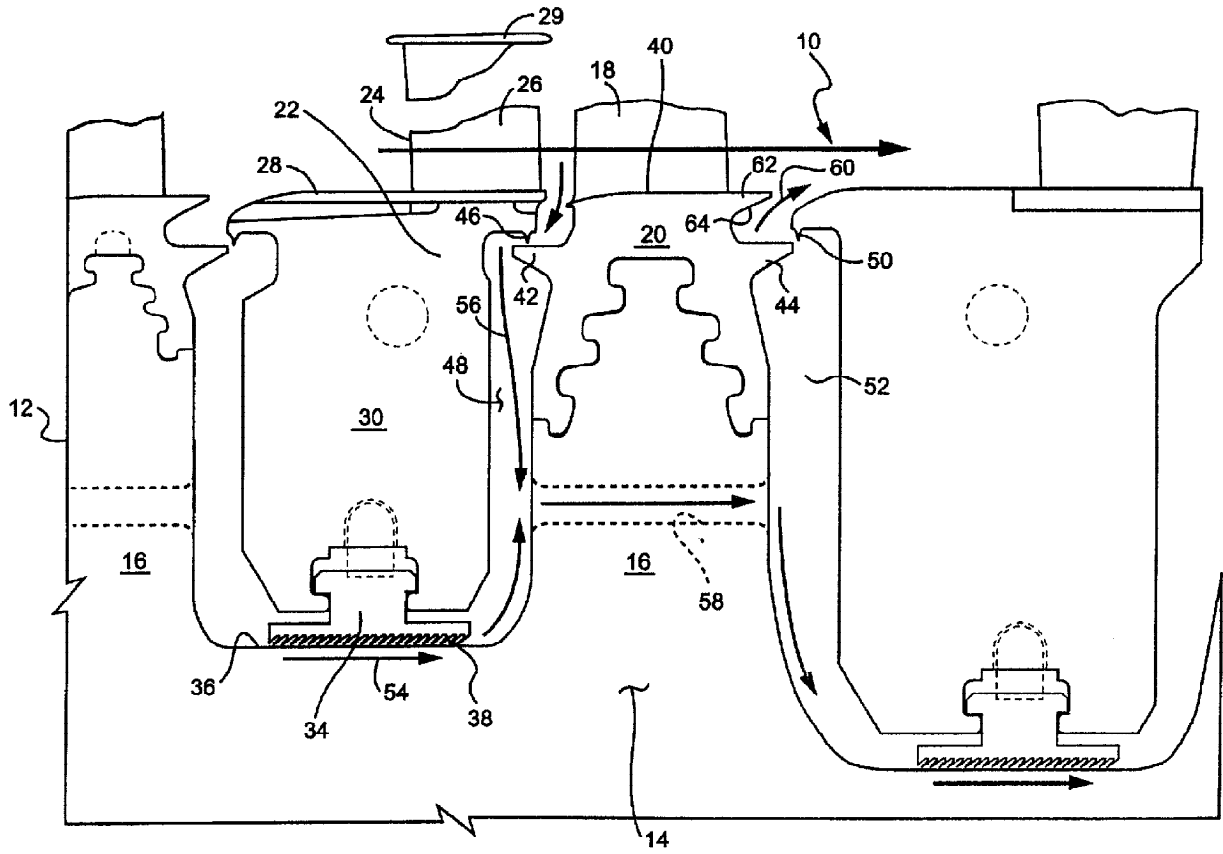
(57) Реферат:

Турбина содержит ротор, на котором закреплено множество рабочих лопаток. Расположенные на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении группы сопел имеют аэродинамические поверхности и внутренние и наружные бандажки на их противоположных концах. Рабочие лопатки имеют ласточкины хвосты и площадки вдоль радиально внутренних концов рабочих лопаток. Площадки, аэродинамические поверхности, внутренние и наружные бандажки частично определяют траекторию потока для потока текучей среды через турбину. На ласточкиных хвостах образованы выступающие элементы, проходящие по существу в аксиальном направлении в сторону одной из указанных групп сопел вдоль мест, расположенных радиально внутри по отношению к площадкам. На соплах из одной группы сопел предусмотрены зубцы лабиринтных уплотнений, образующие вместе с выступающими элементами уплотнение, предназначенное для уменьшения потока утечек с

траектории потока в проточную часть между одним рабочим колесом и одной группой сопел. Передние края площадок рабочих колес находятся радиально внутри по отношению к задним кромкам внутренних бандажей ближайших соседних сопел выше по ходу потока. Ласточкины хвосты имеют выходные элементы для направления потока вдоль расположенной ниже по ходу потока стороны ласточкиных хвостов, предназначенные для направления потока утечек текучей среды, имеющие поверхности для направления потока текучей среды в траекторию потока, в преимущественно аксиальном направлении ниже по ходу потока. Выходные элементы для направления потока образуют проходящие в направлении ниже по ходу потока выступающие части площадок рабочих лопаток с целью минимизации зазора между рабочими лопатками и ближайшей соседней группой сопел, образующих часть ступени турбины ниже по ходу потока. Передние кромки ближайших соседних сопел, расположенных ниже по ходу потока, расположены

радиально внутри по отношению к проходящим в направлении по ходу потока выступающим частям площадок рабочих лопаток. Изобретение направлено на уменьшение утечек и вторичных

аэродинамических потерь в зоне траектории потока текучей среды рядом с хвостовыми частями рабочих лопаток. 3 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2331777 C2

RU 2331777 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
**F01D 9/02** (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2003131958/06, 30.10.2003**

(24) Effective date for property rights: **30.10.2003**

(30) Priority:  
**31.10.2002 US 10/284,358**

(43) Application published: **10.04.2005**

(45) Date of publication: **20.08.2008 Bull. 23**

Mail address:  
**129010, Moskva, ul. B.Spaskaja, 25, str.3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i  
Partnery", pat.pov. G.B. Egorovoj, reg.№ 513**

(72) Inventor(s):  
**FEhRREhLL Ehlison Kehrol (US),  
KhOFER Duglas Karl (US),  
LEhTROP Norman Duglas (US),  
OUVERBO MI. Rejmond Kennet (US),  
PEhRRI Uill'jam Tomas (US),  
ROBERTSON Kennet Dzhejms (US)**

(73) Proprietor(s):  
**DZhENERAL EhLEKTRIK KOMPANI (US)**

## (54) TURBINE WITH FLOW PATH CONFIGURATION PROVIDING FOR SEALING AND LAMINAR STREAM

(57) Abstract:

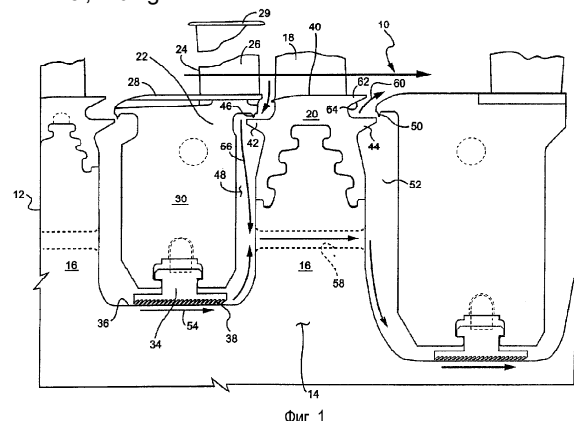
FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: turbine incorporates a rotor with a set of blades fitted thereon. Sets of aerodynamic surface nozzles, spaced apart axially, are furnished with inner and outer shroud rings arranged on their opposite ends. The blades are provided with dovetails and certain special surfaces along radially internal blade ends. The said special surfaces, aerodynamic surfaces, inner and outer shroud rings define partially the fluid medium flow path through the turbine. The said dovetails are furnished with ledges directed axially towards one of the aforesaid set of nozzles along the points located radially inside relative to the special surfaces. The nozzles of one of their sets are provided with labyrinth sealing teeth forming, along with the said ledges, a seal to reduce leakages from the flow path into the flow passage between one of the blades and one set of the said nozzles. The blade special surface front edges are located radially inside relative to the rear edges of inner shroud rings of the upstream adjacent nozzles. The dovetails incorporate outlet elements to direct the flow along the downstream dovetail side and intended to direct the fluid medium leak flow. The said outlet elements are provided with

surfaces to direct the fluid medium flow into the flow part, primarily, downstream and axially. The said outlet elements form the blade ledges directed downstream to minimise the gap between the blades and adjacent set of nozzles making a downstream turbine stage part. The front edges of adjacent nozzles arranged downstream are positioned radially inside relative to the blade ledges running along the flow.

EFFECT: reduced leaks and secondary aerodynamic losses in the fluid medium flow path nearby the blades tail parts.

4 cl, 2 dwg



Фиг. 1

## ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к такой конфигурации траектории потока в турбине, которая способствует ламинарному течению потока вдоль траектории потока и уплотнению, и, в частности, относится к конфигурации траектории потока в паровой турбине, предназначенной для минимизации потока утечек и вторичных аэродинамических потерь у зон хвостовых частей рабочих лопаток турбины на паровом тракте.

Траектория потока через турбину вдоль закругления хвостовой части частично определяется внутренними бандажами или кольцами для сопел и поверхностями обтекания вдоль площадок у хвостовых частей рабочих лопаток на роторе. Любая утечка потока текучей среды, возникающая при "уходе" потока с траектории потока вдоль закруглений хвостовых частей, приводит к проходу части потока мимо рабочих лопаток и непосредственному уменьшению выходной мощности ступени турбины. При типовой конструкции сопла и рабочей лопатки, например, для части низкого давления паровой турбины диаметр хвостовой части сопла равен диаметру хвостовой части рабочей лопатки, что приводит к существенной вероятности наличия уступа, обращенного в сторону против течения при стационарном режиме потока, что нарушает ламинарное течение потока текучей среды на траектории потока. Большие проточные части рабочего колеса также усиливают эффект нагнетания ротором потоков утечек и поэтому приводят к увеличению интрузивного потока в радиальном направлении, который вызывает дополнительные аэродинамические потери. Более точно, радиальные повторно входящие потоки, вызванные нагнетающим действием ротора, приводят к разделению потока текучей среды вдоль траектории потока, результатом чего являются аэродинамические потери коэффициента полезного действия (кпд) (см., например, патент США №5816776).

Соответственно, возникла необходимость в создании такой конфигурации траектории потока у закруглений хвостовых частей в турбине, которая гарантировала бы то, что ламинарное течение потока текучей среды по траектории потока будет по существу не зависимым от ухудшения характеристик траектории потока за счет минимизации потока утечек и вторичных аэродинамических потерь в зоне траектории потока текучей среды рядом с хвостовыми частями рабочих лопаток.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения предусмотрена зона траектории потока, находящаяся рядом с хвостовыми частями, которая позволяет существенно уменьшить нарушение режима потока текучей среды на траектории потока, свести к минимуму поток утечек и способствует ламинарному течению на траектории потока. В частности, зона траектории потока рядом с хвостовыми частями включает в себя внутренний бандаж на соплах и поверхности площадок у хвостовых частей рабочих лопаток. Площадки на рабочих лопатках образуют часть ласточкиных хвостов рабочих лопаток. Каждый ласточкин хвост рабочей лопатки содержит радиальные уплотнения на входной и выходной сторонах хвостовой части, расположенные радиально внутри по отношению к площадкам и расположенные в радиальном направлении под выходным и входным лабиринтными уплотнениями на соседних соплах. Эти уплотнения позволяют уменьшить потоки утечек в проточные части и из проточных частей между рабочим колесом и соседними соплами. Проточные части между ласточкиными хвостами и рабочим колесом, с одной стороны, и соплами, с другой стороны, уменьшены с целью уменьшения нагнетательного действия ротора и, следовательно, интрузивного потока, возвращающегося на траекторию потока.

Рационально то, что объединенные потоки утечек проходят между соплами и рабочими лопатками для входа в расположенную выше по ходу потока проточную часть, где поток соединяется с потоком утечек, проходящим через расположенное выше по ходу потока уплотнительное кольцо для прохода через отверстие в рабочем колесе в расположенную ниже по ходу потока проточную часть. Поток утечек, проходящий в расположенную ниже по ходу потока проточную часть частично выходит на траекторию потока текучей среды мимо радиального уплотнения хвостовой части выходной стороны рабочей лопатки. Рядом с

радиальным уплотнением хвостовой части выходной стороны предусмотрен выходной элемент для направления потока, который позволяет свести к минимуму отклонение траектории потока путем уменьшения радиальной составляющей интрузивного потока, то есть поток утечек, возвращающийся на траекторию потока, имеет существенно большую или преобладающую аксиальную составляющую потока по сравнению с радиальной составляющей данного интрузивного потока. Преобладающая аксиальная составляющая потока позволяет свести к минимуму нарушения режима потока текучей среды на траектории потока. Роль выходного элемента для направления потока становится все более важной по мере того, как рабочие характеристики уплотнения со временем ухудшаются, что приводит к возврату более сильных интрузивных потоков на траекторию потока текучей среды. Выходной элемент для направления потока также служит для минимизации аксиального расстояния между рабочей лопаткой и соплом следующей ступени, что способствует обеспечению ламинарного течения потока по траектории потока.

Каждая рабочая лопатка также имеет закругление хвостовой части входной стороны, проходящее в аксиальном направлении против течения и радиально внутрь с тем, чтобы свести к минимуму или устранить любой входной выступ на траектории потока текучей среды, проходящей от задней кромки внутреннего банджа сопла, расположенного выше по ходу потока. Это позволяет свести к минимуму вероятность образования уступа, обращенного вперед в аксиальном направлении при стационарном режиме, когда такой уступ мог бы вызвать прерывание потока текучей среды на траектории потока. Таким образом, диаметр хвостовой части входной стороны рабочей лопатки на ее стороне, расположенной выше по ходу потока, меньше диаметра хвостовой части выходной стороны сопла на стороне, расположенной ниже по ходу потока. Аналогичным образом закругление хвостовой части входной стороны сопла, расположенного ниже по ходу потока, расположено радиально внутри по отношению к задней кромке поверхности площадки, расположенной выше по ходу потока. Это позволяет аналогичным образом избежать возмущений в текучей среде, проходящей вдоль траектории потока, и обеспечить устойчивость между выходной стороной рабочей лопатки и входной стороной сопла.

Кроме того, на переднем крае площадки рабочей лопатки предусмотрено аксиальное уплотнительное ребро, выполненное на хвостовой части входной стороны, которое позволяет дополнительно уменьшить коэффициент расхода, обеспечивая дополнительное уменьшение потока утечек. Аксиальное уплотнительное ребро также позволяет уменьшить аксиальное расстояние между соплом и рабочей лопаткой для улучшения характеристик траектории потока текучей среды, обеспечивающих ламинарное течение на траектории потока.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения предложена турбина, содержащая ротор, который имеет рабочие колеса, расположенные в местах, находящихся на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении вдоль ротора, и на котором закреплено множество рабочих лопаток, расположенных на расстоянии друг от друга в окружном направлении, при этом ротор выполнен с возможностью вращения вокруг некоторой оси, расположенные на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении группы сопел, имеющих расположенные на расстоянии друг от друга в окружном направлении, аэродинамические поверхности и внутренние и наружные бандажные на их противоположных концах, при этом расположенные на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении рабочие лопатки и группы сопел образуют, по меньшей мере, пару расположенных на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении ступеней турбины, рабочие лопатки имеют ласточкины хвосты, предназначенные для крепления рабочих лопаток к рабочим колесам, и площадки вдоль радиально внутренних концов рабочих лопаток, при этом площадки, аэродинамические поверхности, внутренние и наружные бандажные частично определяют траекторию потока для потока текучей среды через турбину, при этом на ласточкиных хвостах рабочих лопаток одного из рабочих колес образованы выступающие элементы, проходящие по существу в аксиальном направлении в сторону одной из групп сопел вдоль мест,

расположенных радиально внутри по отношению к площадкам, причем на соплах из одной группы сопел предусмотрены зубцы лабиринтных уплотнений, образующие вместе с выступающими элементами уплотнение, предназначенное для уменьшения потока утечек с траектории потока в проточную часть между одним рабочим колесом и одной группой сопел.

В соответствии с дополнительным предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения предложена обеспечивающая ламинарное течение (обтекание) конфигурация траектории потока для зон траектории потока в турбине, находящихся у хвостовых частей рабочих лопаток, включающая в себя ротор, который выполнен с возможностью вращения вокруг некоторой оси и на котором установлено множество расположенных на расстоянии друг от друга в окружном направлении рабочих лопаток, расположенную на расстоянии в аксиальном направлении, распределенную по окружности группу сопел, имеющих расположенные на расстоянии друг от друга в окружном направлении аэродинамические поверхности с внутренним и наружным бандажами на их противоположных концах, расположенные в аксиальном направлении за рабочими лопатками по ходу потока и на расстоянии от рабочих лопаток, при этом рабочие лопатки имеют ласточкины хвосты, предназначенные для крепления рабочих лопаток и ротора друг к другу, и площадки вдоль их радиально внутренних концов, при этом площадки и внутренние бандажи частично образуют находящуюся у хвостовых частей рабочих лопаток зону траектории потока для потока текучей среды через турбину, причем ласточкины хвосты рабочих лопаток имеют выходные элементы для направления потока вдоль расположенной ниже по ходу потока стороны ласточкиных хвостов, предназначенные для направления потока утечек текучей среды, проходящего из проточной части между ласточкиными хвостами и соплами на траекторию потока, в преимущественно аксиальном направлении по ходу потока.

В соответствии с дополнительным предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения предложена турбина, содержащая ротор, который выполнен с возможностью вращения вокруг некоторой оси и на котором установлено множество расположенных на расстоянии друг от друга в окружном направлении рабочих лопаток, имеющих площадки вдоль их радиально внутренних концов, расположенную на расстоянии в аксиальном направлении, распределенную по окружности группу сопел, имеющих расположенные на расстоянии друг от друга в окружном направлении аэродинамические поверхности с внутренним и наружным бандажами на их противоположных концах, при этом площадки, рабочие лопатки, внутренний и наружный бандажи и аэродинамические поверхности частично определяют траекторию потока для потока текучей среды через турбину, при этом группа сопел расположена на расстоянии в аксиальном направлении от рабочих лопаток и перед ними по ходу потока и передние края площадок рабочих лопаток находятся радиально внутри по отношению к задним кромкам сопел из группы, расположенной перед рабочими лопатками по ходу потока.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг.1 представляет собой местный вертикальный вид сбоку части турбины, иллюстрирующий находящиеся у хвостовых частей рабочих лопаток зоны траектории потока через турбину с усовершенствованными конфигурациями уплотнений в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения; и фиг.2 представляет собой увеличенное местное сечение указанной части турбины.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На фигурах чертежей, в частности на фиг.1, проиллюстрирована внутренняя или находящаяся у хвостовых частей [рабочих лопаток] зона траектории потока через турбину 12, указанная стрелкой и обозначенная в целом ссылочным номером 10. Несущая энергию текучая среда, например пар, проходит вдоль траектории 10 потока и в направлении стрелки. Турбина 12 содержит ротор 14, выполненный с возможностью вращения вокруг горизонтальной оси, и множество расположенных на определенном расстоянии друг от друга в аксиальном направлении рабочих колес 16, каждое из которых несет множество

расположенных на определенном расстоянии друг от друга в окружном направлении рабочих лопаток 18, закрепленных с помощью ласточкиных хвостов 20 у основания рабочих лопаток, предназначенных для образования соединений типа "ласточкин хвост" с рабочими колесами 16. На фиг.1 также проиллюстрирован неподвижный элемент 22

5 турбины, имеющий расположенные на определенном расстоянии друг от друга в аксиальном направлении группы сопел 24. Каждая группа сопел 24 имеет расположенные на определенном расстоянии друг от друга в окружном направлении неподвижные аэродинамические поверхности 26, расположенные между внутренними бандажами или кольцами 28 и наружными бандажами или кольцами 29. На соплах также предусмотрены  
10 внутренние перегородки 30, расположенные между рабочими колесами и ласточкиными хвостами 20 соседних в аксиальном направлении рабочих лопаток 18. Следовательно, каждое сопло 24 и расположенная за ним по ходу потока группа рабочих лопаток 18 образуют некоторую сопловую ступень, при этом в пределах секции турбины имеется  
15 множество сопловых ступеней. Как обычно, между неподвижным элементом 24, например между внутренними перегородками 30, и поверхностью 36 ротора между рабочими колесами 16 предусмотрены уплотнительные кольца 34, предназначенные для уплотнения траекторий потоков утечек между неподвижными и вращающимися элементами. На сегментах уплотнительных колец 34, как правило, предусмотрено множество зубцов 38 лабиринтных уплотнений, которые со временем разрушаются.

20 Рационально то, что, как показано на фиг.1, находящаяся у хвостовых частей рабочих лопаток зона траектории 10 потока включает в себя внутренние бандажи 28 и площадки 40 у основания каждой рабочей лопатки 18. Между выходными участками задних кромок сопел и входными участками передних кромок рабочих лопаток, а также между участками задних кромок рабочих лопаток и участками передних кромок сопел обязательно существуют  
25 зазоры. Эти зазоры между вращающимися и неподвижными элементами образуют траектории потоков утечек для текучей среды, проходящей вдоль траектории 10 потока, и вызывают аэродинамические потери в находящейся у хвостовых частей зоне траектории 10 потока.

Чтобы свести к минимуму поток утечек и вторичные аэродинамические потери и  
30 гарантировать в основном ламинарный характер потока текучей среды вдоль траектории потока без нарушений режима потока из-за потоков утечек, предусмотрена конструкция уплотнения у хвостовых частей в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения. Конструкция уплотнения у хвостовых частей  
35 включает в себя предусмотренные на ласточкином хвосте 20 каждой рабочей лопатки выступающий элемент 42 радиального уплотнения хвостовой части входной стороны и выступающий элемент 44 радиального уплотнения хвостовой части выходной стороны. Таким образом, каждое радиальное уплотнение хвостовой части включает в себя  
40 проходящий в аксиальном направлении выступающий элемент 42 или 44, который вместе с зубцом лабиринтного уплотнения и соседним неподвижным элементом обеспечивает уменьшение потока утечек вокруг рабочих лопаток. В частности, расположенный с входной стороны выступающий элемент 42 радиального уплотнения хвостовой части  
45 взаимодействует с зубцом 46 лабиринтного уплотнения, образованным на выходной стороне сопла 24, расположенного выше по ходу потока, для блокирования потоков утечек, проходящих в проточную часть 48 между ласточкиным хвостом 20 рабочей лопатки и расположенной выше по ходу потока внутренней перегородкой 30, и тем самым образует радиальное уплотнение хвостовой части входной стороны, обозначенное в целом  
50 ссылкой номером 43 (фиг.2). Аналогичным образом зубец 50 лабиринтного уплотнения на входной стороне расположенного ниже по ходу потока сопла взаимодействует с расположенным с выходной стороны выступающим элементом 44 радиального уплотнения хвостовой части для образования радиального уплотнения хвостовой части с выходной стороны, обозначенного в целом ссылкой номером 45 и предназначенного для уменьшения потока утечек в проточную часть 52 между ласточкиными хвостами 20 и расположенной ниже по ходу потока внутренней перегородкой 30. Как проиллюстрировано

на фигурах чертежей, образованные соответственно с входной и выходной сторон, радиальные уплотнения 43 и 45 хвостовых частей расположены радиально внутри по отношению к находящейся у хвостовых частей зоне траектории 10 потока. Рационально то, что лабиринтные зубцы 46 и 50 и уплотнения 43 и 45, образованные с входной и выходной 5 сторон, имеют кольцевую форму. Кроме того, как показано, размер проточных частей 48 и 52 в аксиальном направлении сведен к минимуму с целью уменьшения нагнетательного воздействия ротора. Результатом нагнетательного воздействия ротора в аксиальном направлении является тенденция образования радиального потока, который "внедряется" в поток текучей среды, проходящий вдоль траектории потока, и вызывает неблагоприятные 10 аэродинамические потери.

Как проиллюстрировано на фиг.1, по траекториям потока утечек проходит поток утечек, проходящий между расположенным выше по ходу потока уплотнительным кольцом 34 и ротором 14, как показано стрелкой 54. Поток 54 утечек соединяется с потоком утечек, проходящим между расположенным выше по ходу потока соплом и расположенными ниже 15 по ходу потока рабочими лопатками и обозначенным стрелкой 56, для прохода через отверстие 58 в рабочем колесе в проточную часть 52 между рабочим колесом 16 и внутренней перегородкой 30. Нагнетательное воздействие заставляет часть потока утечек проходить радиально наружу, как показано стрелкой 60, в текучую среду, проходящую по траектории 10 потока. Этот проходящий радиально наружу поток вызывает отклонение 20 траектории потока или нарушение режима потока текучей среды на траектории потока с обусловленными этим аэродинамическими потерями. Для минимизации этих потерь на задней кромке каждой рабочей лопатки предусмотрен выходной элемент 62 для направления потока. Элемент 62 для направления потока имеет радиально внутреннюю поверхность 64, которой придана такая форма и конфигурация, чтобы заставить 25 проходящий в радиальном направлении наружу поток утечек проходить в текучую среду на траектории 10 потока преимущественно в аксиальном направлении, то есть указанный элемент для направления потока позволяет уменьшить радиальную составляющую потока, "внедряющегося" на траекторию 10 потока. Таким образом сводится к минимуму отклонение траектории потока, вызываемое проходящим радиально наружу потоком 30 утечек. Это имеет важное значение еще и потому, что эффективность функционирования уплотнительного кольца 34 со временем снижается при контакте между зубцами 38 лабиринтного уплотнения и поверхностью 36 ротора, что приводит к более сильным потокам утечек и, следовательно, к более сильным интрузивным потокам. Также рационально то, что выполненные на ласточкиных хвостах 20 элементы 62 для 35 направления потока образуют кольцо вокруг оси ротора и сводят к минимуму расстояние между задними кромками рабочих лопаток 18 и передней кромкой сопел следующей ступени. Последнее обстоятельство позволяет улучшить ламинарный характер потока на траектории 10 потока.

Как лучше всего проиллюстрировано на фиг.2, на входной стороне рабочей лопатки 40 имеется выступающий в аксиальном направлении и в направлении против хода потока, передний край или ребро 70, которое образует раструб, направленный радиально внутрь в сторону против хода потока так, чтобы указанное ребро располагалось радиально внутри по отношению к расположенному ниже по ходу потока краю внутреннего бандажа 28 сопла 24, расположенного выше по ходу потока. Аксиальное уплотнительное ребро 70 хвостовой 45 части входной стороны рабочей лопатки позволяет обеспечить дополнительное уменьшение коэффициента расхода, которое приводит к дополнительному уменьшению потока утечек. Ребро 70 также обеспечивает уменьшение аксиального расстояния между соплом и рабочей лопаткой и позволяет улучшить характеристики ламинарного течения потока текучей среды на траектории 10 потока. Закругление 74 расположенного с входной 50 стороны ребра позволяет свести к минимуму вероятность образования обращенной вперед выступающей части в потоке текучей среды вдоль траектории 10 потока в стационарном рабочем состоянии. Таким образом, рационально то, что диаметр хвостовой части входной стороны рабочей лопатки меньше диаметра хвостовой части выходной стороны сопла.



Как показано на фиг.2, закругление, или передняя кромка 76, входной стороны хвостовой части сопла аналогичным образом образует проходящую аксиально в направлении против хода потока и конусообразно сужающуюся радиально внутрь поверхности, которая заканчивается радиально внутри по отношению к заднему краю

5 площадки 40 рабочих лопаток, расположенных выше по ходу потока. Таким образом поддерживается ламинарное течение (обтекающий характер) текучей среды в потоке текучей среды вдоль траектории 10 потока, когда поток текучей среды переходит от

10 задней кромки рабочих лопаток к передней кромке расположенных ниже по ходу потока внутренних бандажей сопел.

Несмотря на то, что изобретение было описано в связи с тем, что в настоящее время рассматривается как наиболее осуществимый и предпочтительный вариант осуществления, следует понимать, что изобретение не должно быть ограничено раскрытым

15 вариантом осуществления, а, напротив, предназначено для охватывания различных модификаций и эквивалентных конструкций, находящихся в пределах сущности и объема приложенной формулы изобретения.

#### Формула изобретения

1. Турбина, содержащая ротор (14), который имеет рабочие колеса (16), расположенные в местах, находящихся на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении вдоль

20 ротора, и на котором закреплено множество рабочих лопаток (18), расположенных на расстоянии друг от друга в окружном направлении, при этом указанный ротор выполнен с возможностью вращения вокруг оси; расположенные на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении группы сопел (24), имеющих расположенные на расстоянии друг от друга в окружном направлении аэродинамические поверхности (26) и внутренние и

25 наружные бандажи (28, 29) на их противоположных концах, при этом расположенные на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении рабочие лопатки и группы сопел образуют, по меньшей мере, пару расположенных на расстоянии друг от друга в аксиальном направлении ступеней турбины; причем рабочие лопатки имеют ласточкины хвосты (20), предназначенные для крепления рабочих лопаток к рабочим колесам, и

30 площадки (40) вдоль радиально внутренних концов рабочих лопаток, при этом площадки (40), аэродинамические поверхности (26), внутренние и наружные бандажи (28,29) и рабочие лопатки частично определяют траекторию (10) потока для потока текучей среды через турбину; при этом на ласточкиных хвостах рабочих лопаток указанных рабочих колес образованы выступающие элементы (42, 44), проходящие по существу в аксиальном

35 направлении в сторону одной из указанных групп сопел вдоль мест, расположенных радиально внутри по отношению к площадкам, причем на соплах из одной группы сопел предусмотрены зубцы (46, 50) лабиринтных уплотнений, образующие вместе с выступающими элементами уплотнение, предназначенное для уменьшения потока утечек с траектории потока в проточную часть между одним рабочим колесом и одной группой

40 сопел; передние края (70) площадок рабочих лопаток находятся радиально внутри по отношению к задним кромкам внутренних бандажей ближайших соседних сопел выше по ходу потока; причем указанные ласточкины хвосты рабочих лопаток имеют выходные элементы (62) для направления потока вдоль расположенной ниже по ходу потока стороны ласточкиных хвостов, имеющие поверхности для направления потока текучей среды в

45 траекторию потока, в преимущественно аксиальном направлении ниже по ходу потока; причем выходные элементы (62) для направления потока образуют проходящие в направлении ниже по ходу потока, выступающие части площадок рабочих лопаток с целью минимизации зазора между рабочими лопатками и ближайшей соседней группой сопел, образующих часть ступени турбины ниже по ходу потока; и передние кромки (76)

50 ближайших соседних сопел, расположенных ниже по ходу потока, расположены радиально внутри по отношению к проходящим в направлении по ходу потока выступающим частям площадок рабочих лопаток.

2. Турбина по п.1, в которой выступающие элементы (42) выступают от расположенной

выше по ходу потока стороны ласточкиных хвостов и находятся в радиальном направлении под зубцами лабиринтных уплотнений (46) указанной одной группы сопел, при этом вторые выступающие элементы (44) выступают от расположенных ниже по ходу потока стороны ласточкиных хвостов в месте, находящемся радиально внутри по отношению ко вторым  
5 зубцам (50) лабиринтных уплотнений, которые расположены на группе сопел следующей ступени, находящейся ниже по ходу потока.

3. Турбина по п.1, в которой рабочие лопатки имеют такие диаметры хвостовых частей входных сторон рабочих лопаток, которые меньше диаметров хвостовых частей выходных сторон сопел из группы сопел, расположенных выше по ходу потока.

10 4. Турбина по п.1, в которой передние края (70) рабочих лопаток выступают против хода потока в направлении ближайших соседних сопел, расположенных выше по ходу потока, что позволяет придать характеристики ламинарного течения потоку текучей среды в траектории потока.

15

20

25

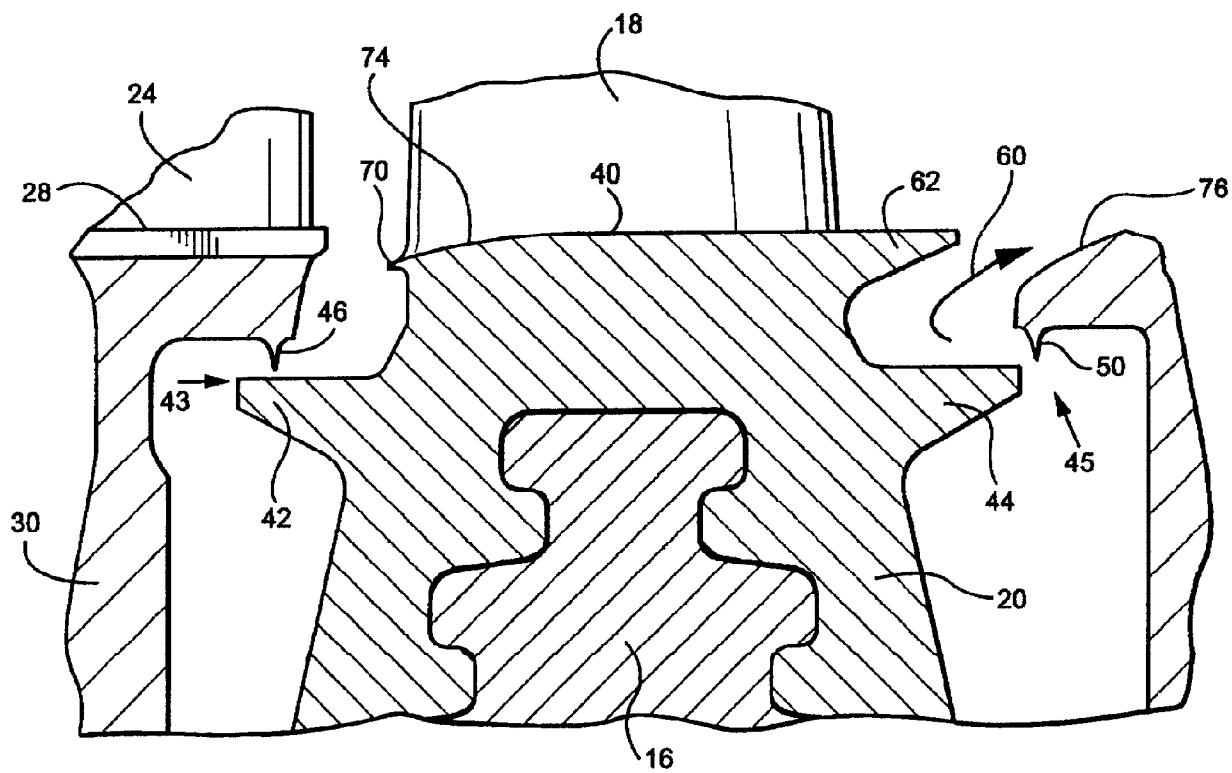
30

35

40

45

50



Фиг. 2