



(51) МПК

F03B 3/02 (2006.01)

F03B 3/12 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014120802, 23.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.10.2012Дата регистрации:  
04.09.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
23.10.2011 US 61/550,432

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2015 Бюл. № 33

(45) Опубликовано: 04.09.2017 Бюл. № 25

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 23.05.2014(86) Заявка РСТ:  
CA 2012/050755 (23.10.2012)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2013/059935 (02.05.2013)Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

МАРЬЕ Сильвен (СА),  
ТЕРУ Эрик (СА)

(73) Патентообладатель(и):

АНДРИТЦ ГИДРО ЛТД. (СА)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: JPH10-318117 A, 02.12.1998. JP  
2006291865 A, 28.10.2008. CA 2438429 A1,  
22.02.2005. WO 20011071420 A1, 16.06.2011.  
WO 2004031574 A1, 15.04.2004. JPS585481 A,  
12.01.1983.

R U 2 6 2 9 8 4 9 C 2

R U 2 6 2 9 8 4 9 C 2

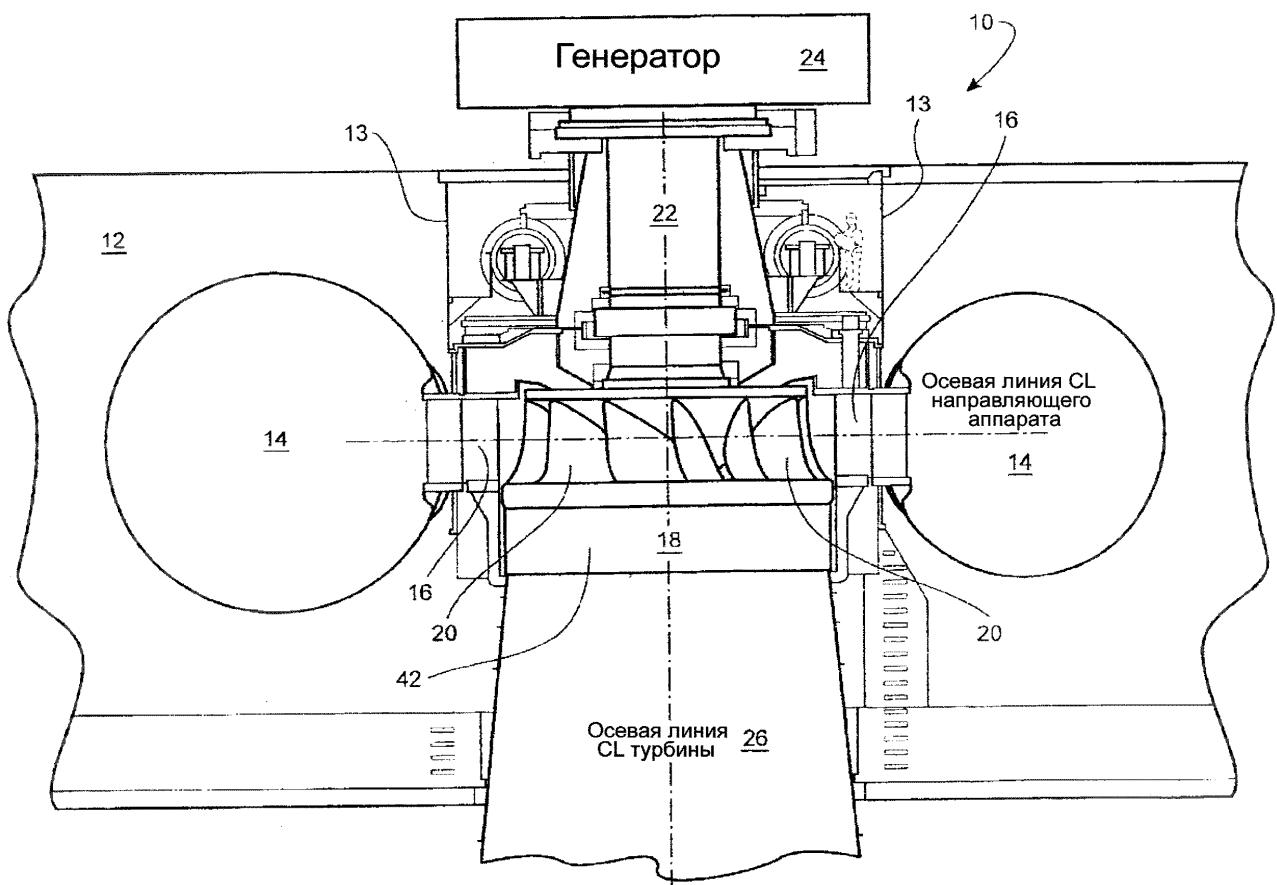
(54) КОМПАКТНАЯ ЛОПАТКА ДЛЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ТУРБИНЫ ФРЕНСИСА И СПОСОБ  
КОНФИГУРИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к форме лопатки для гидротурбины Френсиса и, в частности, к выходному углу и толщине лопатки. Лопатка 20 для рабочего колеса 18 турбины Френсиса, имеющего диаметр (Dth) критического сечения, имеет максимальную толщину не менее 0,03 диаметра (Dth) критического сечения. Входная кромка имеет максимальный угол

наклона не менее 45 градусов на своей нижней кромке. Угол наклона определен вертикальной линией и входной кромкой. Группа изобретений направлена на разработку компактных лопаток, имеющих улучшенную рабочую характеристику относительно проблем кавитации и коэффициента полезного действия турбины. 2 н. и 6 з.п. ф-лы, 6 ил.

R U 2 6 2 9 8 4 9 C 2



Фиг.1

R U 2 6 2 9 8 4 9 C 2

R U  
2 6 2 9 8 4 9  
C 2

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU (11) 2 629 849<sup>(13)</sup> C2

(51) Int. Cl.  
*F03B 3/02* (2006.01)  
*F03B 3/12* (2006.01)

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014120802, 23.10.2012

(24) Effective date for property rights:  
23.10.2012

Registration date:  
04.09.2017

Priority:

(30) Convention priority:  
23.10.2011 US 61/550,432

(43) Application published: 27.11.2015 Bull. № 33

(45) Date of publication: 04.09.2017 Bull. № 25

(85) Commencement of national phase: 23.05.2014

(86) PCT application:  
CA 2012/050755 (23.10.2012)

(87) PCT publication:  
WO 2013/059935 (02.05.2013)

Mail address:  
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, stroenie 3,  
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):  
MARE Silven (CA),  
TERU Erik (CA)

(73) Proprietor(s):  
ANDRITTS GIDRO LTD. (CA)

R U

2 6 2 9 8 4 9

C 2

(54) COMPACT VANE FOR FRANCIS TURBINE RUNNER AND METHOD OF RUNNER CONFIGURATION

(57) Abstract:

FIELD: machine engineering.

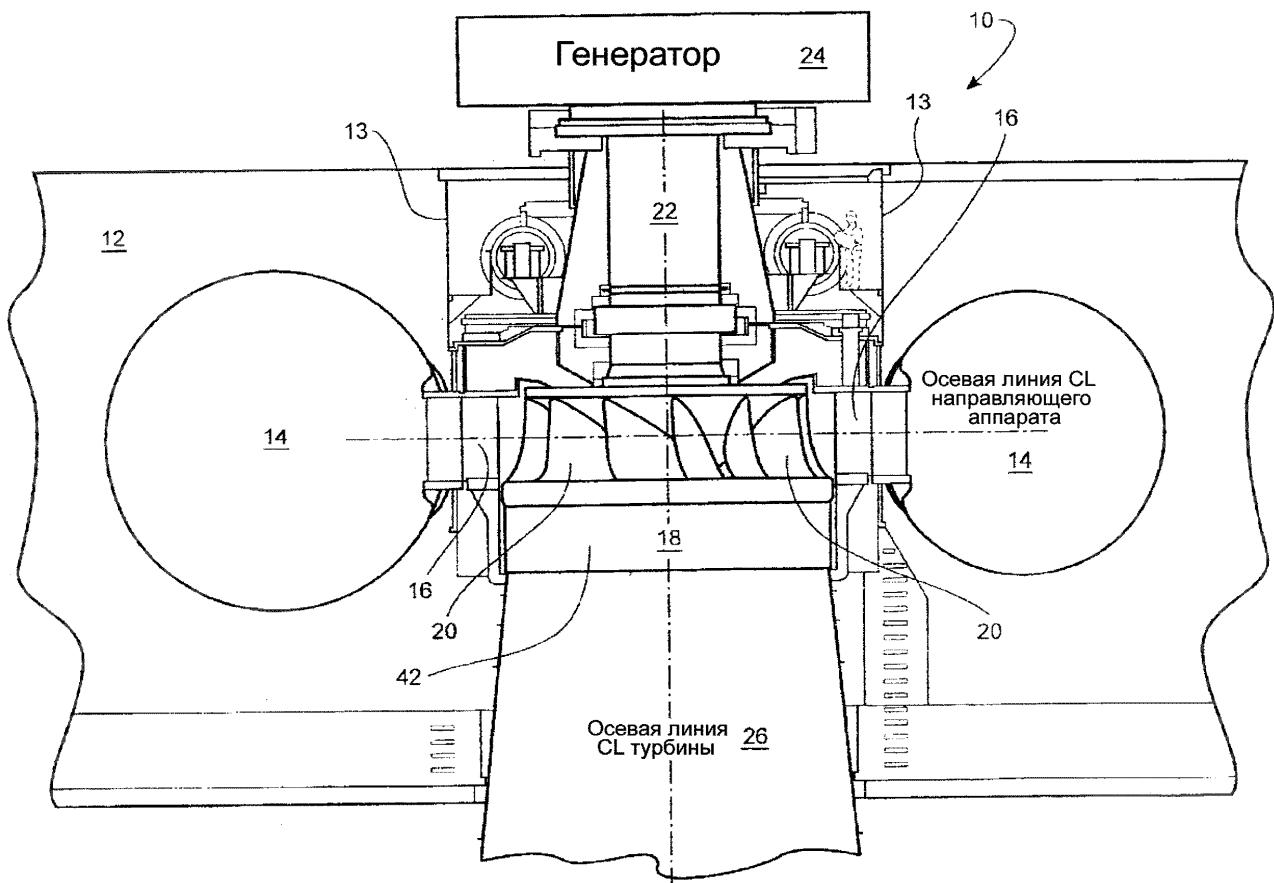
SUBSTANCE: vane 20 for runner 18 of the Francis turbine having the throat diameter (Dth) has a maximum thickness of at least 0.03 of the throat diameter (Dth). The leading edge has a maximum angle of inclination of at least 45 degrees at its lower edge. The angle of inclination is determined by the vertical line and the

leading edge.

EFFECT: group of inventions is aimed at the development of compact vanes having an improved performance in relation to the problems of cavitation and the efficiency of the turbine.

8 cl, 6 dwg

R U 2 6 2 9 8 4 9 C 2



Фиг.1

R U 2 6 2 9 8 4 9 C 2

## Уровень техники

Изобретение относится к форме лопатки для гидротурбины Френсиса и, в частности, к входному углу и толщине лопатки.

Турбина Френсиса является широко используемой водяной турбиной. Турбины

5 Френсиса являются подходящими для работы с высотой гидростатического напора, например, от десяти (10) метров до шестисот пятидесяти (650) метров. Такие турбины часто используются для приведения в действие генераторов для генерирования электроэнергии, например, в пределах 10-750 мегаватт. Примеры турбин Френсиса раскрыты в патентах США №№ 7198470, 7195460, 7195459, 7128534 и 6135716.

10 Справочный диаметр турбины Френсиса, например диаметр рабочего колеса, может составлять от 1 до 10 метров. Турбины могут работать с угловой скоростью вращения 30-1000 оборотов в минуту (оборот/мин). Турбины Френсиса большого и среднего размера предназначены для вращения относительно вертикального вала, тогда как турбины меньшего размера вращаются относительно горизонтального вала. Это общее 15 описание обычной турбины Френсиса предназначено для представления контекста описания формы лопатки, а не для ограничения объема изобретения.

Рабочее колесо является частью турбины Френсиса, которая содержит турбинные лопатки. Новое рабочее колесо может быть установлено при выполнении ремонта турбины Френсиса. Размеры нового рабочего колеса ограничены размерами камеры

20 для данного рабочего колеса. Новое рабочее колесо конструктивно исполнено для установки в корпус. Из-за ограничений данного корпуса конструкция нового рабочего колеса не может быть оптимальной для обеспечения максимального коэффициента полезного действия (КПД) и кавитационного режима турбины. В общем, рабочее колесо требует, например, большей компактности, при этом, чем меньше диаметр входного 25 отверстия рабочее колесо, тем оно является более оптимальным. Так как рабочее колесо является компактным, проблемы возникают относительно коэффициента полезного действия турбины (КПД) и такой ее характеристики, как, например, относящейся к кавитации. Эти проблемы требуют особого внимания там, где необходимо использование рабочего колеса в турбине Френсиса, работающей при большой высоте 30 гидростатического напора, например, более 100 метров.

Для данной высоты гидростатического напора, количество лопаток и выходной угол установленной лопатки относительно осевой линии направляющего аппарата (турбины), а также меньшие по размеру входные диаметры должны увеличивать общую нагрузку лопатки. Входной угол лопатки, таким образом, может обеспечивать уровни 35 критически низкого давления, приводящие либо к давлению, либо к кавитации на засасывающей стороне в зависимости от рабочего напора.

## Краткое описание изобретения

Предложен новый вариант турбины Френсиса и, в частности, новая форма лопатки для рабочего колеса турбины Френсиса. Новая лопатка является подходящей, например,

40 для компактного рабочего колеса, которое может быть использовано для замены существующего рабочего колеса. Компактное рабочее колесо может быть разработано для установки в существующий корпус и, ввиду ограничений, должно иметь компактные лопатки.

Компактные лопатки могут иметь уникальную форму входной части, которая имеет 45 улучшенную рабочую характеристику относительно проблем кавитации и коэффициента полезного действия (КПД) турбины. Например, может быть предложен входной угол наклона лопатки, например, более 45 градусов. Лопатка может иметь установленный выходной угол лопатки относительно осевой линии направляющего аппарата (турбины)

и заданный размер входного угла. Предложенный угол наклона способствует управлению кавитацией на засасывающей стороне, особенно на максимальных оборотах турбины. Предложенный наклон входной лопатки может быть от антивибрационной полки пера лопатки до середины лопатки относительно ступицы. Предложенный наклон входного угла лопатки предназначен для устранения кавитации, которая могла бы, в 5 противном случае, повредить поверхность входной области лопатки.

Лопатка может быть относительно тонкой, по сравнению с обычной лопаткой рабочего колеса в турбине Френсиса. Лопатка может быть относительно тонкой на 10 входном участке поверхности лопатки. Лопатка может быть относительно тонкой на высоте входной части рабочего колеса.

Лопатка разработана для рабочего колеса турбины Френсиса, причем с максимальной толщиной не менее 0,03 диаметра ( $D_{th}$ ) критического сечения рабочего колеса и с максимальным углом наклона не менее 45 градусов, что обеспечивает компактность лопатки и рабочего колеса. Компактное рабочее колесо может быть использовано для 15 переоснащения существующей турбины Френсиса в сборе посредством замены устаревшей модели рабочего колеса рабочим колесом, содержащим лопатки с высоким коэффициентом полезного действия (КПД), которые эффективно преобразуют водную энергию в механическую энергию и устраняют кавитацию на поверхностях лопаток.

Лопатка разработана для рабочего колеса турбины Френсиса с максимальной 20 толщиной не менее 0,03 диаметра ( $D_{th}$ ) критического сечения рабочего колеса и направляющей кромкой с максимальным углом наклона не менее 45 градусов, причем угол наклона определен вертикальной линией и направляющей кромкой. Лопатка может быть относительно короткой лопаткой по сравнению с лопаткой стандартных размеров для рабочего колеса турбины Френсиса. Входная кромка лопатки может 25 быть параллельной относительно вертикальной оси, а рабочее колесо вращается относительно вертикальной оси. Выходная кромка лопатки может быть обращена, в общем, в исходящем направлении.

Лопатка может быть расположена в кольцевом пакете из множества лопаток, 30 установленных в рабочем колесе, причем верхняя кромка каждой лопатки установлена относительно инвертированной конической части корпуса или ступицы рабочего колеса турбины. Каждая лопатка может иметь нижнюю боковую кромку, установленную относительно обода рабочего колеса.

Для замены рабочего колеса в турбине Френсиса разработан способ, включающий: демонтаж существующего рабочего колеса из камеры турбины Френсиса и установку 35 в камеру другого рабочего колеса, имеющего диаметр ( $D_{th}$ ) критического сечения и пакет лопаток, каждая из которых имеет максимальную толщину не менее 0,03 диаметра ( $D_{th}$ ) критического сечения и имеет направляющую кромку с максимальным углом наклона не менее 45 градусов, при этом угол наклона определен вертикальной линией и входной кромкой. Способ может исключить увеличение внутреннего диаметра камеры 40 и значительное изменение камеры для установки другого рабочего колеса.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 – схематичный вид сбоку узла гидротурбины Френсиса;

Фиг.2 и 3 - виды в перспективе обычных рабочих колес для турбин Френсиса;

Фиг.4 – вид в перспективе лопатки рабочего колеса для турбины Френсиса;

Фиг.5 - диаграмма контуров лопаток для сравнения обычной лопатки с компактной лопаткой; и

Фиг.6 - поперечное сечение примера компактной лопатки.

Подробное описание изобретения

Фиг. 1 является видом сбоку обычного узла 10 гидротурбины Френсиса. Узел может быть установлен в дамбе 12, например, на 10-650 метров ниже поверхности водного источника за дамбой. Кольцевой корпус 13 выполнен внутри стенки дамбы. Корпус может содержать камеру в пределах дамбы и монтажные опоры для установки и опоры

5 узла турбины.

Водоводы проходят сквозь дамбу к спиральному водоводу 14, который охватывает турбинный узел. Вода из спиральной камеры поступает радиально внутрь в кольцевой направляющий аппарат 16 турбины и затем на рабочее колесо 18. Рабочее колесо содержит пакет из множества лопаток 20. Поступающая на лопатки вода приводит в

10 действие и вращает рабочее колесо. Рабочее колесо приводит в действие вертикальный вал 22, который соединен с генератором 24 электроэнергии. Вода из рабочего колеса может поступать потоком вниз по водовыпуску 26, по которому происходит выпуск воды ниже турбинного узла и вниз по течению от дамбы.

Направляющий аппарат 16 может содержать один или множество кольцевых пакетов

15 направляющих лопаток. По меньшей мере один из кольцевых пакетов может быть регулируемым направляющим аппаратом, в котором угол направляющих лопаток относительно потока воды может быть изменен. Как правило, регулируемые направляющие лопатки находятся в составе глубоко расположенного пакета и непосредственно выше по течению от рабочего колеса.

20 В вертикально ориентированной гидротурбине Френсиса турбина может иметь вертикальную осевую линию (CL турбины), расположенную на одной прямой с валом 26, и горизонтальную осевую линию (CL направляющего аппарата), расположенную на одной линии с направляющим аппаратом. Если гидротурбина Френсиса может быть ориентирована горизонтально, то осевая линия, расположенная на одной линии с валом,

25 является горизонтальной, а осевая линия, расположенная на одной линии с направляющим аппаратом, может быть вертикальной.

На фиг. 2 и 3 показаны обычные рабочие колеса 28 и 30, которые также раскрыты в патенте США № 6135716. Рабочее колесо 28, показанное на фиг. 2, содержит корпус или ступицу 32 рабочего колеса, который может быть круглым в поперечном сечении

30 и с инвертированной конической поверхностью, обращенной к верхним кромкам турбинных лопаток 34. Коническая поверхность образует верхнюю опорную

35 поверхность для турбинных лопаток 34. Входные кромки 35 лопаток могут быть расположены на одной линии с радиальной внешней периферией рабочего колеса, и каждая лопатка может быть, в общем, параллельна осевой линии вала турбины. Входные кромки 35 лопаток 34 могут быть ориентированы так, чтобы у них был входной угол

36 относительно направления (R) вращения рабочего колеса и относительно горизонтальной плоскости. Нижняя часть рабочего колеса может быть определена кольцом 38, которое проходит по периферии выходных кромок 40 лопаток.

Коническая секция 42 рабочего колеса может содержать обод (см. фиг. 1), который

40 окружает часть внешних кромок лопаток. Коническая секция может быть расположена между кольцом 38 и нижним углом входных 35 лопаток.

Рабочее колесо 30, показанное на фиг. 3, также содержит корпус или ступицу 32 рабочего колеса, который служит опорой для кольцевого пакета лопаток 44. Рабочее колесо, показанное на фиг. 3, отличается от рабочего колеса 28, показанного на фиг.

45 2, и показано снизу вверх относительно показанного на фиг. 2.

Входные кромки 46 лопаток 44 рабочего колеса 30 могут содержать входной угол

48, который находится в противоположном направлении от угла 36 рабочего колеса 28. Задняя (сбегающая) кромка 50 лопатки может иметь кривизну, проходящую от

радиально направленного наружу заостренного конца 52, и в радиальных направлениях внутрь и вверх к периметру 54, образуемому частями лопаток в радиальном направлении внутрь.

Рабочее колесо турбины Френсиса может быть конструктивно исполненным для установки в существующий кольцевой корпус в электростанции. Камера для рабочего колеса, установленного в корпусе, может быть меньше, например, с меньшим диаметром, чем можно обеспечить для усовершенствованного рабочего колеса, содержащего весьма эффективные лопатки. Возможно, не является целесообразным расширять камеру для установки большего рабочего колеса, например с более широким диаметром.

Фиг.4 является видом в перспективе компактной лопатки 60 для относительно небольшого рабочего колеса. Компактная лопатка является подходящей для компактного рабочего колеса, предназначенного для установки в относительно небольшой камере в электростанции. Компактная лопатка 60 содержит входную кромку 62 и выходную кромку 64. Верхняя кромка 66 лопатки может примыкать к нижней поверхности ступицы или корпуса рабочего колеса. Боковая кромка 68 лопатки может примыкать к конической внутренней поверхности обода рабочего колеса. Кольцевой пакет лопаток 60 установлен в рабочем колесе таким образом, чтобы корпус или ступица служили верхними концами лопаток, обод проходил вокруг нижнего бокового участка лопаток, а нижнее кольцо рабочего колеса могло быть определено нижним углом 70 каждой из лопаток.

Входная кромка 62 может быть ориентирована так, чтобы быть в основном параллельной оси вала рабочего колеса. Входная кромка, в общем, может иметь значительную кривизну относительно вертикального направления, как показано на фиг.4. Входная кромка может образовывать угол ( $\theta$ ) 72 наклона, который является относительно большим, например, равным или превышающим 45 градусов ( $45^\circ$ ). Как показано на фиг.4, угол 72 наклона на нижней кромке 74 выполнен относительно входной кромки 62. На верхней кромке 76 входной кромки 62, угол наклона может быть относительно небольшим, например, менее десяти градусов ( $10^\circ$ ) или ноль градусов ( $0^\circ$ ). Максимально возможный угол наклона лопатки обеспечивает, например, компактность лопатки, и длину меньше, чем без максимального угла наклона.

Фиг.5 является диаграммой для сравнения входной кромки 80 компактной лопатки относительно входной кромки 82, относящейся к некомпактной лопатке. Входная кромка 82 некомпактной лопатки проходит в радиальном направлении наружу дальше, чем входная кромка 80 компактной лопатки. Соответственно, диаметр (D1) рабочего колеса с компактной лопаткой является более узким, чем диаметр (D2). Обе лопатки имеют аналогичные профили их выходных кромок 84, верхние кромки 86, которые примыкают к инвертированной конической поверхности 88 ступицы или корпуса рабочего колеса, и боковые кромки 90, которые примыкают к внутренней поверхности 92 рабочего колеса. Диаметр (Dth) критического сечения может быть диаметром внутренней поверхности 92 обода и обычно определяет самый узкий водяной канал для прохода через рабочее колесо. Фиг.5 также иллюстрирует ориентацию лопаток относительно горизонтальной осевой линии направляющего аппарата (CL направляющего аппарата) и вертикальной осевой линии оси вращения рабочего колеса (CL турбины).

Фиг.6 является схематическим видом компактной лопатки 96, показанной в поперечном сечении. Лопатка может иметь такую же форму и размеры, как у лопатки, показанной на фиг.4. Толщина (t) лопатки около входной кромки 98 является относительно небольшой по сравнению с обычными лопатками для рабочего колеса

турбин Френсиса. Толщина ( $t$ ) является самой толстой частью лопатки. Толщина лопатки может быть равной или меньше чем три процента (3%) диаметра критического сечения (0,03 Dth).

Лопатка для рабочего колеса турбины Френсиса с максимальной толщиной не менее

5 0,03 диаметра (Dth) критического сечения и максимальным углом наклона не менее 45 градусов обеспечивает компактность рабочего колеса. Компактное рабочее колесо может быть использовано для переоснащения существующего турбинного агрегата Френсиса посредством замены устаревшей модели рабочего колеса рабочим колесом с лопатками с большим КПД, которые эффективно преобразовывают водную энергию

10 в механическую энергию и устраняют кавитацию на поверхностях лопаток.

Способ замены рабочего колеса в турбине Френсиса включает: демонтаж установленного рабочего колеса из камеры для турбины Френсиса и установку в камеру другого рабочего колеса, имеющего определенный диаметр (Dth) критического сечения и имеющего множество лопаток, каждая из которых имеет максимальную толщину не

15 менее 0,03 диаметра (Dth) критического сечения и входную кромку с максимальным углом наклона не менее 45 градусов, причем угол наклона определен вертикальной линией и входной кромкой. Способ может быть осуществлен без увеличения внутреннего диаметра для существенного изменения камеры для размещения другого рабочего колеса.

20 Несмотря на то, что изобретение описано со ссылкой на наиболее практичный и предпочтительный, как предполагается, вариант осуществления, следует понимать, что данное изобретение не должно ограничиваться раскрытым вариантом осуществления, и напротив, предназначено охватывать различные модификации и эквивалентные устройства в пределах сущности и объема прилагаемой формулы

25 изобретения.

### (57) Формула изобретения

1. Лопатка для рабочего колеса турбины Френсиса, имеющего диаметр (Dth) критического сечения, причем лопатка имеет:

30 максимальную толщину не менее 0,03 диаметра (Dth) критического сечения, при этом входная кромка имеет максимальный угол наклона не менее 45 градусов на своей нижней кромке, причем угол наклона определен вертикальной линией и входной кромкой.

35 2. Лопатка по п. 1, в которой нижняя кромка входной кромки является параллельной вертикальной оси, и рабочее колесо вращается относительно вертикальной оси.

3. Лопатка по п. 1, имеющая выходную кромку, обращенную, в общем, в направлении вниз.

40 4. Лопатка по п. 1, расположенная в кольцевом пакете лопаток, установленных на рабочем колесе, причем верхняя кромка каждой лопатки прикреплена к инвертированной конической части корпуса или ступицы рабочего колеса.

5. Лопатка по п. 4, каждая из которых имеет нижнюю боковую кромку, прикрепленную к ободу рабочего колеса.

45 6. Способ замены рабочего колеса в турбине Френсиса, при котором: демонтируют существующее рабочее колесо из камеры для турбины Френсиса и устанавливают другое рабочее колесо в камеру, причем другое рабочее колесо имеет диаметр (Dth) критического сечения и пакет лопаток, каждая из которых имеет максимальную толщину не менее 0,03 диаметра (Dth) критического сечения и имеет входную кромку, имеющую максимальный угол наклона не менее 45 градусов на своей

нижней кромке, при этом угол наклона определен вертикальной линией и входной кромкой.

7. Способ по п. 6, при котором дополнительно устраняют увеличение внутреннего диаметра камеры во время этапов демонтажа и установки.

<sup>5</sup> 8. Способ по п. 6, при котором, по существу, не изменяют размеры камеры для демонтажа существующего рабочего колеса или установки другого рабочего колеса.

10

15

20

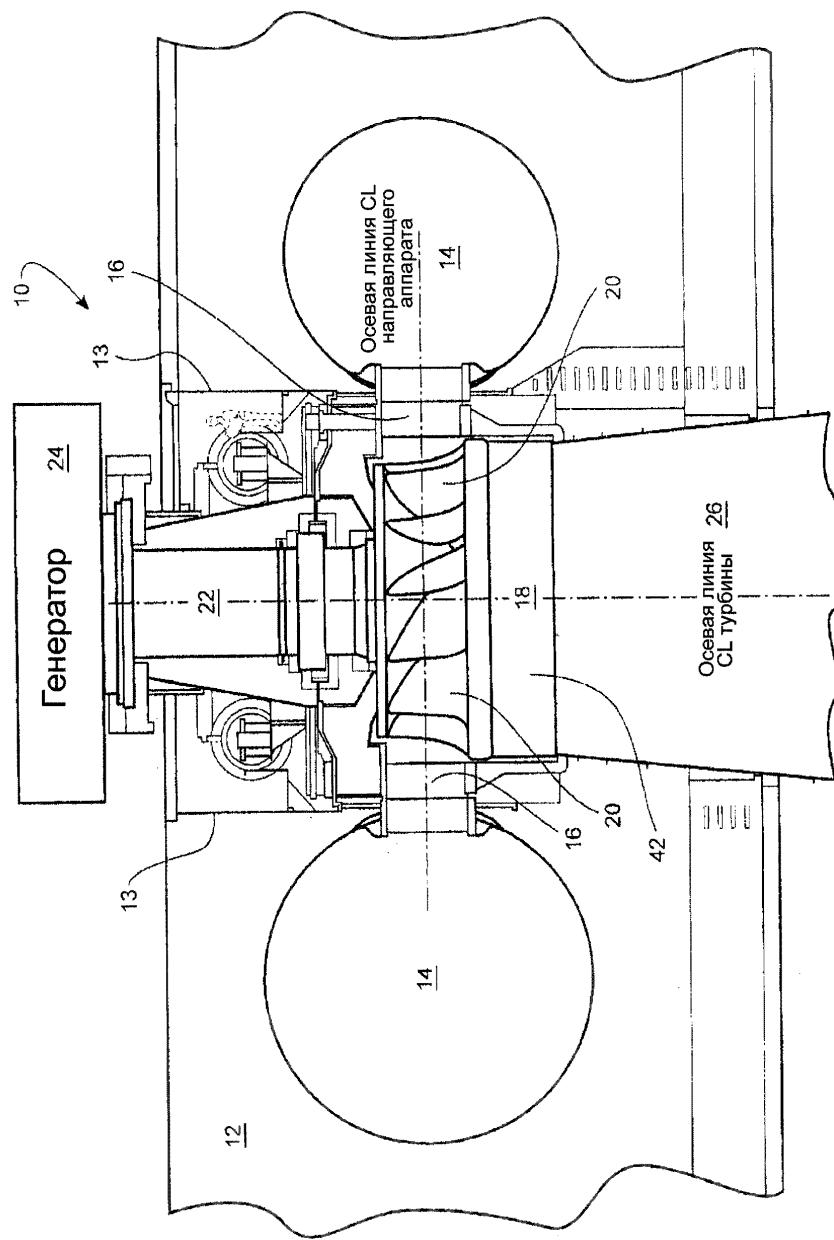
25

30

35

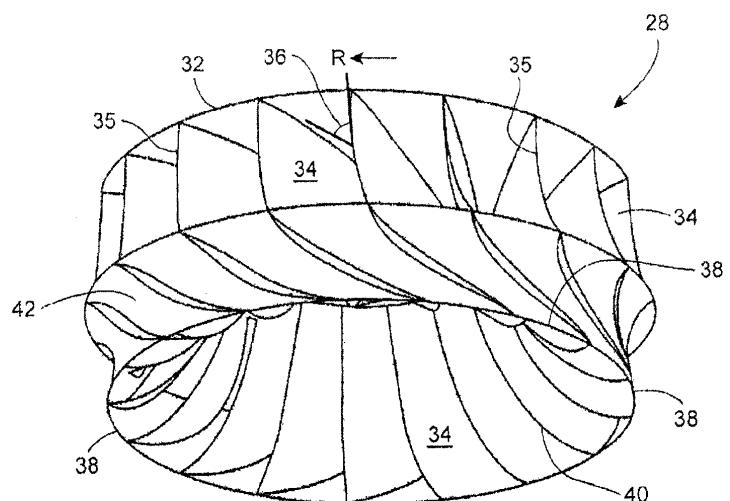
40

45

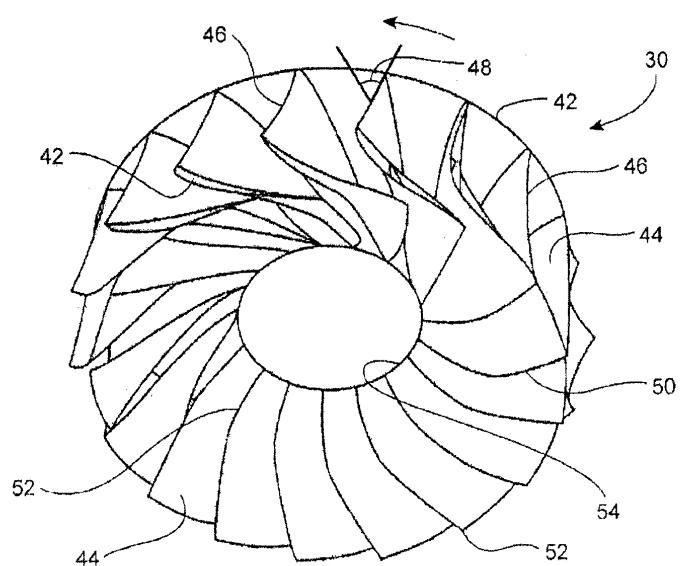


Фиг.1

2/4

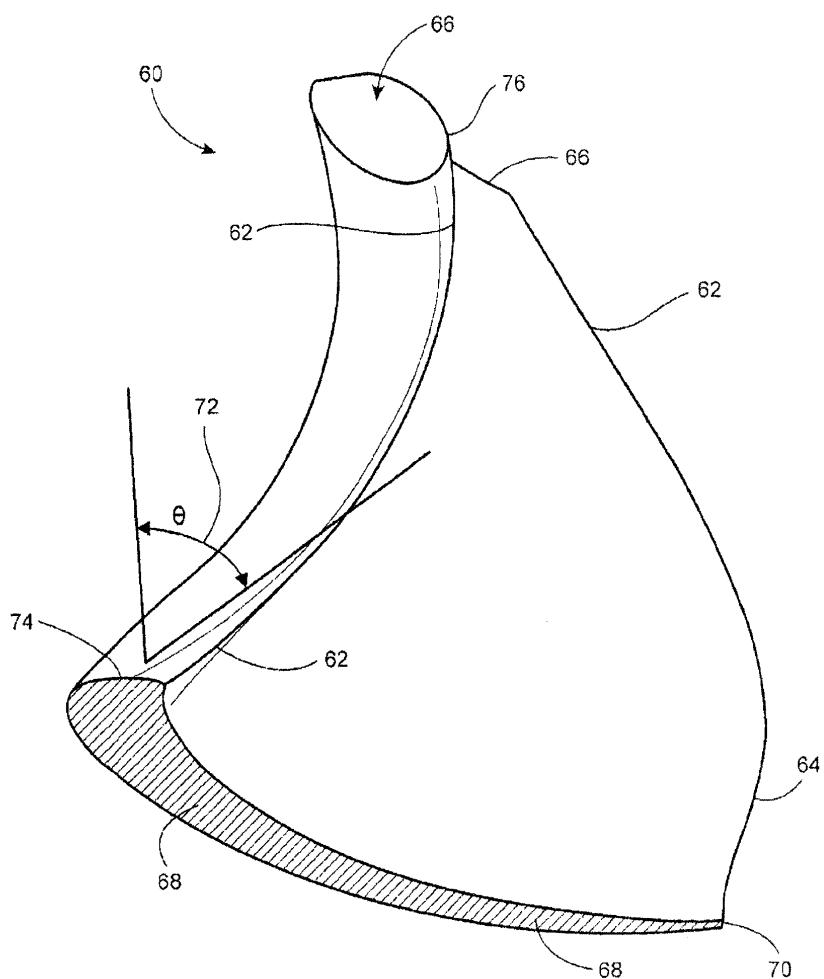


**Фиг.2**  
(Уровень техники)



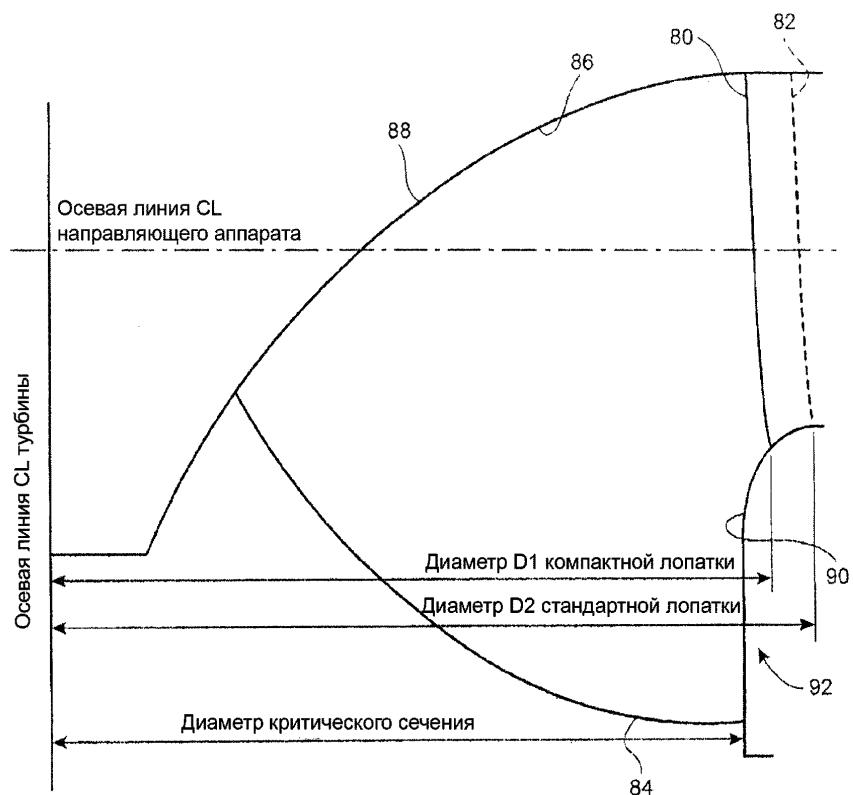
**Фиг.3**  
(Уровень техники)

3/4

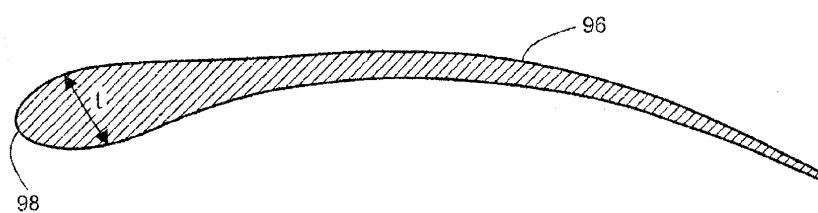


Фиг.4

4/4



Фиг.5



Фиг.6