

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011113994/06, 12.04.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.04.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
13.04.2010 US 12/758,919

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2012 Бюл. № 29

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 546733 A1, 15.02.1977. GB 1386281  
A, 05.03.1975. US 2005287004 A1, 29.12.2005. SU  
1454991 A1, 30.01.1989. EP 1253295 A2,  
30.10.2002.Адрес для переписки:  
191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

НЕЕЛИ Судхакар (IN),  
ДАЛСАНИЯ Пракаш Б. (IN)

(73) Патентообладатель(и):

Дженерал Электрик Компани (US)

C2  
3  
1  
0  
9  
1  
3  
2  
5  
8  
0  
U  
RR  
U  
2  
5  
8  
0  
9  
1  
3  
C  
2

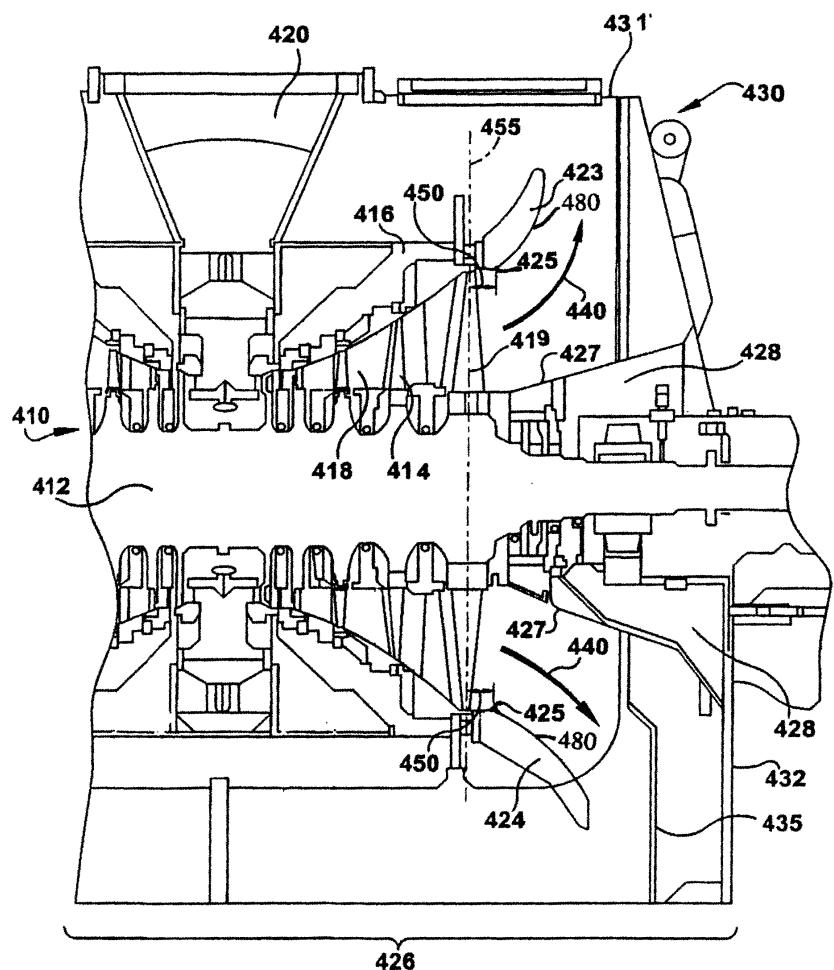
## (54) ПАРОВАЯ ТУРБИНА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

## (57) Реферат:

Концевые бандажи (411) на лопатках (419) последней ступени конденсационной паровой турбины (410) могут создавать значительное препятствие и образовывать завихрение у стенки паронаправляющей (423, 424) диффузора (300), что приводит к отрыву потока пара от указанной стенки паронаправляющей. Образование завихрения уменьшает проходное сечение для распространения оставшейся текучей среды, что

приводит к недостаточному восстановлению давления. Предложен направленный внутрь радиальный выступ (425), который имеет заданную высоту и расстояние вдоль внутренней стенки (480) паронаправляющих (423, 424) и слегка отклоняет потоки концевой протечки в направлении вниз, уменьшая эффект блокирования, создаваемый бандажом. 9 з.п. ф-лы, 9 ил.

R U 2 5 8 0 9 1 3 C 2



ФИГ.5

R U 2 5 8 0 9 1 3 C 2

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2011113994/06, 12.04.2011

(24) Effective date for property rights:  
12.04.2011

Priority:

(30) Convention priority:  
13.04.2010 US 12/758,919

(43) Application published: 20.10.2012 Bull. № 29

(45) Date of publication: 10.04.2016 Bull. № 10

Mail address:  
191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVNPAT"

(72) Inventor(s):

NEELI Sudhakar (IN),  
DALSANIJA Prakash B. (IN)

(73) Proprietor(s):

Dzheneral Elektrik Kompani (US)

C2  
3  
0  
9  
1  
3  
2  
5  
8  
0  
9  
1  
3  
C2R  
U  
2  
5  
8  
0  
9  
1  
3  
C  
2

## (54) LOW-PRESSURE STEAM TURBINE

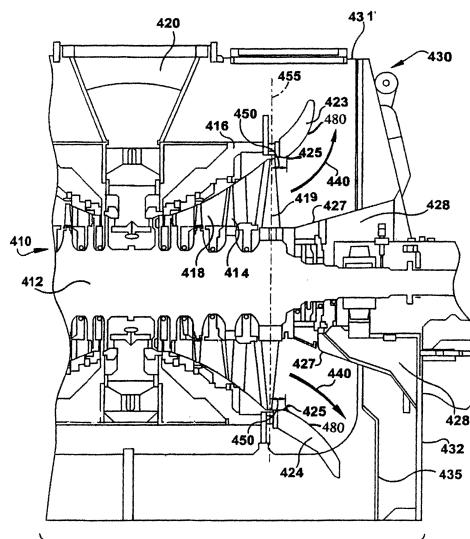
(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: end bands (411) on blades (419) of the last stage of condensate steam turbine (410) can create significant obstacle and create vortex near wall of the steam guide (423, 424) of the diffuser (300), this results in break-away of the steam flow from the said wall of the steam guide. Vortex creation reduces clear opening for the residual fluid distribution thus resulting in insufficient pressure restoration. The directed inside radial shoulder (425) is suggested, it has set height and distance along the internal wall (480) of the steam guides (423, 424) and slightly deflects the flows of end leak downwards, reducing effect of blocking created by bands.

EFFECT: prevention of inadmissible high stresses in screws at connection line and in internal casing.

10 cl, 9 dwg



Фиг.5

## ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0001] Изобретение относится в целом к выхлопным патрубкам конденсационных паровых турбин и, более конкретно, к форме диффузора в выхлопном патрубке.

- [0002] В паровых турбинах низкого давления восстановление давления в выхлопных патрубках можно разделить на две части: 1) восстановление давления на участке от впуска диффузора до конца паронаправляющей и 2) восстановление давления на участке от конца паронаправляющей до конденсатора. Восстановление давления ниже по потоку от паронаправляющей представляет собой большую трудность, поскольку за концом паронаправляющей в выхлопном патрубке расположены опорные стойки.
- 10 Следовательно, имеется необходимость в выполнении любого возможного усовершенствования в паронаправляющей.

В патенте SU 546733 A1, МПК F01D 25/30, 15.02.1977 раскрыт способ повышения эффективности осерадиального диффузора турбомашины путем уменьшения интенсивности срывных явлений благодаря установке в диффузоре, между его наружной 15 и внутренней направляющими, кольцевой направляющей перегородки со сквозными каналами. Указанные каналы образованы решеткой кольцевых лопаток. Интенсивность отрыва потока снижается благодаря ускорению пограничного слоя на выпуклых поверхностях кольцевой перегородки. Однако такой способ не позволяет повышать эффективность протекания потока на входе в диффузор, в частности в зоне у выпуска 20 лопаток последней ступени, и устранять эффект блокирования потока бандажом лопаток, возникающий вследствие завихрений потока, которые образуются у концевого бандажа.

[0003] Восстановление давления на участке от впуска диффузора до конца паронаправляющей зависит от многих параметров, таких как: 1) степень расширения 25 (отношение области выпуска к области впуска), 2) осевая длина за осевой линией лопатки последней ступени (определяет радиус поворота), 3) протечки у конца лопатки последней ступени и 4) толщина бандажа лопатки последней ступени (увеличенная толщина бандажа вызывает большее блокирование).

[0004] Расстояние вдоль оси диффузора измеряют как расстояние от осевой линии 30 лопатки последней ступени до конца диффузора, которое обычно вдвое превышает высоту лопатки и выражается как « $2*Lbw/al$ ». Например, если высота лопатки равна 40 дюймов (101,6 см), то осевая длина диффузора составит 80 дюймов (203,2 см).

[0005] Для паровой турбины экономически целесообразным является уменьшение осевой длины диффузора, так как это непосредственно уменьшает длину вала ротора. 35 Меньшая осевая длина диффузора, например « $1,6Lbw/al$ », требует большего радиуса поворота (наличия более крутой паронаправляющей) для обеспечения поддержания заданной степени расширения. Большой радиус поворота всегда приводит к отрыву потока пара от паронаправляющей. На фиг. 1 изображен первый диффузор 10, в который поступает отработанный пар от лопатки 5 длиной L с бандажом 6. Первый диффузор 40 10 имеет первую осевую длину 15, плавное закругление 20 стенки паронаправляющей и первую область 30 выпуска. Кроме того, на чертеже изображен второй, укороченный диффузор 50. Указанный второй диффузор 50 имеет уменьшенную осевую длину 55 и увеличенную область 65 выпуска, что обеспечивает сохранение степени расширения и приводит к необходимости выполнения стенки 70 паронаправляющей с более резким 45 закруглением 60, что может привести к отрыву потока от указанной стенки.

[0006] Одним из способов уменьшения отрыва потока является обдувание пограничной поверхности, например, путем увеличения концевого зазора лопатки последней ступени. Струя, выходящая из концевого зазора, ослабляет указанный отрыв

потока и приводит, таким образом, к улучшенному восстановлению давления. Однако увеличение зазора является нежелательным, поскольку оно влияет на эксплуатационные показатели лопатки последней ступени.

[0007] Кроме того, увеличенная толщина бандажа лопатки последней ступени может

- 5 привести к блокированию потока вследствие завихрения, возникающего у бандажа. Наличие завихрения дополнительно увеличивает потери. На фиг. 2 проиллюстрировано воздействие концевого бандажа 6, выполненного на лопатке 5 последней ступени и создающего завихрение 75 в диффузоре 10. Блокирование бандажом 6 приводит к наличию медленно перемещающегося пара 70, который образует расширяющееся,
- 10 медленно перемещающееся завихрение 75.

[0008] Таким образом, имеется необходимость в создании средства для улучшения восстановления давления при помощи крутой паронаправляющей.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0009] В соответствии с первым аспектом данного изобретения предложена паровая

- 15 турбина низкого давления, содержащая внутренний корпус с венцом лопаток последней ступени, концевые бандажи, расположенные на указанном венце лопаток, выхлопной патрубок, окружающий внутренний корпус и радиально-осевой диффузор. Радиально-осевой диффузор содержит внутреннюю паронаправляющую и наружную паронаправляющую, которые расположены в указанном выхлопном патрубке у выпуска
- 20 венца лопаток последней ступени. Внутренняя стенка наружной паронаправляющей выполнена с направленным внутрь радиальным выступом, расположенным ниже по потоку от выпуска лопатки последней ступени. Высота и местоположение направленного внутрь радиального выступа заданы с обеспечением уменьшения завихрения пара на стенке наружной паронаправляющей.

- 25 [0010] В соответствии с другим аспектом данного изобретения радиально-осевой диффузор расположен ниже по потоку от венца лопаток последней ступени конденсационной паровой турбины, в выхлопном патрубке. Указанный диффузор содержит внутреннюю паронаправляющую, наружную паронаправляющую с внутренней стенкой и направленный внутрь радиальный выступ, расположенный ниже
- 30 по потоку от выпуска лопатки последней ступени на указанной внутренней стенке наружной паронаправляющей. Осевое местоположение и высота указанного выступа выбраны с обеспечением уменьшения завихрения пара на наружной радиальной стенке ниже по потоку от выпуска лопатки последней ступени.

[0011] В соответствии с еще одним аспектом данного изобретения предложен способ

- 35 уменьшения образования завихрения на наружной паронаправляющей диффузора паровой турбины ниже по потоку от лопаток последней ступени с концевыми бандажами. Указанный способ включает расположение наружной и внутренней паронаправляющих у выпускного канала лопаток последней ступени и выполнение направленного внутрь радиального выступа на стенке наружной паронаправляющей,
- 40 причем указанный выступ располагают на заданном осевом расстоянии вниз по потоку от осевой линии лопаток последней ступени и на заданной высоте, которые выбирают с обеспечением уменьшения завихрения пара на наружной радиальной стенке ниже по потоку от выпуска лопатки последней ступени.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

- 45 [0012] Эти и другие особенности, аспекты и преимущества данного изобретения станут более понятны после прочтения нижеследующего подробного описания со ссылкой на прилагаемые чертежи, на всем протяжении которых одинаковые номера позиций обозначают одинаковые элементы и на которых:

фиг. 1 изображает диффузор, в который поступает поток отработанного пара от турбинной лопатки длиной L,

фиг. 2 иллюстрирует завихрение, создаваемое бандажом на лопатке последней ступени,

5 фиг. 3 изображает продольный разрез варианта выполнения предложенного диффузора, расположенного на пути прохождения отработанного пара ниже по потоку от последней ступени, содержащей лопатки с концевым бандажом,

фиг. 4 изображает увеличенный вид внутренней стенки паронаправляющей, имеющей предложенную форму,

10 фиг. 5 изображает продольный разрез части паровой турбины, в которой тракт потока отработанного пара включает диффузор предложенной конфигурации,

фиг. 6 изображает предпочтительный диапазон местоположений осевого центра выступа для лопатки конкретной рабочей длины,

15 фиг. 7 изображает предпочтительный диапазон высот для центра выступа внутренней стенки паронаправляющей для лопатки конкретной высоты, измеряемой между нижней поверхностью концевого бандажа и нижней поверхностью внутреннего корпуса турбины,

фиг. 8 изображает различные формы направленных внутрь радиальных выступов, выполненных на внутренней стенке наружной паронаправляющей, в соответствии с

20 данным изобретением, и

фиг. 9 изображает блок-схему способа уменьшения завихрения пара в диффузоре конденсационной паровой турбины.

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0013] Приведенные ниже варианты выполнения данного изобретения имеют

25 многочисленные преимущества, к которым относится уменьшение завихрения пара в диффузоре ниже по потоку от концевого бандажа лопаток последней ступени в конденсационной паровой турбине с обеспечением, таким образом, увеличения области распространения для более эффективного восстановления давления и повышения эффективности турбины. Повышенное восстановление давления может быть достигнуто

30 даже при уменьшенной осевой длине диффузора в случае использования крутой паронаправляющей. Изобретение обеспечивает высокоэффективное распространение потока, что приводит к уменьшению противодавления турбины с обеспечением, таким образом, возможности получения повышенного отношения давлений в турбине для той же температурной области термодинамического цикла. Это дает возможность либо

35 вырабатывать большую мощность при тех же параметрах цикла, либо вырабатывать такую же мощность при более высокой эффективности (то есть при более низком количестве подаваемого топлива).

[0014] Бандаж, имеющий очень большую толщину, создает значительное препятствие, приводящее к образованию завихрения у стенки наружной паронаправляющей, в

40 результате чего происходит отрыв потока пара от стенки паронаправляющей.

Завихрение, которое представляет собой медленно перемещающуюся текучую среду, занимает все большую и большую площадь по мере его продвижения вперед.

Образование завихрения уменьшает эффективное проходное сечение для распространения оставшейся текучей среды, что приводит к недостаточному

45 восстановлению.

[0015] Имеется потребность в создании средства, обеспечивающего уменьшение или полное устранение указанного завихрения. В данном изобретении предложен направленный внутрь радиальный выступ, выполненный в стенке наружной

паронаправляющей и уменьшающий силу завихрения при помощи потоков концевых протечек. Таким образом, достигается более эффективное восстановление давления без нарушения степени расширения диффузора.

[0016] На фиг. 3 изображен продольный разрез варианта выполнения предложенного диффузора 300, расположенного в тракте 301 отработанного пара ниже по потоку от лопаток 310 последней ступени с концевым бандажом 311. Диффузор имеет область 315 впуска и область 316 выпуска. На чертеже внутренняя стенка 320 наружной паронаправляющей имеет обычное вогнутое в направлении наружу закругление 321 и предложенный направленный внутрь радиальный выступ 322. На фиг. 4 изображен увеличенный вид 330 внутренней стенки 320 наружной паронаправляющей ниже по потоку от лопатки последней ступени. Направленный внутрь радиальный выступ 340, высота которого составляет приблизительно 300 мм, расположен на расстоянии 350 приблизительно 3 дюйма (7,62 см) от осевого центра лопаток 310 последней ступени. Размеры приведены в качестве примера и не являются ограничивающими. Выступ 340, который слегка отклоняет потоки концевой протечки в направлении вниз, уменьшает эффект блокирования, создаваемый бандажом. Такое отклонение способствует возвращению основного потока к паронаправляющей, что обеспечивает более высокую эффективность диффузора.

[0017] В случае обычной внутренней стенки паронаправляющей диффузора бандаж лопатки вызывает отрыв нижерасположенной части потока пара. Основной поток пара, идущий от лопатки, протекает под концевым бандажом, а путь прохождения отдельного потока протечки над бандажом проходит вдоль стенки паронаправляющей. Еще ниже по потоку возникает большое завихрение медленно перемещающегося пара. В предложенном диффузоре, имеющем направленный внутрь радиальный выступ на внутренней стенке паронаправляющей, происходит соединение потока, протекающего вдоль внутренней стенки, и основного потока. Завихрение, возникающее ниже по потоку в предложенном диффузоре, значительно меньше завихрения, возникающего ниже по потоку в обычном диффузоре. Уменьшение завихрения в диффузоре происходит вследствие наличия направленного внутрь радиального выступа, выполненного на стенке паронаправляющей, и обеспечивает более высокую эффективность диффузора.

[0018] На фиг. 5 изображена паровая турбина с предложенным диффузором, имеющим направленный внутрь радиальный выступ на внутренней стенке наружной паронаправляющей. Паровая турбина, обозначенная в целом номером 410 позиции, содержит ротор 412, на котором установлены турбинные лопатки 414. На чертеже также показан внутренний корпус 416, на котором установлены неподвижные направляющие лопатки 418. Расположенное по центру в целом радиальное паровпускное отверстие 420 обеспечивает подачу пара к турбинным лопаткам 414 и неподвижным лопаткам 418 на противоположных осевых сторонах турбины для приведения в действие ротора 412. Неподвижные лопатки 418 и смежные с ними по оси лопатки 414 образуют различные ступени турбины, создающие проточный паровой тракт, при этом следует понимать, что выходящий от лопаток 419 последней ступени паровой турбины пар протекает в выпускное отверстие 426 к конденсатору (не показан).

[0019] На чертеже также изображен наружный выпускной патрубок 430, который окружает и поддерживает внутренний корпус 416 турбины, а также другие компоненты, такие как подшипники. Турбина содержит наружные паронаправляющие 423, 424, предназначенные для направления пара, выпускаемого из турбины, в выпускное отверстие 426 для его прохождения к одному или более конденсаторам. В выпускном патрубке 430 могут быть выполнены опорные конструкции, придающие жесткость

указанному патрубку и содействующие направлению потока отработанного пара. Приведенная в качестве примера опорная конструкция 435 расположена с обеспечением принятия и направления потока 440 отработанного пара, выходящего из паровой турбины 410.

- 5 [0020] Лопатки 419 последней ступени паровой турбины 410 выпускают поток 440 отработанного пара в выхлопной патрубок 430. Выхлопной патрубок 430 может содержать верхний патрубок 431 и нижний патрубок 432. Патрубок 430 открывается вниз в выпускное отверстие 426, ведущее к расположенному ниже конденсатору (не показан). Отработанный пар 440 от лопаток 419 протекает между наружными
- 10 паронаправляющими 423, 424 и внутренней паронаправляющей 427. Внутренняя паронаправляющая 427 может быть образована конусом 428 подшипника или отдельной конструкцией. Наружные паронаправляющие 423, 424 могут совместно образовывать концентрическое кольцо вокруг ротора 412. Форма, ориентация и размер
- 15 паронаправляющей 423, расположенной в верхней части проточного тракта для отработанного пара, могут отличаться от указанных параметров паронаправляющей 424, расположенной в нижней половине проточного тракта для отработанного пара, для обеспечения эффективного согласования соответствующих им проточных трактов для отработанного пара к конденсатору (не показан).

- [0021] Наружные паронаправляющие 423, 424 могут иметь направленные внутрь радиальные выступы 425, расположенные на заданном осевом расстоянии 450 вдоль стенки 480 паронаправляющей, которое может быть измерено от осевой линии 455 лопаток последней ступени, как описано ниже более подробно. Однако возможно использование других точек отсчета при соответствующей корректировке измерений. Выступы 425 могут образовывать концентрическое кольцо вокруг ротора 412.

- 25 [0022] В соответствии с изобретением самая внутренняя в радиальном направлении точка выступа должна находиться на заданном осевом расстоянии вниз по потоку от лопаток последней ступени. Данное расстояние, соответствующее центру выступа, может быть выражено в виде функции длины лопатки последней ступени. Минимальное осевое расстояние от центра лопатки последней ступени может составлять
- 30 приблизительно  $0,08*L_{Isb}$ , где  $L_{Isb}$  - рабочая длина лопаток 419 последней ступени. Максимальное осевое расстояние от центра лопаток 419 может составлять приблизительно  $0,16*L_{Isb}$ .

- [0023] На фиг. 6 изображен диапазон положений осевого центра направленного внутрь радиального выступа, выполненного на внутренней стенке паронаправляющей вниз по потоку от лопаток последней ступени для уменьшения возникающего ниже по потоку завихрения и повышения эффективности диффузора. Для данного примера рабочая длина лопаток 419 составляет 33,5 дюйма (85,09 см). Осевое положение стенок 462, 467 паронаправляющей обозначено номером 469 позиции. Лопатки 419 могут иметь один или более зубцов 413, расположенных на концевом бандаже 411 с
- 35 образованием зазора 417 для протечки с внутренней стенкой 415 внутреннего корпуса 416 паровой турбины (фиг. 5). Минимальное осевое расстояние 460 до направленного внутрь радиального выступа 461 на стенке 462 может быть определено приблизительно как  $0,08 \times 33,5 = 2,68$  дюйма (6,81 см). Максимальное осевое расстояние 465 до
- 40 направленного внутрь радиального выступа 466 на стенке 467 может быть рассчитано приблизительно как  $0,16 \times 33,5 = 5,36$  дюйма (13,61 см).

- [0024] Кроме того, в соответствии с изобретением высота направленного внутрь радиального выступа относительно радиальной высоты верхнего выступа бандажа лопатки последней ступени может быть установлена в виде заранее заданной величины.

Указанная заданная величина для выступа может быть представлена как функция длины расстояния между нижней поверхностью концевого бандажа и нижней поверхностью внутреннего корпуса турбины. Минимальная высота выступа может составлять  $0,2H$ , где  $H$  - расстояние между нижней поверхностью концевого бандажа и нижней поверхностью внутреннего корпуса турбины. Максимальная высота выступа может составлять  $0,6H$ .

[0025] На фиг. 7 изображен предпочтительный диапазон высот для направленного внутрь радиального выступа внутренней стенки наружной паронаправляющей, предназначенного для уменьшения возникающего ниже по потоку завихрения и повышения эффективности диффузора. В данном примере для лопатки 419 расстояние  $H$  между нижней поверхностью 429 бандажа 411 и внутренней стенкой 415 внутреннего корпуса 416 турбины составляет приблизительно 1,278 дюйм (3,246 см). Бандаж 411 может иметь один или более зубцов 413, образующих зазор 417 для протечки с внутренней стенкой 415 внутреннего корпуса паровой турбины (фиг. 5). Минимальное значение высоты 463 выступа 461 на стенке 462 может быть рассчитано приблизительно как  $0,2H$  или  $0,2 \times 1,278$  дюйма=0,2556 дюйма (0,6492 см). Максимальное значение высоты 468 выступа 466 на стенке 467 может быть рассчитано приблизительно как  $0,6H$  или  $0,6 \times 1,278$  дюйма=0,7668 дюйма (1,9477 см).

[0026] На фиг. 8 изображены различные формы, которые могут использоваться при выполнении направленных внутрь радиальных выступов на внутренней стенке наружной паронаправляющей, ниже по потоку от лопаток последней ступени, в соответствии с данным изобретением. В первом варианте 500 выполнения нижняя поверхность 421 внутренней стенки 415 корпуса 416 может иметь плавную, выпуклую во внутреннем радиальном направлении поверхность, причем направленный внутрь радиальный выступ 505 соответствует радиальному минимуму поверхности. В еще одном варианте 510 выполнения нижняя поверхность 422 внутренней стенки 415, имеющая прямолинейные грани, может быть образована в виде сужающегося конического участка 515, расположенного перед направленным внутрь радиальным выступом 525, и в виде расширяющегося конического участка 520, расположенного за выступом 525, так что указанные два конических участка соединяются в месте радиального диаметра выступа 525. Расширяющийся участок 520 и сужающийся участок 515 могут плавно соединяться с внутренней стенкой у соответствующих переднего и заднего концов. Однако следует понимать, что нижняя поверхность 421, 422 стенки 415 может иметь различные формы при условии соответствующего расположения направленного внутрь радиального выступа в осевом и радиальном направлениях.

[0027] В следующем аспекте данного изобретения предложен способ уменьшения завихрения пара в диффузоре ниже по потоку от концевого бандажа лопаток последней ступени в конденсационной паровой турбине. Указанный способ включает расположение наружной паронаправляющей у выпускного кольцевого канала лопаток последней ступени с концевыми бандажами. Способ также включает выполнение направленного внутрь радиального выступа на внутренней стенке наружной паронаправляющей, причем указанный выступ располагают на заданном осевом расстоянии вниз по потоку от осевой линии лопаток последней ступени и на заданной высоте, при этом указанные осевое расстояние и высота обеспечивают уменьшение образования завихрения вдоль наружной стенки наружной паронаправляющей. Заданное осевое расстояние направленного внутрь радиального выступа от осевой линии лопаток последней ступени составляет от  $0,08L_{Isb}$  до  $0,16H L_{Isb}$ , где  $L_{Isb}$  - рабочая длина лопатки последней ступени. Заданная высота указанного выступа составляет от  $0,2H$  до  $0,6H$ , где  $H$  - расстояние

- между нижней частью концевого бандажа лопаток последней ступени и нижней поверхностью внутреннего корпуса паровой турбины, причем заданную высоту измеряют относительно радиальной высоты внутренней стенки у впуска паронаправляющей. На фиг. 9 изображена блок-схема способа уменьшения завихрения
- 5 пара в диффузоре конденсационной паровой турбины. На этапе 600 наружную паронаправляющую располагают у выпускного кольцевого канала лопаток последней ступени с концевыми бандажами. На этапе 610 на внутренней стенке наружной паронаправляющей выполняют направленный внутрь радиальный выступ, который располагают на заданном осевом расстоянии вниз по потоку от осевой линии лопаток
- 10 последней ступени и на заданной высоте, причем указанные осевое расстояние и высота обеспечивают уменьшение образования завихрения вдоль наружной стенки наружной паронаправляющей. На этапе 620 устанавливают заданное осевое расстояние направленного внутрь радиального выступа от осевой линии лопаток последней ступени в диапазоне от  $0,08L_{lsb}$  до  $0,16L_{lsb}$ , где  $L_{lsb}$  - рабочая длина лопатки последней ступени.
- 15 На этапе 630 устанавливают заданную высоту направленного внутрь радиального выступа в диапазоне от  $0,2H$  до  $0,6H$ , где  $H$  - расстояние между нижней частью концевого бандажа лопаток последней ступени и нижней поверхностью внутреннего корпуса паровой турбины, причем заданную высоту измеряют относительно радиальной высоты внутренней стенки у впуска паронаправляющей.
- 20 [0028] Несмотря на то что выше описаны несколько вариантов форм стенки, окружающей выступ, следует понимать, что в объем данного изобретения могут входить и другие формы. Более того, несмотря на то что в данном документе описаны различные варианты выполнения, из описания должно быть понятно, что возможно выполнение различных комбинаций элементов, видоизменений или усовершенствований,
- 25 находящихся в рамках объема изобретения.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

- 5 лопатка
- 6 концевой бандаж
- 10 диффузор
- 30 15 первая осевая длина
- 20 плавное закругление
- 30 первая область выпуска
- 50 второй укороченный диффузор
- 55 уменьшенная осевая длина
- 35 60 резкое закругление
- 65 увеличенная область выпуска
- 70 медленно перемещающийся пар
- 75 завихрение
- 300 диффузор
- 40 301 проточный тракт для отработанного пара
- 310 лопатки последней ступени
- 311 концевой бандаж
- 315 область впуска
- 316 область выпуска
- 45 320 внутренняя стенка
- 321 выпуклое в направлении внутрь закругление
- 322 направленный внутрь радиальный выступ
- 330 увеличенный вид

- 340 направленный внутрь радиальный выступ
- 350 осевое положение
- 410 паровая турбина
- 411 концевой бандаж
- 5* 412 ротор
- 413 зубцы
- 414 лопатки
- 415 нижняя поверхность внутреннего корпуса
- 416 внутренний корпус
- 10* 417 зазор для протечки
- 418 неподвижные лопатки
- 419 лопатки последней ступени
- 420 радиальное паровпускное отверстие
- 421 выпуклая в направлении внутрь нижняя поверхность
- 15* 422 нижняя поверхность с прямолинейными гранями
- 423, 424 наружные паронаправляющие
- 425 направленные внутрь радиальные выступы
- 426 выпускное отверстие, ведущее к конденсатору
- 427 внутренняя паронаправляющая
- 20* 428 конус подшипника
- 429 нижняя поверхность концевого бандажа
- 430 наружный выхлопной патрубок
- 431 верхний выхлопной патрубок
- 432 нижний выхлопной патрубок
- 25* 435 конструктивный элемент
- 440 поток отработанного пара
- 450 заданное осевое расстояние
- 455 осевая линия лопаток последней ступени
- 460 минимальное осевое расстояние
- 30* 461 направленный внутрь радиальный выступ
- 462 стенка паронаправляющей
- 463 высота
- 465 максимальное осевое расстояние
- 466 направленный внутрь радиальный выступ
- 35* 467 стенка паронаправляющей
- 468 высота
- 469 впуск паронаправляющей
- 470 Н
- 480 внутренняя стенка паронаправляющей
- 40* 500 первый вариант выполнения внутренней стенки
- 505 направленный внутрь радиальный выступ
- 510 второй вариант выполнения внутренней стенки
- 515 сужающаяся коническая часть
- 520 расширяющаяся коническая часть
- 45* 525 направленный внутрь радиальный выступ.

#### Формула изобретения

1. Паровая турбина (410) низкого давления, содержащая:

внутренний корпус (416) с лопатками (419) последней ступени, концевые бандажи (411), расположенные на лопатках (419) последней ступени, выхлопной патрубок (430), окружающий внутренний корпус (416), и радиально-осевой диффузор (300), содержащий наружную паронаправляющую

5 (423) и внутреннюю паронаправляющую (427), которые расположены в выхлопном патрубке (430) у выпуска лопаток (419) последней ступени, причем внутренняя стенка (415) паронаправляющей (423, 424) имеет направленный внутрь радиальный выступ (425), предназначенный для уменьшения завихрения пара (75) на внутренней стенке (480) паронаправляющих (423, 424) ниже по потоку от выпуска лопаток (419) последней

10 ступени.

2. Паровая турбина (410) по п. 1, в которой направленный внутрь радиальный выступ (425) на паронаправляющих (423, 424) имеет заданную высоту (340) в осевом положении (350) относительно лопаток (419) последней ступени.

3. Паровая турбина (410) по п. 2, в которой направленный внутрь радиальный выступ (425) на паронаправляющих (423, 424) расположен на минимальном расстоянии (460) вниз по потоку в осевом направлении от центра (455) лопаток (419) последней ступени, составляющем  $0,08L_{Isb}$ , где  $L_{Isb}$  представляет собой рабочую длину (L) указанных лопаток (419).

4. Паровая турбина (410) по п. 2, в которой направленный внутрь радиальный выступ (425) на паронаправляющих (423, 424) расположен на максимальном расстоянии (465) вниз по потоку в осевом направлении от центра (455) лопаток (419) последней ступени, составляющем  $0,16L_{Isb}$ , где  $L_{Isb}$  представляет собой рабочую длину (L) указанных лопаток (419).

5. Паровая турбина (410) по п. 4, в которой минимальная высота направленного внутрь радиального выступа (425) на паронаправляющих (423, 424) составляет  $0,2H$ , где H представляет собой расстояние от нижней поверхности (429) концевого бандажа (411) до нижней поверхности (415) внутреннего корпуса.

6. Паровая турбина (410) по п. 1, в которой максимальная высота направленного внутрь радиального выступа (425) на паронаправляющих (423, 424) составляет  $0,6H$ , где H представляет собой расстояние от нижней поверхности (429) концевого бандажа (411) до нижней поверхности (415) внутреннего корпуса.

7. Паровая турбина (410) по п. 1, в которой степень расширения диффузора (300) составляет от 1,2 до 2.

8. Паровая турбина (410) по п. 1, в которой степень расширения диффузора (300) составляет от 1,2 до 2, причем направленный внутрь радиальный выступ (425) расположен вниз по потоку в осевом направлении от выпуска лопаток (419) последней ступени на расстоянии между минимальным расстоянием (460), составляющим  $0,08L_{Isb}$ , и максимальным расстоянием (465), составляющим  $0,16L_{Isb}$ , где  $L_{Isb}$  представляет собой рабочую длину (L) лопаток (419) последней ступени, при этом минимальная высота направленного внутрь радиального выступа (425) составляет  $0,2H$ , а его максимальная высота составляет  $0,6H$ , где H представляет собой расстояние от нижней поверхности (429) концевого бандажа (411) до нижней поверхности (415) внутреннего корпуса.

45 9. Паровая турбина (410) по п. 8, в которой нижняя поверхность (421) внутренней стенки паронаправляющих (423, 424) выполнена в виде выпуклой во внутреннем радиальном направлении плавной поверхности.

10. Паровая турбина (410) по п. 8, в которой внутренняя стенка паронаправляющих

(423, 424) образует выпуклую во внутреннем радиальном направлении поверхность из линейных участков.

5

10

15

20

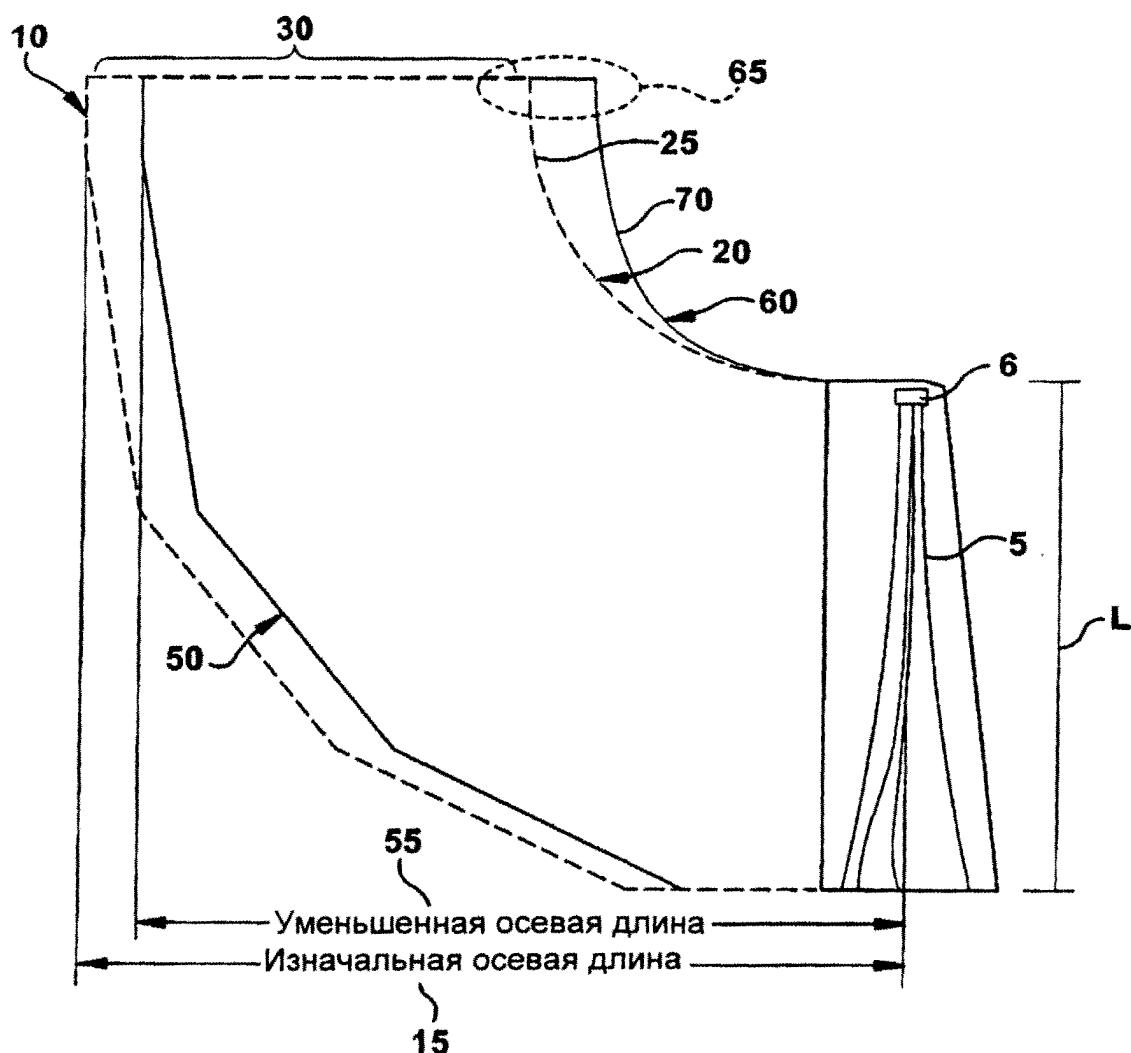
25

30

35

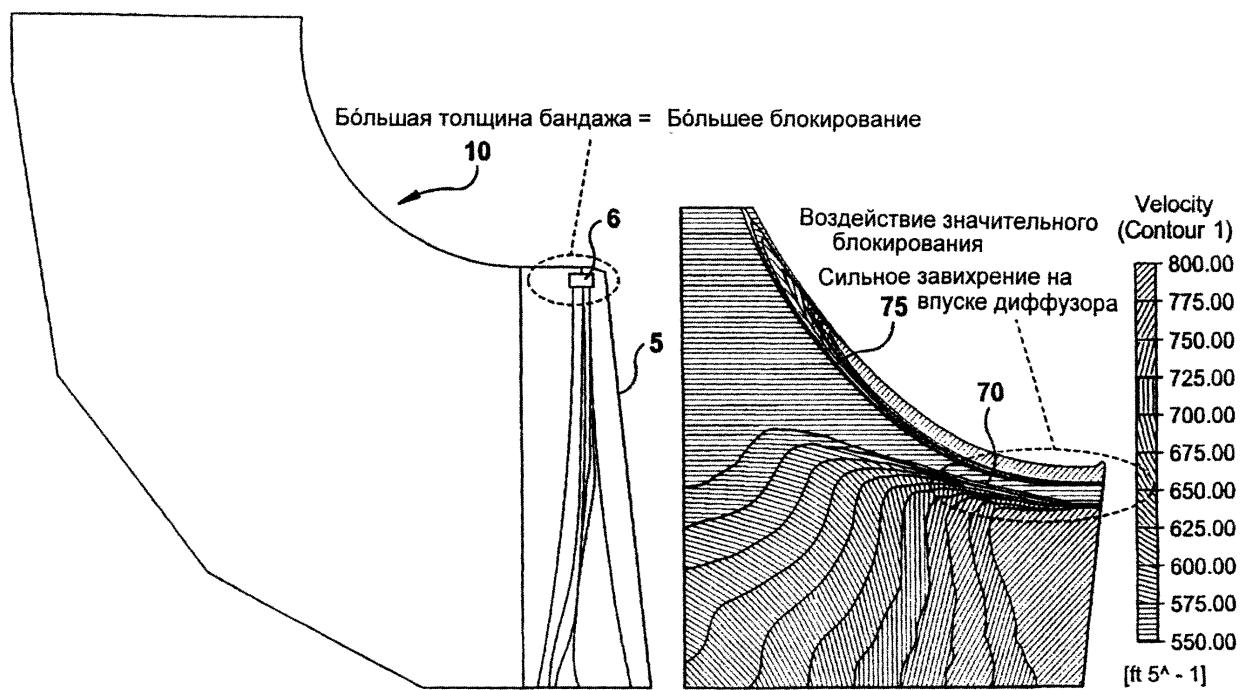
40

45

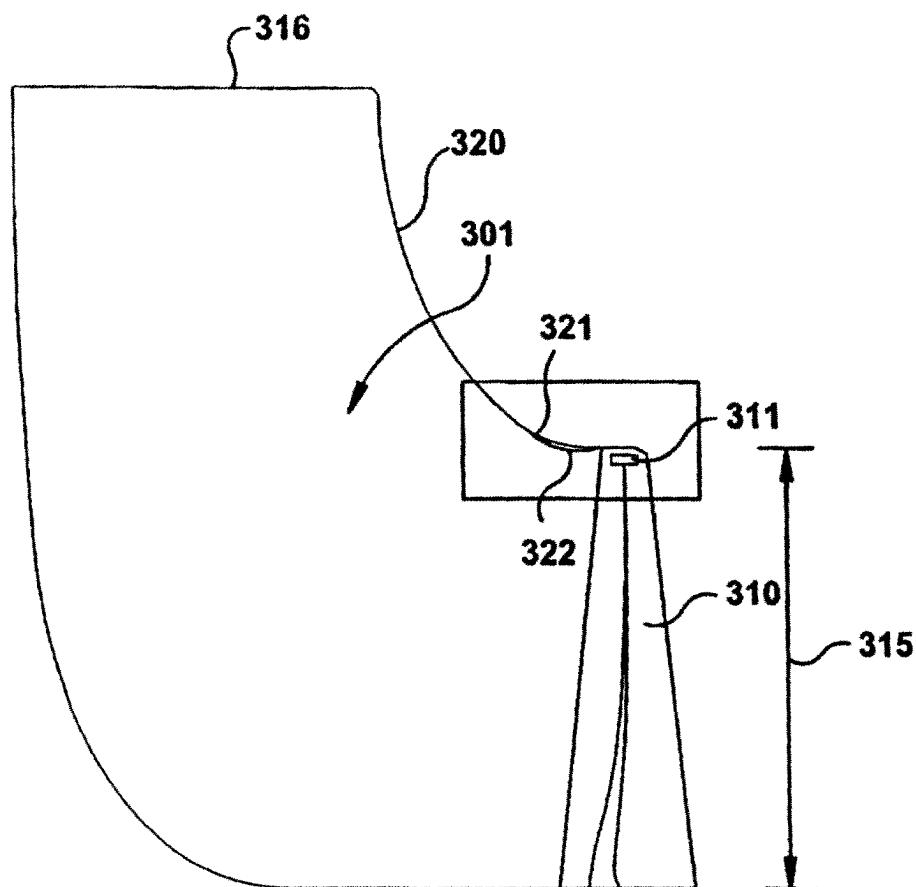


Крутая паронаправляющая из-за уменьшенной осевой длины

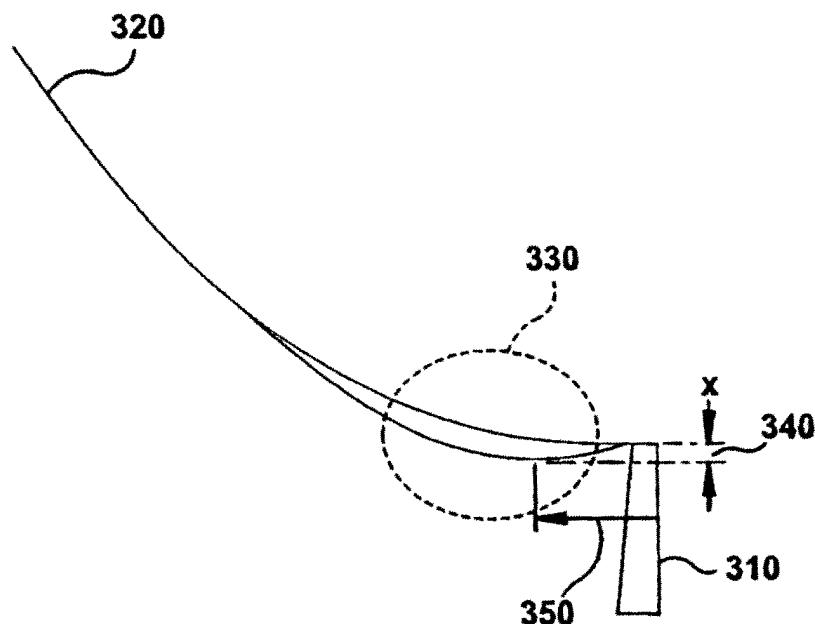
Фиг.1



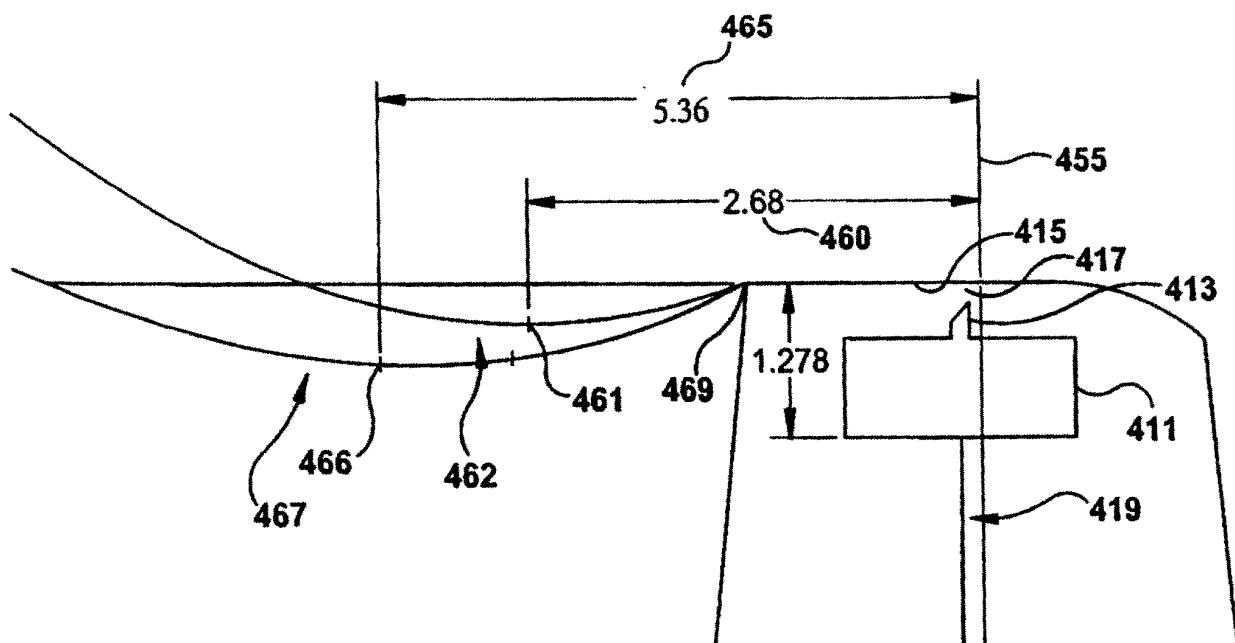
Фиг.2

300

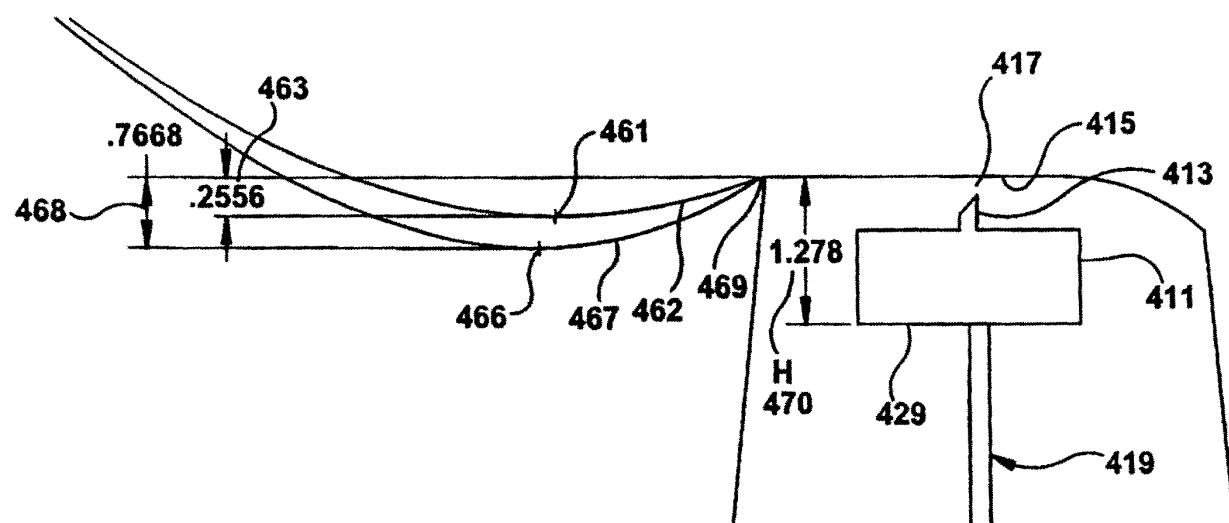
Фиг.3



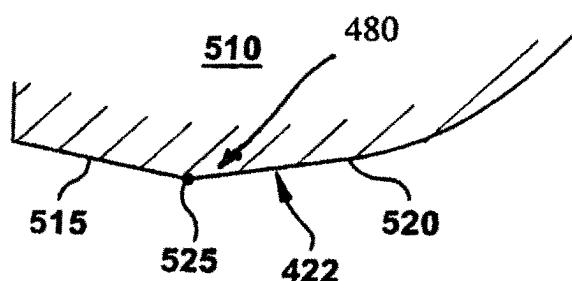
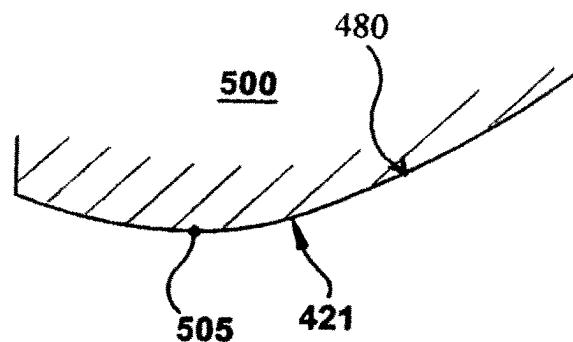
ФИГ.4



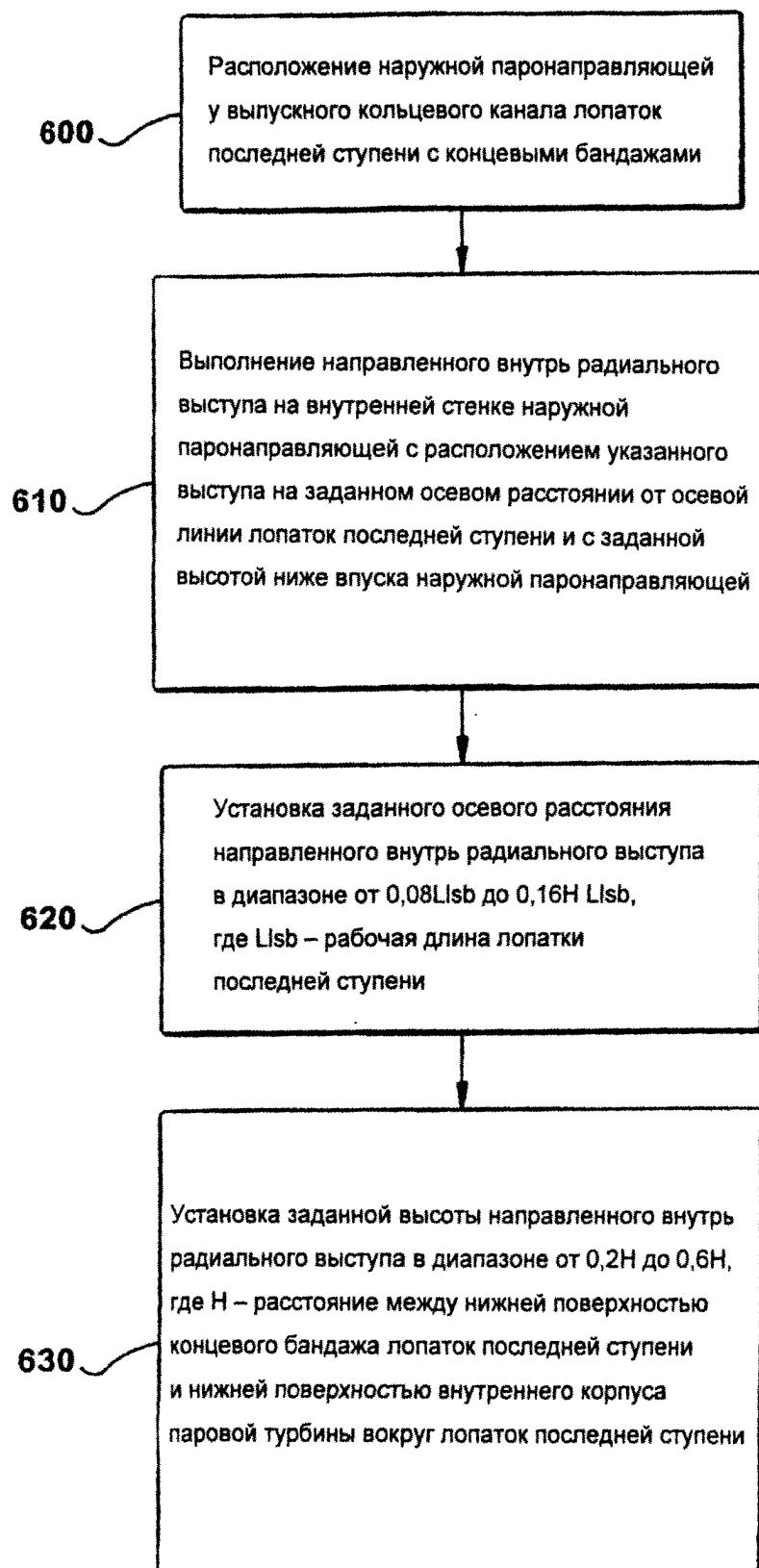
ФИГ.6



ФИГ.7



ФИГ.8



Фиг.9