



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F01D 11/08 (2022.08); F01D 25/32 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2021126245, 07.09.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.09.2021

Дата регистрации:
29.11.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.09.2021

(45) Опубликовано: 29.11.2022 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

450055, Рес. Башкортостан, г. Уфа, ул. Шота
Руставели, 49, а/я 20, Таминдаров Дамир
Рамилович

(72) Автор(ы):

Лисянский Александр Степанович (RU),
Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
Галиакбаров Руслан Фанилевич (RU),
Большаков Борис Олегович (RU),
Мингажев Аскар Джамилевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ООО НТЦ "Уралавиаспецтехнология",
(RU)

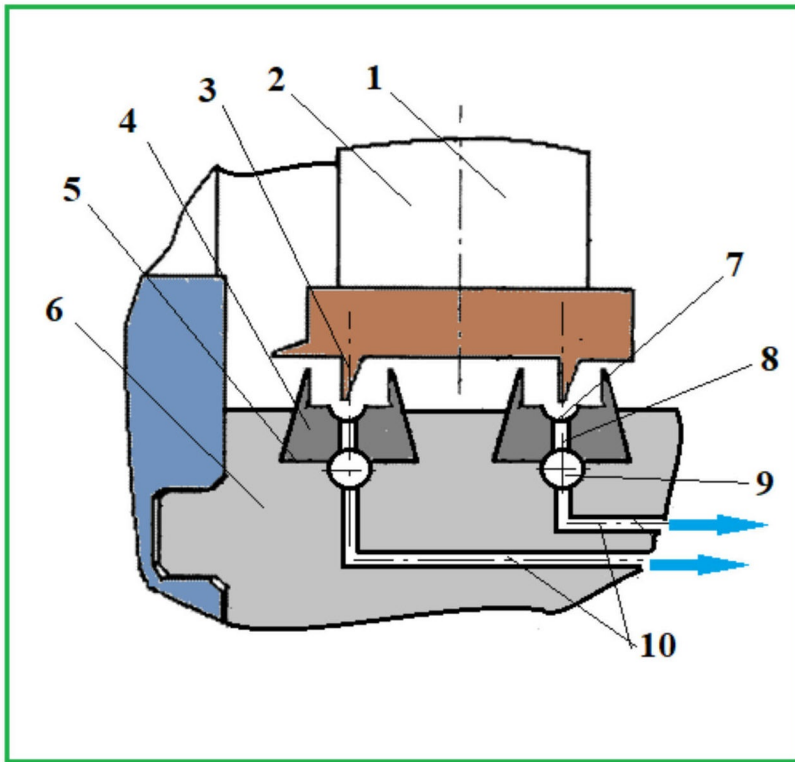
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 4157880 A, 12.06.1979. US 5161942
A, 10.11.1992. CN 111396148 A, 10.07.2020. RU
2447294 C2, 10.04.2012. SU 994786 A1, 07.02.1983.

(54) Способ удаления влаги из периферийной зоны паровой турбины и лабиринтовое надбандажное уплотнение для ступеней паровых турбин работающих в среде влажного пара

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам и устройствам, сочетающим в себе функции влагоудаления и уплотнения паровых турбин, ограничивающим перетекание пара через зазоры между бандажом рабочих лопаток и статором турбины, а именно, к лабиринтным надбандажным уплотнениям паровых турбин с влагоотводящим устройством и может быть использовано, например, в турбинах, рабочая ступень которых работает в среде влажного пара. Способ включает обеспечение отвода влаги, накапливающейся через систему сквозных отверстий и/или щелей, соединенных с каналами в статоре турбины, и через каналы с областью пониженного давления пара. При этом в качестве системы сквозных отверстий и/или щелей используют радиальные отверстия и/или щели расположенные в кольцевой проточке на рабочей поверхности сегментов надбандажного

уплотнения. Лабиринтовое надбандажное уплотнение выполнено с возможностью сбора в ней пленочной влаги, с использованием кольцевой проточки, с равномерно расположенными по радиальными отверстиями, соединяющими в единую систему полостей проточку с кольцевым коллектором. Технический результат заключается в повышении эффективности влагоудаления при работе паровой турбины в условиях повышенной влажности перед направляющими лопатками последних ступеней паровой турбины, что обеспечивает повышение КПД ступени и в целом КПД паровой турбины. Повышение эффективности влагоудаления также обеспечивает снижение опасности повышенной эрозии элементов проточной части, и в первую очередь - рабочих лопаток. 2 н.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг.1

RU 2784635 C1

RU 2784635 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F01D 11/08 (2022.08); F01D 25/32 (2022.08)

(21)(22) Application: **2021126245, 07.09.2021**

(24) Effective date for property rights:
07.09.2021

Registration date:
29.11.2022

Priority:
(22) Date of filing: **07.09.2021**

(45) Date of publication: **29.11.2022 Bull. № 34**

Mail address:
**450055, Res. Bashkortostan, g. Ufa, ul. Shota
Rustaveli, 49, a/ya 20, Tamindarov Damir
Ramilevich**

(72) Inventor(s):
**Lisianskii Aleksandr Stepanovich (RU),
Smyslov Anatolii Mikhailovich (RU),
Galiakbarov Ruslan Fanilevich (RU),
Bolshakov Boris Olegovich (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**OOO NTC "Uralaviaspetstekhnologiya",
(RU)**

(54) **METHOD FOR REMOVAL OF MOISTURE FROM PERIPHERAL ZONE OF STEAM TURBINE AND LABYRINTH SHROUD SEAL FOR STAGES OF STEAM TURBINES OPERATING IN WET STEAM MEDIUM**

(57) Abstract:

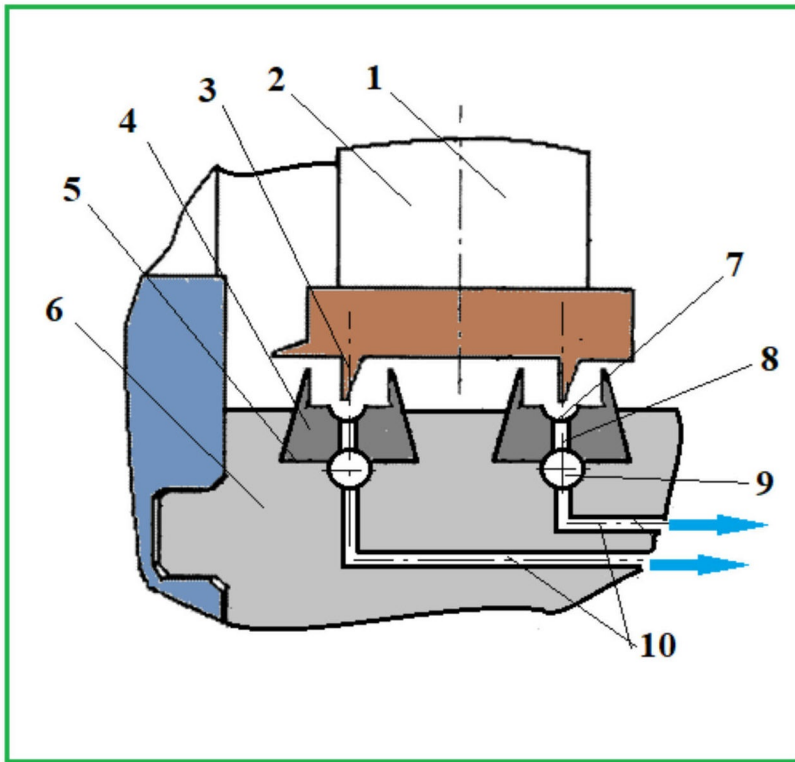
FIELD: steam turbines.

SUBSTANCE: invention relates to methods and devices combining functions of moisture removal and sealing of steam turbines, limiting steam flowing through gaps between shroud of working blades and a turbine stator, namely, to labyrinth shroud seals of steam turbines with a moisture-removing device; it can be used, for example, in turbines, a working stage of which operates in a wet steam medium. The method includes provision of removal of moisture accumulated through a system of through holes and/or slits connected to channels in the turbine stator and, through channels, to an area of reduced steam pressure. At the same time, as the system of through holes and/or slits, radial holes and/or slits are used, located in an annular groove on a

working surface of segments of a shroud seal. The labyrinth shroud seal is made with the possibility of collection in it of film moisture, using the annular groove, with evenly located radial holes connecting the groove to an annular collector into a single system.

EFFECT: increase in the efficiency during the operation of a steam turbine under conditions of increased moisture content before guiding blades of last stages of the steam turbine, which provides increase in the performance of a stage and the performance of the steam turbine in general; increase in the efficiency of moisture removal also provides reduction in danger of increased erosion of flow part elements, first of all, working blades.

2 cl, 1 dwg



Фиг.1

RU 2784635 C1

RU 2784635 C1

Изобретение относится к способам и устройствам, сочетающим в себе функции влагоудаления и уплотнения паровых турбин, ограничивающим перетекание пара через зазоры между банджом рабочих лопаток и статором турбины, а именно, к лабиринтным надбандажным уплотнениям паровых турбин с влагоотводящим устройством и может
5 быть использовано, например, в турбинах, рабочая ступень которых работает в среде влажного пара.

В паровых турбинах для уплотнения зазоров между банджом рабочих лопаток и статорными деталями корпуса турбины применяют различные типы надбандажных уплотнений (Тепловые и атомные электрические станции, Справочник под общей
10 редакцией В.А. Григорьева и В.М. Зорина, 2-е издание, книга 3, М.: Энергоатомиздат, 1989 г., с. 206...208). Радиальные зазоры в таких уплотнениях назначаются исходя из того, чтобы исключить касание уплотнительных гребешков об ответную уплотняющую поверхность, однако, в процессе эксплуатации существует вероятность возникновения таких касаний, что может привести к снижению эффективности уплотнения.

Известен способ удаления влаги из каналов направляющего аппарата, влажно-паровой турбинной ступени, включающий нагрев поверхности направляющих лопаток горячим паром или маслом, проходящим через полости в теле лопаток, или с помощью электрообогрева. Величину превышения нагрева поверхности лопаток над температурой насыщения обтекающего ее пара - температурный напор, выбирают в диапазоне 10-
20 93°C (Патент Великобритании №1401176, МПК F 01 D 5/8, 5/28, 9/02, М.Аkhtar, Steam turbine installation).

Однако известный способ удаления влаги (Патент Великобритании №1401176) требует значительных затрат энергии на нагрев поверхности, необходимость нагрева поверхности направляющих лопаток требует большого расхода греющего пара высокой
25 температуры, что снижает экономичность турбины.

Известны способ и устройство паровой турбины, использующая аэродинамические профили для удаления влаги из потока пара (пат США № 7422415 Airfoil and method for moisture removal and steam injection / General Electric Company / 2008). Аэродинамический профиль и периферийная стенка, образуют набегающий и сбегающий края
30 аэродинамических профилей, вогнутую и выпуклую боковые поверхности, канал отбора влаги, проходящий вдоль части длины аэродинамического профиля и имеющий, по меньшей мере, одно входное отверстие, сообщающееся по потоку с путем пара, проходящим ряд аэродинамических профилей и между соседними аэродинамическими профилями, и, по меньшей мере, один канал впуска, проходящий вдоль части длины
35 аэродинамического профиля по оси ниже по потоку, по меньшей мере, одного канала отбора влаги и имеющий, по меньшей мере, одно выходное отверстие для впуска пара в путь пара. Кроме того, турбина содержит диафрагму, состоящую из внутреннего кольца, внешнего кольца и аэродинамических профилей, проходящих между ними, причем во внешнем кольце выполнена наружная полость диафрагмы, представляющая
40 собой полость разделения пара/влаги, в которую поступает влага и пар, отбираемые через канал отбора влаги, и которая сообщается по потоку с каналом впуска пара для повторного впуска пара, отделенного в полости, в путь пара.

Недостатком известного технического решения (пат США № 7422415) является наличие сквозных щелей по всей высоте профиля лопатки, что приводит к значительной
45 потере пара, отбираемого вместе с влагой через щели на пере лопатки.

Известен также способ удаления влаги и неподвижная лопатка паровой турбины полой конструкции для его осуществления (пат США № 9,745,866 Moisture separator unit for steam turbine and steam-turbine stationary blade/Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd./

2017). Лопатка паровой турбины снабжена прорезью, расположенной на ее поверхности. Давление в полости неподвижного лезвия уменьшается для всасывания жидкой пленки через щель для удаления жидкой пленки, образовавшейся на поверхности неподвижного лезвия. Открывающаяся часть щели покрыта листом в виде сетки, образованной мелкой сеткой, тем самым уменьшая количество сопутствующего пара, чтобы эффективно удалить пленку жидкости.

Известны также способ удаления влаги и лопатка для осуществления способа. Лопатки выполненные с каналами отбора влаги и впуска пара, сообщающимися со сквозными прорезями отбора влаги и впуска пара (патент РФ № 2614316. МПК F01D 5/28, F01D 25/32, F01D 9/02, Последняя ступень паровой турбины. Бюл. № 9. 2017 г.). Лопатки разделены на две группы: одну группу лопаток, расположенных в нижней части диафрагмы и наиболее удаленных от разъема, входящую в сектор сопловой решетки с центральным углом 120-180°, и другую группу остальных лопаток. Кольцевая камера в ободке каждой части диафрагмы герметично разделена на камеру впуска пара и камеру отбора влаги. К камере впуска пара присоединены пароприемные коробки с трубами подвода пара, в которых установлены дроссельные регуляторы давления, а камера отбора влаги сообщается с отверстиями в ободке, в которых установлены дроссельные элементы. В теле диафрагмы выполнены влагоприемные пазы.

Приведенные выше устройства для удаления влаги основаны на отборе пленки влаги с поверхностей лопасти через прорези за счет перепада давления между путем пара и внутренним пространством полый лопасти. Влага, собравшаяся в кольцах диафрагмы стекает в конденсатор.

Таким образом, известные устройства реализуются за счет обеспечения полый конструкции диафрагмы с прорезями на всасывающей стороне аэродинамического профиля, соединенными с системой удаления влаги.

Однако в известных технических решениях удаление влаги может эффективно работать только при значительном перепаде давления, при удалении относительно большого количества пара в конденсатор, что приводит к снижению КПД паровой турбины.

Другим недостатком известных технических решений является отсутствие отверстий или щелей отбора влаги в периферийной части направляющего аппарата, где собирается влага.

При этом одной из проблемных зон периферийной части являются зоны надбандажных уплотнений, где, в том числе в силу действия центробежных сил происходит накопление конденсирующейся из пара влаги.

Задачей предлагаемого способа удаления влаги является снижение воздействий влаги на экономичность ступеней и эрозионный износ рабочих лопаток последних ступеней мощных паровых турбин за счет обеспечения периферийного влагоудаления из зоны над бандажного уплотнения.

Технический результат, на достижение которого направлено заявляемое изобретение, заключается в повышении эффективности влагоудаления при работе паровой турбины в условиях повышенной влажности перед направляющими лопатками последних ступеней паровой турбины, что обеспечивает повышение КПД ступени и в целом КПД паровой турбины. Повышение эффективности влагоудаления также обеспечивает снижение опасности повышенной эрозии элементов проточной части, и в первую очередь - рабочих лопаток.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа способа является способ удаления влаги из периферийной зоны паровой турбины, включающий

обеспечение отвода, накапливающейся влаги через систему сквозных отверстий и/или щелей, соединенных с каналами в статоре турбины, и через каналы с областью пониженного давления пара (А.С. СССР № 994786, F 01 D 25/32, Влажно паровая турбина, 1983). Однако известный способ влагоудаления приводит к снижению

5 надежности и экономичности турбины.

Задачей предлагаемого способа удаления влаги является снижение воздействий влаги на экономичность ступеней и эрозионный износ рабочих лопаток последних ступеней мощных паровых турбин за счет обеспечения периферийного влагоудаления из зоны над бандажного уплотнения.

10 Технический результат, на достижение которого направлено заявляемый способ, заключается в повышении эффективности влагоудаления из периферийной зоны рабочих ступеней, что обеспечивает повышение КПД ступени и в целом КПД паровой турбины. Повышение эффективности влагоудаления также обеспечивает снижение опасности

15 повышенной эрозии элементов проточной части, и в первую очередь - рабочих лопаток. Технический результат достигается за счет того, что в способе удаления влаги из периферийной зоны рабочих ступеней паровой турбины, включающим обеспечение отвода накапливающейся влаги через систему сквозных отверстий и/или щелей, соединенных с каналами в статоре турбины, и через каналы с областью пониженного

20 щелей используют радиальные отверстия и/или щели расположенные в кольцевой проточке на рабочей поверхности сегментов надбандажного уплотнения. Одной из проблемных зон периферийной части являются зоны надбандажных уплотнений, где происходит накопление конденсирующейся из пара влаги. В то же время, известные уплотнения не обеспечивают удаления влаги в этой зоне. (А.С. СССР

25 № 994786). Известно прирабатываемое уплотнение турбомашин [патент США №4291089 /Composite powders sprayable to form abradable seal coatings/ 1981; патент США № 6808756. Thermal spray composition and method of deposition for abradable seals. 2004], получаемое методом газотермического напыления порошкового материала. При этом уплотнение

30 формируется в виде покрытия, которое наносится непосредственно на кольцевой элемент корпуса турбомашин в зону уплотнения между корпусом и лопаткой. Недостатком известного уплотнения является невозможность одновременного обеспечения высокой прирабатываемости и износостойкости покрытия.

Известно также прирабатываемое уплотнение турбомашин [патент США №4936745. Thin abradable ceramic air seal/ 1990], выполненное в виде высокопористого керамического

35 слоя с пористостью от 20 до 35 объемных %.

Недостатком известного уплотнения является его низкая эрозионная стойкость и прочность.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа является

40 лабиринтовое надбандажное уплотнение для ступеней паровых турбин работающих, в том числе, в среде влажного пара, содержащее уплотнительные гребешки ротора турбины, П-образные сегменты уплотнения, установленные в V-образные кольцевые пазы статора турбины, имеющего горизонтальный разъем [патент РФ № 2499143. МПК F01D 11/08. Надбандажное прирабатываемое уплотнение для паровой турбины/ опубл.

45 бюл № 32. 2013 г.].

Недостатком прототипа является то, что он не позволяет отводить влагу из области уплотнения, что снижает эффективность работы паровой турбины.

В то же время, согласно задаче предлагаемого технического решения является

создание такого лабиринтового надбандажного уплотнения для ступеней паровых турбин работающих, в среде влажного пара, которые совмещали бы в себе как функции уплотнения и влагоудаления.

В процессе работы турбины, в зоне уплотнения зазоров между бандажом рабочих лопаток и статорными деталями корпуса турбины происходит накопление влаги. При этом одной из основных технических проблем снижения КПД и эрозионного износа элементов проточных частей турбин является наличие влаги, содержащейся в паре. Капли влаги в паровом потоке, имеют размеры до нескольких сотен микрон. Скорости и направления движения образовавшихся капель отличаются от направлений и скоростей парового потока, что приводит к потерям энергии, связанным с торможением каплями рабочих лопаток. Инерция не позволяет всем каплям воды перемещаться с потоком пара. Вследствие чего капли воды сталкиваются со спинкой вращающейся рабочей лопатки. При столкновении каплей воды со спинкой рабочей лопатки турбины возникает сила торможения, противодействующая вращению рабочих лопаток и снижается КПД турбины. В последних ступенях паровых турбин происходит интенсивный эрозионный износ входных кромок рабочих лопаток, что снижает ее экономическую эффективность и надежность эксплуатации.

Задачей настоящего технического решения является снижение воздействий влаги на экономичность ступеней и эрозионный износ рабочих лопаток последних ступеней мощных паровых турбин за счет обеспечения периферийного влагоудаления из зоны надбандажного уплотнения.

Технический результат, на достижение которого направлено заявляемое изобретение, заключается в повышении эффективности влагоудаления при работе паровой турбины, что обеспечивает повышение КПД паровой турбины. Повышение эффективности влагоудаления также обеспечивает снижение эрозии элементов проточной части, и в первую очередь - рабочих лопаток.

Технический результат достигается за счет того, что лабиринтовое надбандажное уплотнение для ступеней паровых турбин работающих, в том числе, в среде влажного пара, содержащее уплотнительные гребешки ротора турбины, П-образные сегменты уплотнения, установленные в V-образные кольцевые пазы статора турбины, имеющего горизонтальный разъем, в отличие от прототипа, на внутренней поверхности сегментов уплотнения, установленных напротив уплотнительных гребешков ротора турбины имеется кольцевая проточка, выполненная с возможностью сбора в ней пленочной влаги, причем в упомянутой кольцевой проточке выполнены, с возможностью удаления упомянутой влаги, равномерно расположенные по длине сегментов уплотнения радиальные отверстия, соединяющие в единую систему полостей упомянутую кольцевую проточку с кольцевым коллектором, расположенным с противоположной стороны упомянутой кольцевой проточки и образованным кольцевыми канавками, выполненными на наружной поверхности сегментов уплотнения и на внутренней поверхности паза статора турбины и соединенным через каналы в полости статора турбины с областью пониженного давления пара.

Кроме того, в лабиринтном надбандажном уплотнении уплотняющие вставки могут быть выполнены из адгезионно соединенных между собой в монолитный материал частиц прирабатываемого порошкового материала, имеют в поперечном сечении V-образную форму, соответствующую по размерам и форме V-образным кольцевым пазам статора турбины, а в качестве прирабатываемого порошкового материала используют материал состава, в вес. %: Cr - от 10,0 до 18,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe или Ti или Cu или их комбинации - остальное или материал состава, в вес. %: Cr - от 18% до

34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Ni - остальное или материал состава, в вес. %: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Co - от 16% до 30%; Ni - остальное, с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм в механической смеси с порошковым, с размерами частиц порошка менее 1 мкм, гексагональным нитридом бора - BN в количестве от 1,0% до 1,5% от общего объема смеси и фторидом кальция - CaF₂, с размерами частиц порошка от 1 мкм до 25 мкм, в количестве от 6,0% до 8,0% от общего объема материала уплотнения.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется графическими материалами. На фиг. представлена зона надбандажного лабиринтового уплотнения с влагоотводящей системой. Фигура (фиг.) содержит:

Фигура содержит: 1 - ротор турбины; 2 - рабочая лопатка; 3 - кольцевые гребешки на бандаже рабочих лопаток; 4 - сегменты уплотнения; 5 - кольцевой паз; 6 - статор турбины; 7 - кольцевая проточка в сегменте уплотнения; 8 - радиальные отверстия (щели) в сегменте уплотнения; 9 - коллектор; 10 - отводящие каналы. (Стрелками обозначены направления отбора влаги).

Система дренажей состоит из:

- специальных кольцевых проточек 7 (фиг.) выполненных в середине в сегменте уплотнения 4 (надбандажных композитных вставок);
- радиальных отверстий (щелей) 8 в сегменте уплотнения 4 (композитных вставках), соединяющих проточки 7 с коллекторами 9;
- коллекторов 9, в которых собирается пленочная влага, поступающая из проточек 7;
- отводящих каналов 10, через которые влага из коллекторов 9 отводится в отборы, имеющие давление среды меньшее, чем зоне проточек 7.

Система дренажей работает следующим образом (фиг.). Пленочная влага, образованная в надбандажном зазоре, скапливается в проточках 7 и через ряд отверстий 8 направляется в коллекторы 9, откуда через отводящие каналы 10 сбрасывается в патрубки отбора пара на регенерацию, т.е. в область давления пара в которой ниже, чем в проточках 7 откуда удаляется влага.

Величины геометрических размеров элементов дренажной системы рассчитываются для каждой ступени отдельно с учетом параметров пара и количества пленочной влаги.

Таким образом, придание надбандажному уплотнению паровой турбины такой дополнительной функции, как функции периферийного влагоудаления, позволяет достичь поставленного в данном изобретении технического результата - повышения эффективности влагоудаления при работе паровой турбины, что обеспечивает повышение КПД паровой турбины, снижение эрозии элементов проточной части, и в первую очередь - рабочих лопаток.

(57) Формула изобретения

1. Способ удаления влаги из периферийной зоны паровой турбины, включающий обеспечение отвода, накапливающейся влаги через систему сквозных отверстий и/или щелей, соединенных с каналами в статоре турбины, и через каналы с областью пониженного давления пара, отличающийся тем, что в качестве системы сквозных отверстий и/или щелей используют радиальные отверстия и/или щели, расположенные в кольцевой проточке на рабочей поверхности сегментов надбандажного уплотнения.

2. Лабиринтовое надбандажное уплотнение для ступеней паровых турбин работающих, в том числе в среде влажного пара, содержащее уплотнительные гребешки ротора турбины, сегменты уплотнения с поперечным сечением в виде трапеции и

размерами, позволяющими вставлять их в кольцевые пазы статора турбины с поперечным профилем в виде ласточкиного хвоста, имеющего горизонтальный разъем, отличающееся тем, что на внутренней поверхности сегментов уплотнения, установленных напротив уплотнительных гребешков ротора турбины, имеется

5 кольцевая проточка, выполненная с возможностью сбора в ней пленочной влаги, причем в упомянутой кольцевой проточке выполнены, с возможностью удаления упомянутой влаги, равномерно расположенные по длине сегментов уплотнения радиальные отверстия, соединяющие в единую систему полостей упомянутую

10 кольцевую проточку с кольцевым коллектором, расположенным с противоположной стороны упомянутой кольцевой проточки и образованным кольцевыми канавками, выполненными на наружной поверхности сегментов уплотнения и на внутренней поверхности паза статора турбины и соединенным через каналы в полости статора турбины с областью пониженного давления пара.

15

20

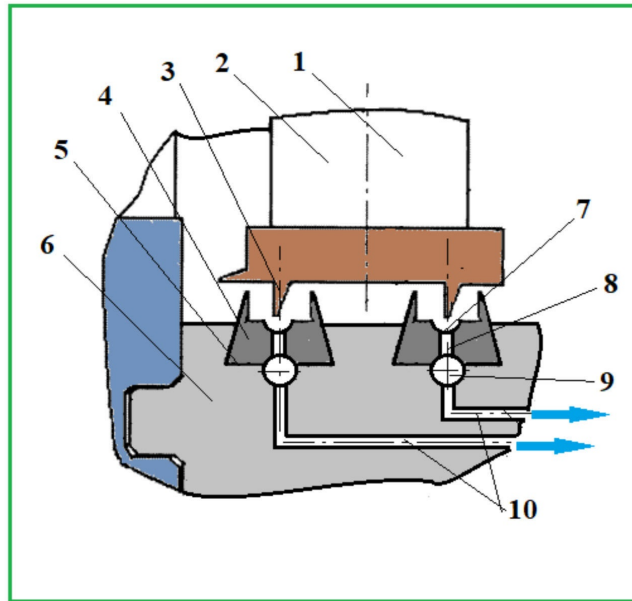
25

30

35

40

45



Фиг.1