



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
*F01D 5/18 (2019.05); F01D 25/12 (2019.05)*

(21)(22) Заявка: **2015122395, 10.06.2015**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**10.06.2015**

Дата регистрации:  
**06.08.2019**

Приоритет(ы):  
(30) Конвенционный приоритет:  
**11.06.2014 EP 14171995.5**

(43) Дата публикации заявки: **27.12.2016** Бюл. № 36

(45) Опубликовано: **06.08.2019** Бюл. № 22

Адрес для переписки:  
**129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры"**

(72) Автор(ы):  
**МАУРЕР Михаэль Томас (DE),  
БЕНЦ Урс (CH),  
БАУМГАРТНЕР Феликс (DE)**

(73) Патентообладатель(и):  
**АНСАЛДО ЭНЕРДЖИА СВИТЗЕРЛЭНД  
АГ (CH)**

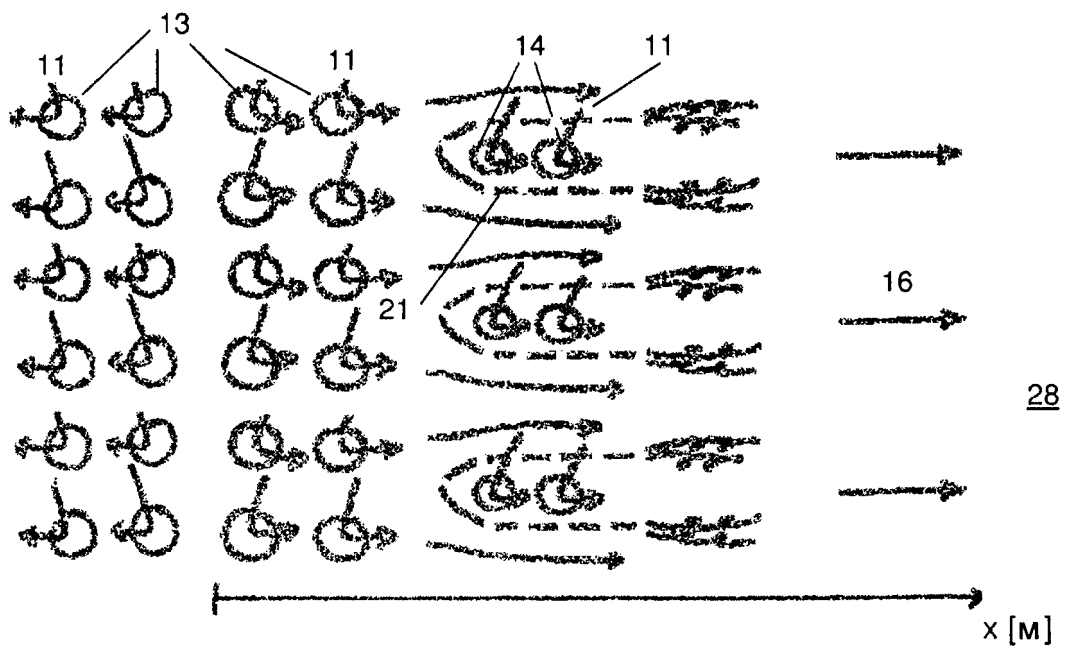
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: **WO 2011/020485 A1, 24.04.2011. CA  
2589154 A1, 20.06.2013. US 5605043 A, 25.02.1997.  
EP 1188902 A, 20.03.2002. RU 2403491 C2,  
10.11.2010. SU 1126027 A1, 07.06.1985.**

**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНЖЕКЦИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СТЕНКИ**

(57) Реферат:

Устройство для инъекционного охлаждения стенки включает в себя инъекционный рукав и стенку, подвергающуюся воздействию горячего газа во время работы. Инъекционный рукав по меньшей мере частично расположен в нагнетательной камере и расположен на расстоянии от стенки для образования пути охлаждающего потока между стенкой и инъекционным рукавом таким образом, что сжатый газ, инжектируемый из нагнетательной камеры через первое отверстие в охлаждающем рукаве, во время работы обдувает стенку и протекает как поперечный поток в направлении к выходу у выходного конца пути охлаждающего потока. Устройство отклонения потока расположено в пути охлаждающего потока ниже по потоку от первого отверстия для отклонения

поперечного потока от второго отверстия и проходит от места между первым отверстием и вторым отверстием в направлении поперечного потока за второе отверстие. Первая ветвь проходит с одной стороны второго отверстия в направлении поперечного потока, а вторая ветвь проходит с другой стороны второго отверстия в направлении поперечного потока. Отверстие инъекционного охлаждения отсутствует в первой секции конвекционного охлаждения стенки, которая является секцией стенки между входным концом и выходным концом устройства отклонения потока снаружи секции, огражденной устройством отклонения. Изобретение направлено на повышение эффективности инъекционного охлаждения. 3 н. и 12 з.п. ф-лы, 14 ил.



ФИГ.3С

x [м]

RU 2696830 C2

RU 2696830 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*F01D 5/18* (2019.05); *F01D 25/12* (2019.05)

(21)(22) Application: **2015122395, 10.06.2015**

(24) Effective date for property rights:  
**10.06.2015**

Registration date:  
**06.08.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**11.06.2014 EP 14171995.5**

(43) Application published: **27.12.2016 Bull. № 36**

(45) Date of publication: **06.08.2019 Bull. № 22**

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

(72) Inventor(s):

**MAURER Mikhael Tomas (DE),  
BENTS Urs (CH),  
BAUMGARTNER Feliks (DE)**

(73) Proprietor(s):

**ANSALDO ENERDZHIA SVITZERLEND  
AG (CH)**

**(54) DEVICE FOR WALL COOLING INJECTION**

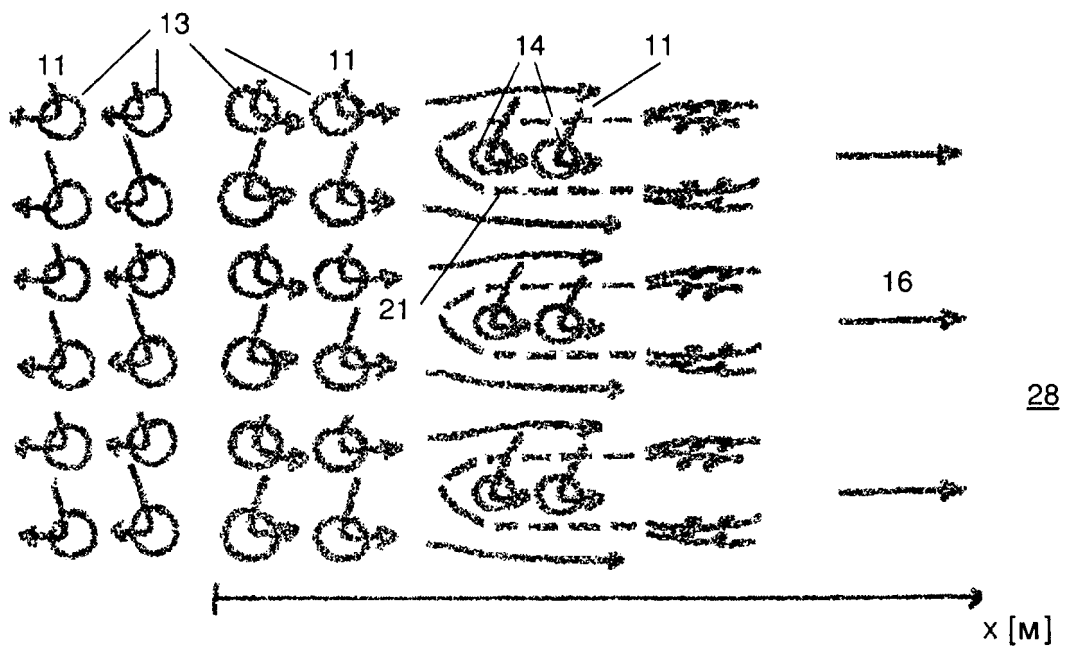
(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: device for injection cooling of wall includes injection sleeve and wall exposed to hot gas during operation. Injection sleeve is at least partially located in the pressure chamber and is located at a distance from the wall to form a cooling flow path between the wall and the injection hose so that the compressed gas injected from the pressure chamber through the first hole in the cooling hose blows the wall during operation and flows as a transverse flow towards the outlet at the outlet end of the cooling flow path. Flow deflection device is located in the flow path of the cooling flow downstream the first hole for deviation

of the cross flow from the second hole and passes from the point between the first hole and the second hole in the direction of the cross flow over the second hole. First branch extends from one side of the second hole in the direction of transverse flow, and the second branch passes from the other side of the second hole in the direction of cross flow. Hole of injection cooling is absent in the first section of convective cooling of the wall, which is the wall section between the inlet end and the outlet end of the flow deflection device outside the section enclosed by the deviation device.

EFFECT: higher efficiency of injection cooling.  
15 cl, 14 dwg



ФИГ.3С

RU 2696830 C2

RU 2696830 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройству для инъекционного охлаждения и, более конкретно, к устройству для инъекционного охлаждения стенки для охлаждения стенки, подвергающейся воздействию горячих газов.

5 Уровень техники

Термодинамическая эффективность циклов генерирования мощности зависит от максимальной температуры рабочей среды, которая в случае, например, газовой турбины является горячим газом, выходящим из камеры сгорания. Максимальная возможная температура горячего газа ограничивается выбросами, образующимися при горении, и пределом рабочей температуры металлических деталей, находящихся в контакте с этим горячим газом, а также способностью охладить эти части ниже температуры горячего газа. Охлаждение стенок канала горячего газа, формирующих пути выброса горячего газа усовершенствованных высоконагруженных газовых турбин, является трудным, и в настоящее время известные способы охлаждения ухудшают эксплуатационные характеристики, то есть приводят к понижению мощности и эффективности.

Инжекционное охлаждение является одной из наиболее эффективных методик охлаждения для компонентов, которые подвергаются воздействию газов с высокими температурами. Для инъекционного охлаждения стенки недалеко от наружной поверхности стенки (поверхности, которая не соприкасается с горячим газом) располагается рукав. Инжекционный рукав содержит множество отверстий, через которые выходит сжатый газ, для того, чтобы создать множество воздушных струй, которые обдувают и охлаждают наружную поверхность стенки. После инъекции сжатый газ течет как охлаждающий газ в охлаждающем пути, ограниченном стенкой и инжекционным рукавом, в направлении к концу охлаждающего пути. Этот поток приводит к так называемому поперечному потоку. Обычно первые ряды инъекции обеспечивают инъекцию на стенку без какого-либо поперечного потока в охлаждающем канале. По мере того как количество последующих рядов инъекции увеличивается в направлении конца охлаждающего пути, поперечный поток в охлаждающем канале растёт. Недостаток заключается в том, что увеличивающийся поперечный поток в охлаждающем канале препятствует инъекции и понижает возможные коэффициенты теплопередачи инъекционного охлаждения, поскольку инжекционные струи отклоняются и загибаются прочь от стенки (см. фиг. 2а) до того, как они ударят по ней.

Для того чтобы ограничить скорость поперечного потока, в патентном документе US 4719748 А было предложено увеличивать высоту охлаждающего канала по длине охлаждающего канала. Однако увеличение высоты охлаждающего канала уменьшает эффект инжекционной струи, достигающей стенки канала.

В дополнение к уменьшающейся эффективности инжекционного охлаждения по длине стенки, охлаждаемой инжекционным охлаждением, типичная тепловая нагрузка стенки канала является неоднородной. Например, большинство камер сгорания газовых турбин имеет уклон относительно оси турбины, что приводит к изменению направления потока горячего газа. Поток горячего газа в камере сгорания должен адаптироваться к этому изменению главного направления потока, что приводит к областям с более высокой тепловой нагрузкой, так называемым местам перегрева, на типичных местах стенок камеры сгорания. Для того чтобы гарантировать срок службы тех областей стенки, которые подвергаются увеличенной тепловой нагрузке, в этих местах требуется усиленное охлаждение.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является предложить такое устройство для инъекционного охлаждения стенки, которое обеспечивало бы эффективное инъекционное охлаждение стенки независимо от положения на стенке, направляющей поток горячего газа, а также поддержание высокой эффективности охлаждения вдоль

5

всей длины стенки.

Раскрытое устройство для инъекционного охлаждения стенки включает в себя инъекционный рукав и стенку, подвергающуюся воздействию горячего газа во время работы. Инъекционный рукав по меньшей мере частично располагается в нагнетательной камере и отделен некоторым расстоянием от стенки, чтобы

10

сформировать путь охлаждающего потока между стенкой и инъекционным рукавом, так что во время работы сжатый газ, инжектируемый из нагнетательной камеры через первые отверстия в охлаждающем рукаве, ударяет по стенке. После удара по стенке сжатый газ течет как поперечный поток к выходу пути охлаждающего потока, тем самым дополнительно охлаждая стенку.

Дальше по течению от по меньшей мере одного первого отверстия в пути охлаждающего потока располагается устройство отклонения потока (также просто называемое устройством отклонения) для отклонения поперечного потока в сторону от второго отверстия. Устройство отклонения потока проходит от места между первым отверстием и вторым отверстием в направлении поперечного потока за вторым

20

отверстием (первое отверстие может быть множеством первых отверстий, и второе отверстие может быть множеством отверстий). Устройство отклонения потока имеет первую ветвь, проходящую с одной стороны второго отверстия в направлении поперечного потока, и вторую ветвь, проходящую с другой стороны второго отверстия в направлении поперечного потока. В устройстве охлаждаемой стенки не содержится

25

никаких отверстий инъекционного охлаждения в первой секции конвекционного охлаждения стенки, которая является секцией стенки между входным концом и выходным концом устройства отклонения потока снаружи секции, огражденной устройством отклонения. Огражденная секция является секцией между ветвями устройства отклонения потока. Внешняя секция может проходить, например, от одного

30

устройства отклонения до соседнего устройства отклонения в устройстве с множеством устройств отклонения, расположенных в пути охлаждающего потока или от одного устройства отклонения до боковой стенки, ограничивающей путь охлаждающего потока.

В отличие от конвекционно-охлаждаемой внешней секции, внутренняя секция

35

устройства отклонения потока, то есть секция, проходящая от входного конца устройства отклонения потока между ветвями устройства отклонения потока к выходному концу ветвей, является инъекционно-охлаждаемой. Внутренняя секция может быть по меньшей мере частично ограждена от поперечного потока первого

40

отверстия.

Сжатый газ, инжектируемый из вторых отверстий в секцию между двумя ветвями устройства отклонения, ударяет по стенке для эффективного инъекционного охлаждения этой секции стенки. После инъекции сжатый газ течет по направлению к выходному концу устройства отклонения, формируя новый поперечный поток. Поперечный поток, сформированный внутри устройства отклонения, вытекает в выходном направлении

45

через отверстие между выходными концами ветвей устройства отклонения и присоединяется к поперечному потоку первых отверстий, который направляется вокруг устройства отклонения через первую секцию конвекционного охлаждения. Поперечный поток, который направляется вокруг устройства отклонения, может иметь увеличенную

скорость потока, приводящую к эффективному конвекционному охлаждению в первой секции конвекционного охлаждения.

5 Такое устройство может использоваться, например, для охлаждения стенки канала газовой турбины и, более конкретно, для охлаждения стенки топочного пространства или камеры сгорания.

Охлаждающий поток и поток горячего газа обычно текут противотоком, то есть охлаждающий поток течет в направлении выходного конца пути охлаждающего потока, а горячий газ течет в противоположном направлении. Однако возможны также устройства с параллельным потоком охлаждающего воздуха и потоком горячего газа.  
10 Такая параллельная организация потоков может быть выгодной для камер сгорания и устройств топочного пространства с постадийным или последовательным сгоранием, где дополнительный воздух подается на второй стадии сгорания. Охлаждающий воздух может также быть, например, воздухом для так называемого окончательного дожигания. Кроме того, охлаждающий воздух может использоваться в качестве разбавляющего  
15 воздуха для второй стадии сгорания с тем, чтобы охладить горячие газы путем смешивания охлаждающего воздуха с горячим газом на выходе первого пламени.

Устройство отклонения потока может быть ребром или стенкой, проходящей в охлаждающий канал из рукава или стенки канала, или может соединять рукав со стенкой канала.

20 Обычно устройство отклонения потока соединяется с рукавом или образует неотъемлемую часть рукава, поскольку тепловая нагрузка рукава ниже, так как он не подвергается воздействию горячего газа, и поэтому могут использоваться более дешевые материалы. Альтернативно устройство отклонения потока может быть соединено со стенкой канала или может образовывать неотъемлемую часть стенки канала. В этом  
25 случае они могут действовать как охлаждающие ребра для лучшего охлаждения стенки канала.

В соответствии с другим вариантом осуществления устройства для инъекционного охлаждения стенки поперечное сечение поперечного потока уменьшается в положении в направлении потока второго отверстия относительно поперечного сечения пути  
30 охлаждающего потока перед устройством отклонения потока. Поперечное сечение для поперечного потока является свободным поперечным сечением пути охлаждающего потока, перпендикулярным к направлению главного потока поперечного потока. Уменьшение поперечного сечения способствует ускорению поперечного потока вокруг устройства отклонения для лучшей конвекционной теплопередачи во внешней секции.

35 В соответствии с дополнительным вариантом осуществления поперечное сечение для поперечного потока вокруг устройства отклонения увеличивается в направлении к выходному концу устройства отклонения потока относительно поперечного сечения поперечного потока в положении в направлении потока второго отверстия.

Путем увеличения поперечного сечения поперечный поток вокруг устройства  
40 отклонения может быть замедлен. С помощью такого замедления динамическое давление может быть восстановлено для того, чтобы минимизировать потери давления от устройства для инъекционного охлаждения стенки. Он может быть, например, замедлен до скорости потока, по существу равной скорости поперечного потока, выходящего из устройства отклонения, с тем, чтобы минимизировать потери от  
45 смешивания поперечных потоков.

По существу равные скорости потока могут означать, что разность между скоростью потока в области ниже по потоку от устройства отклонения и скоростью потока в областях по бокам устройств отклонения составляет менее 30% от общей скорости

потока. Предпочтительно эта разность составляет менее 10%.

В одном варианте осуществления устройства для инъекционного охлаждения стенки ветви устройства отклонения потока поворачивают друг к другу на выходном конце устройства отклонения потока, тем самым увеличивая поперечное сечение для поперечного потока снаружи устройства отклонения потока. В центральной области устройства отклонения потока ветви могут, например, проходить параллельно друг другу и параллельно направлению поперечного потока. Ветви могут быть параллельными на протяжении 50% или более длины устройства отклонения потока в направлении потока.

Такое устройство может работать как диффузор для поперечного потока вокруг устройства отклонения и как сопло для поперечного потока, выходящего из устройства отклонения. Поперечный поток, выходящий из устройства отклонения, может быть ускорен благодаря уменьшению поперечного сечения между выходными концами ветвей устройства отклонения.

В устройстве для инъекционного охлаждения стенки устройство отклонения потока может проходить полностью от стенки канала до инъекционного рукава.

В другом варианте осуществления устройства для инъекционного охлаждения стенки устройство отклонения потока может проходить от стенки канала или от инъекционного рукава в путь охлаждающего потока на высоту, которая меньше, чем высота пути охлаждающего потока.

В дополнительном варианте осуществления устройства для инъекционного охлаждения стенки высота пути охлаждающего потока уменьшается в области устройства отклонения потока относительно высоты пути охлаждающего потока перед устройством отклонения потока. Путем уменьшения высоты пути потока поперечное сечение, доступное для поперечного потока, уменьшается с тем, чтобы увеличить скорость поперечного потока. Область устройства отклонения потока является секцией устройства стенки, проходящей от входного конца устройства отклонения потока в направлении поперечного потока к выходному концу устройства отклонения потока.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления высота пути охлаждающего потока увеличивается ниже по потоку от устройства отклонения потока относительно высоты пути охлаждающего потока в области устройства отклонения потока. Путем увеличения высоты пути потока поперечное сечение, доступное для поперечного потока, увеличивается с тем, чтобы уменьшить скорость поперечного потока.

В еще одном варианте осуществления устройства для инъекционного охлаждения стенки дополнительное отверстие инъекции сжатого газа для инъекции сжатого газа в поперечный поток располагается в рукаве в области ниже по потоку от устройства отклонения потока. Дополнительный сжатый газ может помочь выровнять скорость поперечного потока ниже по потоку от устройства отклонения, избегая таким образом ненужного падения давления благодаря потерям на смешивание. Область ниже по потоку от устройства отклонения может быть определена, например, как область, проходящая в направлении поперечного потока от положения последнего второго инъекционного отверстия до положения, в два раза превышающего высоту пути охлаждающего потока ниже по потоку от устройства отклонения потока.

Для того чтобы улучшить конвекционную теплопередачу, на секции стенки канала поперечного потока может быть расположен турбулизатор между входным концом и выходным концом устройства отклонения потока снаружи секции, огражденной устройством отклонения, то есть в области между ветвями соседних устройств отклонения потока, соответственно между ветвью устройства отклонения потока и

охлаждающей стенкой, ограничивающей устройство для инъекционного охлаждения стенки. В дополнение к этому или альтернативно турбулизатор может быть расположен на секции стенки канала ниже по потоку от устройства отклонения потока для повышения теплопередачи. Турбулизатор может быть, например, ребром или штифтом, расположенным на или выступающим из стенки.

В еще одном варианте осуществления устройства для инъекционного охлаждения стенки выходной конец ветви устройства отклонения потока имеет пористую секцию. Альтернативно или дополнительно в выходном конце ветви устройства отклонения может быть расположено балансирующее отверстие для того, чтобы обеспечить поток газа через выходной конец ветви. Такая пористая секция или балансирующее отверстие обеспечивает поток сжатого газа через выходной конец ветви в направлении разности статического давления с обеих сторон стенки. Это может уменьшить перепад давления перед объединением потоков у выходного конца. В дополнение к этому, для сходящихся ветвей, то есть для ветвей одного устройства отклонения, поворачивающихся друг к другу в выходном конце, можно избежать разделения поперечного потока снаружи ветви, соответственно угол поворота или угол схождения выходного конца ветви относительно направления поперечного потока может быть увеличен, обеспечивая быстрое изменение поперечного сечения и таким образом уменьшая протяженность ветвей устройства отклонения в направлении потока прежде, чем поперечный поток, выходящий из устройства отклонения, сможет быть смешан с поперечным потоком, текущим вокруг устройства отклонения.

Помимо устройства для инъекционного охлаждения стенки предметом настоящего изобретения также является камера сгорания с таким устройством для инъекционного охлаждения стенки. В дополнение к этому газовая турбина, включающая в себя такое устройство для инъекционного охлаждения стенки, также является предметом настоящего изобретения.

Кроме того, способ инъекционного охлаждения стенки, подвергающейся воздействию горячего газа во время работы, также является предметом настоящего изобретения. Этот способ включает в себя обеспечение инъекционного рукава, который по меньшей мере частично располагается в нагнетательной камере и отделен некоторым расстоянием от стенки для формирования пути охлаждающего потока между стенкой и инъекционным рукавом. Способ дополнительно включает в себя стадии инъектирования сжатого газа из нагнетательной камеры через первое отверстие в путь охлаждающего потока, обдув стенки сжатым газом и направление сжатого газа в виде поперечного потока к выходу в выходном конце пути охлаждающего потока. Для того, чтобы улучшить эффективность охлаждения следующей второй инъекции, поперечный поток отклоняется устройством отклонения потока, которое располагается в пути охлаждающего потока ниже по потоку от первого отверстия, вдали по меньшей мере от одного второго отверстия. Устройство отклонения потока проходит от места между первым отверстием и вторым отверстием в направлении поперечного потока за вторым отверстием с первой ветвью, проходящей с одной стороны второго отверстия в направлении поперечного потока, и второй ветвью, проходящей с другой стороны второго отверстия в направлении поперечного потока. В соответствии с этим способом никакого сжатого газа не вводится в первую секцию конвекционного охлаждения стенки. Первая секция конвекционного охлаждения стенки является секцией стенки между входным концом и выходным концом устройства отклонения потока снаружи секции, огражденной устройством отклонения. Стенка в этой секции является конвекционно-охлаждаемой поперечным потоком.

В соответствии с дополнительным вариантом осуществления этого способа поперечный поток ускоряется, когда он входит в первую секцию конвекционного охлаждения пути охлаждающего потока.

В еще одном варианте осуществления этого способа инжекционного охлаждения 5 стенки поперечный поток, который течет через первую секцию конвекционного охлаждения, замедляется, когда он входит в секцию пути охлаждающего потока, которая проходит в направлении потока от выходного конца устройства отклонения потока. Путем замедления динамическое давление может быть восстановлено, и скорость потока может быть доведена по существу до скорости потока, выходящего из устройства 10 отклонения, уменьшая тем самым потери на смешивание.

Краткое описание чертежей

Далее настоящее изобретение, его сущность, а также его преимущества будут описаны более подробно при помощи сопутствующих схематических чертежей предпочтительных, но неисключительных вариантов осуществления.

15 Что касается чертежей:

фиг. 1 показывает газовую турбину с компрессором, устройством камеры сгорания и турбиной;

фиг. 2а, 2б показывают устройство для инжекционного охлаждения стенки;

фиг. 3а, 3б показывают устройство для инжекционного охлаждения стенки с 20 устройством отклонения для ограждения второго отверстия для инжекционного охлаждения;

фиг. 3с показывает устройство для инжекционного охлаждения стенки с устройством отклонения для ограждения второго отверстия для инжекционного охлаждения;

фиг. 4 показывает изменение результирующего коэффициента теплопередачи по 25 длине обычной инжекционно-охлаждаемой стенки и инжекционно-охлаждаемой стенки с устройствами отклонения потока;

фиг. 5а, 5б показывают устройство для инжекционного охлаждения стенки с устройством отклонения для ограждения второго отверстия для инжекционного 30 охлаждения и изменяемой высотой пути охлаждающего потока;

фиг. 6 показывает изменение падения давления по длине инжекционно-охлаждаемой 35 стенки с устройствами отклонения с восстановлением динамического давления и без него;

фиг. 7а, б показывают устройство для инжекционного охлаждения стенки с устройством отклонения для ограждения второго отверстия для инжекционного 40 охлаждения и дополнительным отверстием для инъекции охлаждающего воздуха;

фиг. 8а, б показывают устройство для инжекционного охлаждения стенки с устройством отклонения для ограждения второго отверстия для инжекционного 45 охлаждения, имеющим пористые выходные концы ветвей устройства отклонения.

Варианты осуществления настоящего изобретения

40 Фиг. 1 показывает газовую турбину 1 с инжекционно-охлаждаемой камерой 4 сгорания. Она включает в себя компрессор 3, камеру 4 сгорания и турбину 5.

Входной воздух 2 сжимается до состояния сжатого газа 11 компрессором 3 и подается к камере сгорания через нагнетательную камеру 20. Топливо 8 сжигается вместе со сжатым газом в камере 4 сгорания для того, чтобы произвести поток 19 горячего газа. 45 Горячий газ расходуется в турбине 5, производящей механическую работу.

Как правило, система газовой турбины включает в себя генератор 17, который соединен с валом 6 газовой турбины 1. Газовая турбина 1 дополнительно включает в себя систему охлаждения для турбины 5 и камеру 4 сгорания, которая не показана,

поскольку она не является предметом настоящего изобретения.

Отработанные газы 26 покидают турбину 5. Остаточное тепло обычно используется в последующем водно-паровом цикле, который здесь также не показан.

Фиг. 2а показывает разрез устройства 12 для инъекционного охлаждения стенки, а 5 фиг. 2б показывает вид сверху устройства 12 для инъекционного охлаждения стенки, изображенного на фиг. 2а. Как показано на чертежах, устройство 12 для инъекционного охлаждения стенки включает в себя стенку 7, которая с одной стороны подвергается воздействию потока 19 горячего газа. Охлаждающий рукав 10, включающий в себя 10 отверстия 14 для инъекционного охлаждения стенки 7, располагается на некотором 10 расстоянии выше стенки 7. Сжатый газ 11 подается из нагнетательной камеры 20 через отверстия 13 и обдувает стенку 7. После того как сжатый газ 11 обдувает стенку 7, он течет как поперечный поток 16 в пути 15 охлаждающего потока, образованном стенкой 7 и рукавом 10, в направлении к выходному концу 28 пути 15 охлаждающего потока. В примере, проиллюстрированном на фиг. 2а, поток 19 горячего газа и поперечный 15 поток 16 текут в одном и том же направлении параллельно друг другу в направлении к выходному концу 28 пути 15 охлаждающего потока.

Фиг. 2б показывает вид сверху устройства, изображенного на фиг. 2а. Устройство 12 для инъекционного охлаждения стенки ограничивается со стороны входного конца и обеих боковых сторон стенкой 27 охлаждающего поля. Два ряда отверстий 13 20 располагаются параллельно. Сжатый газ 11 течет через отверстия 13 для того, чтобы сформировать поперечный поток 16.

В примере, показанном на фиг. 2а, 2б, отверстия для инъекции сжатого газа на стенке 7 располагаются в предшествующей секции устройства 12 для инъекционного 25 охлаждения стенки. Последующая секция охлаждается только поперечным потоком 16. Длина х пути охлаждающего потока, начинающаяся от входного конца, обозначена под фиг. 2б.

Первый пример устройства для инъекционного охлаждения стенки в соответствии с настоящим изобретением показан на фиг. 3а, 3б. Фиг. 3а, 3б основаны на фиг. 2а, 2б, и одинаковые элементы на них пронумерованы одинаково. Количество первых 30 отверстий 13, расположенных в направлении поперечного потока, уменьшено по сравнению с устройством, изображенным на фиг. 2а, 2б. В дополнение к этому устройство, показанное на фиг. 3а, 3б, имеет устройство 21 отклонения, расположенное после (в направлении поперечного потока) группы первых отверстий 13. Устройство 21 отклонения потока ограждает группу вторых отверстий 14 от поперечного потока 35 16 сжатого газа, введенного через первые отверстия 13, и направляет его вокруг вторых отверстий 14. Таким образом, сжатый газ 11, введенный через вторые отверстия, может обдуть стенку 7 без отклонения поперечным потоком, исходящим из первых отверстий 13.

Устройство 21 отклонения потока имеет форму буквы U с двумя ветвями, 40 проходящими в направлении поперечного потока 16 вокруг вторых отверстий 14. Благодаря сжатому газу 11, введенному через вторые отверстия 14, поперечный поток или внутренний поперечный поток 16i начинается в устройстве 21 отклонения.

В первой конвекционной секции 29, которая является областью снаружи устройства 21 отклонения, в области между устройством 21 отклонения и охлаждающей полевой 45 стенкой 27 или, более точно, между ветвями устройства 21 отклонения и стенкой 27 охлаждающего поля в секции между входным и выходным концом устройства 21 отклонения нет никакого инъекционного охлаждения. Эта секция стенки 7 является конвекционно-охлаждаемой отклоненным поперечным потоком.

На выходном конце устройства 21 отклонения потока внешний поперечный поток 16о и внутренний поперечный поток 16і сливаются вместе. Разности в скорости внутреннего поперечного потока 16і и внешнего потока 16о могут привести к потерям на смешивание, то есть к потерям давления. Результирующий поперечный поток 16 из внутреннего и внешнего поперечных потоков 16і, 16о охлаждает вторую конвекционную секцию 31, которая проходит от выходного конца устройства 21 отклонения до выходного конца 28 устройства 12 для инъекционного охлаждения стенки.

Для того чтобы дополнительно улучшить теплопередачу в первой и второй конвекционных секциях 29, 31, на стенке 7 организуются ребра 25.

В этом примере поток 19 горячего газа показан как встречный поток к направлению поперечного потока 16.

Фиг. 3с показывает модификацию, основанную на примере, показанном на фиг. 3б. В примере, показанном на фиг. 3с, охлаждающее устройство имеет множество устройств 21 отклонения без разделения стенки охлаждающего поля. Также здесь нет никакой стенки охлаждающего поля, определяющей входной конец инъекционно-охлаждаемой стенки. На входном конце дополнительно расположены первые отверстия 13. Однако сжатый газ 11, введенный через первые два ряда первых отверстий 13, течет в направлении, противоположном направлению поперечного потока 16, далеко от устройства 21 отклонения. Длина  $x$  пути охлаждающего потока, начинающаяся от входного конца, обозначена под фиг. 3с. Здесь исходной точкой является место выше по течению, чем первые отверстия 13, из которых поперечный поток 16 течет к устройству 21 отклонения.

Никаких ребер для улучшения конвекционного охлаждения здесь не показано, но ребра или другие турбулизаторы могут быть добавлены по мере необходимости.

Фиг. 4 показывает изменение результирующего коэффициента теплопередачи  $\Pi$  по длине инъекционно-охлаждаемой стенки, изображенной на фиг. 2а/2б, и коэффициента теплопередачи  $\Pi$  инъекционно-охлаждаемой стенки с устройствами отклонения, изображенной на фиг. 3а/3б/3с. На графике ясно видны локальные пики охлаждения благодаря инъекции сжатого газа, введенного через отверстия 13, 14 на стенке 7. Для устройства без устройства отклонения потока, изображенного на фиг. 2а/2б, пики и полный коэффициент теплопередачи уменьшается вдоль длины  $x$  пути 15 охлаждающего потока. Результирующий коэффициент теплопередачи по длине инъекционно-охлаждаемой стенки является коэффициентом теплопередачи, усредненным по ширине охлаждаемой секции стенки. Пики уменьшаются благодаря поперечному потоку 16 по длине  $x$ . Для устройства с устройством 21 отклонения коэффициент теплопередачи  $\Pi$  у первого огражденного отверстия 14, обозначенный пунктирной линией, является таким же высоким, как и у самого первого отверстия 13.

Фиг. 5а, 5б основаны на фиг. 2а, 2б. Они показывают устройство для инъекционного охлаждения стенки с устройством отклонения для ограждения второго отверстия для инъекционного охлаждения и изменяющейся высотой  $H$  пути охлаждающего потока. Высота  $H$  пути охлаждающего потока настраивается в соответствии с локальными требованиями для оптимизации охлаждения. В области перед устройством 21 отклонения потока высота  $H$  пути охлаждающего потока является самой большой для того, чтобы сохранить низкую скорость поперечного потока. В области устройства 21 отклонения высота пути потока уменьшается для того, чтобы ускорить поперечный поток, направляемый вокруг устройства 21 отклонения потока через первую секцию 29 конвекционного охлаждения (входной и выходной концы этой секции обозначены штрихпунктирными линиями на фиг. 5б).

Часть динамического давления восстанавливается у выходного конца устройства 21 отклонения потока для того, чтобы увеличить статическое давление. Для восстановления динамического давления высота  $H$  канала увеличивается в выходной секции устройства 21 отклонения.

5 Для дальнейшего восстановления давления и гомогенизации скорости внутреннего поперечного потока 16i, покидающего устройство 21 отклонения, и внешнего поперечного потока 16o у выходного конца первой секции 29 конвекционного охлаждения ветви устройства 21 отклонения наклонены друг к другу у выходного  
10 конца. Этот наклон или схождение приводят к сопловидной геометрии с уменьшением поперечного сечения на выходе устройства 21 отклонения, ускоряя таким образом внутренний поперечный поток 16i. В то же самое время этот наклон приводит к диффузорной геометрии выходного конца первой секции 29 конвекционного охлаждения, замедляя таким образом внешний поперечный поток 16o. Наклон выходных концов  
15 ветвей может быть выбран так, чтобы минимизировать разности между скоростями внутреннего и внешнего поперечных потоков 16i, 16o у выходного конца устройства 21 отклонения, уменьшая таким образом потери на смешивание.

Фиг. 6 показывает изменение полного падения давления  $\Delta p$  по длине  $x$  инжекционно-охлаждаемой стенки 7. Штрихпунктирная линия III обозначает потерю давления для  
20 варианта осуществления, показанного на фиг. 3, с устройством 21 отклонения, имеющим прямые ветви и постоянную высоту  $H$  канала. Пунктирная линия VIII обозначает потерю давления для варианта осуществления с некоторым восстановлением давления, показанным на фиг. 8, например, с устройством 21 отклонения, имеющим постоянную  
25 высоту  $H$  канала и ветви устройства отклонения, которые сходятся к выходному концу устройства 21 отклонения. Сплошная линия V обозначает потерю давления для варианта осуществления с оптимизированным восстановлением давления и минимизированными потерями на смешивание, показанного на фиг. 5. Для оптимизированного восстановления давления высота  $H$  канала уменьшается вокруг устройства отклонения и снова увеличивается после устройства отклонения. В дополнение к этому ветви  
30 устройства отклонения сходятся к выходному концу устройства 21 отклонения.

30 Пример, изображенный на фиг. 7a, b, основан на примере, показанном на фиг. 5a, b. Для того чтобы дополнительно минимизировать потери на смешивание, дополнительный охлаждающий газ вводится через инжекционные отверстия 30 в рукаве 10 у выходного  
35 конца устройства 21 отклонения в той области, где высота  $H$  канала увеличивается. В дополнение к этому балансирующие отверстия 23 предусматриваются в сходящихся секциях ветвей у выходного конца устройства 21 отклонения. В зависимости от  
40 распределения статического давления вдоль ветвей внутри устройства отклонения относительно внешней стороны устройства отклонения, эти балансирующие отверстия 23 обеспечивают инжекцию охлаждающего газа из внутренней части устройства 21 отклонения в пограничный слой потока вокруг устройства 21 отклонения,  
45 соответственно обеспечивая подсос пограничного слоя. Обе меры помогают избежать разделения потока у выходного конца устройства отклонения и могут, поэтому, уменьшить потерю давления.

Пример, изображенный на фиг. 8a, b, основан на примере, показанном на фиг. 3a, b. Фиг. 8a, b показывают устройство для инжекционного охлаждения стенки с ветвями,  
45 сходящимися у выходного конца устройства 21 отклонения. Для того чтобы обеспечить схождение с большим углом  $\beta$  схождения, сходящиеся концевые секции ветвей делаются из пористого материала для того, чтобы обеспечить подсос пограничного слоя для добавления охлаждающего газа в пограничный слой на выходных концах ветвей

устройства отклонения.

Устройство для инжекционного охлаждения стенки, показанное в вариантах осуществления, может использоваться, например, в газовой турбине с камерой сгорания, имеющей стабилизаторы пламени. Камеры сгорания со стабилизаторами пламени  
5 обычно круговым образом распределяются вокруг вала б газовой турбины и имеют переходную часть или переходную секцию для перехода от круглого поперечного сечения камеры сгорания к поперечному сечению с формой секции кольца или фактически к прямоугольному поперечному сечению потока на выходе, то есть на  
10 входе в турбину. Переходная часть может быть интегрирована в канал или может быть отдельным каналом, и раскрытое устройство для инжекционного охлаждения стенки может равным образом использоваться для канала, направляющего горячие газы в переходной части.

Устройство для инжекционного охлаждения стенки может также использоваться для охлаждения любого другого компонента, такого как, например, охлаждаемая  
15 лопасть.

Все объясненные преимущества не ограничиваются указанными комбинациями, но могут также использоваться в других комбинациях или отдельно, без отступления от области охвата настоящего изобретения. Другие возможности являются опционально  
20 возможными, например, в комбинации.

Кроме того, компоновка устройств отклонения потока относительно направления потока в пути потока может быть модифицирована. Устройства отклонения потока могут быть, например, включены в направление поперечного потока перед устройством отклонения для того, чтобы вызвать вторичные потоки для увеличения теплопередачи. Устройство отклонения потока может также иметь динамически оптимизированный  
25 контур наподобие контура лопасти.

Раскрытое устройство для инжекционного охлаждения стенки и способ для охлаждения могут использоваться в газовых турбинах, а также в других машинах или заводах, где стенка подвергается воздействию горячего газа, например в печи или в реакторе.

30 Список обозначений

- 1 - Газовая турбина;
- 2 - Входящий воздух;
- 3 - Компрессор;
- 4 - Камера сгорания;
- 35 5 - Турбина;
- 6 - Вал;
- 7 - Стенка канала;
- 8 - Топливо;
- 9 - Горелка;
- 40 10 - Рукав;
- 11 - Сжатый газ;
- 12 - Устройство для инжекционного охлаждения стенки;
- 13 - Первое отверстие;
- 14 - Второе отверстие;
- 45 15 - Путь охлаждающего потока;
- 16, 16i, 16o - Поперечный поток;
- 17 - Генератор;
- 18 - Ось;

- 19 - Поток горячего газа;  
 20 - Нагнетательная камера;  
 21 - Устройство отклонения потока;  
 22 - Пористая секция;  
 5 23 - Балансирующее отверстие;  
 24 - Инжекционный поток;  
 25 - Турбулизатор (ребро);  
 26 - Отработанный газ;  
 27 - Стенка охлаждающего поля;  
 10 28 - Выходной конец;  
 29 - Первая конвекционная секция;  
 30 - Инжекционное отверстие;  
 31 - Вторая конвекционная секция;  
 h - Высота устройства отклонения потока;  
 15 H - Высота пути охлаждающего потока;  
 x - Длина;  
 $\alpha$  - Коэффициент теплопередачи;  
 $\beta$  - Угол схождения;  
 II - Коэффициент теплопередачи как функция местоположения на устройстве для  
 20 инжекционного охлаждения стенки, изображенном на фиг. 2;  
 III - Коэффициент теплопередачи как функция местоположения на устройстве для  
 инжекционного охлаждения стенки, изображенном на фиг. 3;  
 $\Delta p_{III}$  - Потеря динамического давления как функция местоположения на устройстве  
 для инжекционного охлаждения стенки, изображенном на фиг. 3;  
 25  $\Delta p_V$  - Потеря динамического давления как функция местоположения на устройстве  
 для инжекционного охлаждения стенки, изображенном на фиг. 5;  
 $\Delta p_{VIII}$  - Потеря динамического давления как функция местоположения на устройстве  
 для инжекционного охлаждения стенки, изображенном на фиг. 8.

30 (57) Формула изобретения

1. Устройство (12) для инжекционного охлаждения стенки, включающее в себя инжекционный рукав (10) и стенку (7), подвергающуюся воздействию горячего газа (19) во время работы, причем инжекционный рукав (10) по меньшей мере частично  
 35 расположен в нагнетательной камере (20) и расположен на расстоянии от стенки (7) для образования пути (15) охлаждающего потока между стенкой (7) и инжекционным рукавом (10) таким образом, что сжатый газ (11), инжeksiруемый из нагнетательной камеры (20) через первое отверстие (13) в охлаждающем рукаве, во время работы обдувает стенку (7) и протекает как поперечный поток (16) в направлении к выходу  
 40 пути (15) охлаждающего потока,  
 устройство (21) отклонения потока расположено в пути (15) охлаждающего потока ниже по потоку от первого отверстия (13) для отклонения поперечного потока (16) от второго отверстия (14), причем устройство (21) отклонения потока содержит первую ветвь, проходящую с одной стороны второго отверстия в направлении поперечного  
 45 потока (16), и вторую ветвь, проходящую с другой стороны второго отверстия (14) в направлении поперечного потока (16), причем отверстие (13, 14) инжекционного охлаждения отсутствует в первой секции (29) конвекционного охлаждения стенки (7), которая является секцией стенки между входным концом и выходным концом устройства (21) отклонения потока снаружи секции, огражденной устройством (21) отклонения,

отличающееся тем, что устройство (21) отклонения потока проходит от места между первым отверстием (13) и вторым отверстием (14) в направлении поперечного потока (16) за второе отверстие (14), причем поперечное сечение поперечного потока (16) уменьшается в направлении потока второго отверстия (14) относительно поперечного сечения пути (15) охлаждающего потока выше по потоку от устройства (21) отклонения потока.

2. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что поперечное сечение поперечного потока (16) вокруг устройства отклонения увеличивается по направлению к выходному концу устройства (21) отклонения потока относительно поперечного сечения поперечного потока (16) в направлении потока второго отверстия (14).

3. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что ветви устройства (21) отклонения потока поворачивают друг к другу у выходного конца устройства (21) отклонения потока, увеличивая тем самым поперечное сечение для поперечного потока (16) снаружи устройства (21) отклонения потока.

4. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что устройство (21) отклонения потока проходит от стенки (7) канала до инжекционного рукава (10).

5. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что устройство (21) отклонения потока проходит от стенки (7) канала или от инжекционного рукава (10) в путь (15) охлаждающего потока с высотой (h), которая меньше, чем высота (H) пути (15) охлаждающего потока.

6. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что высота (h) пути (15) охлаждающего потока уменьшается в области устройства (21) отклонения потока относительно высоты (h<sub>0</sub>) пути (15) охлаждающего потока выше по потоку от устройства (21) отклонения потока для того, чтобы увеличить скорость поперечного потока (16).

7. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что высота (h) пути (15) охлаждающего потока увеличивается ниже по потоку от устройства (21) отклонения потока относительно высоты (h) пути (15) охлаждающего потока в области устройства (21) отклонения потока для того, чтобы уменьшить скорость поперечного потока (16).

8. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что дополнительное инжекционное отверстие (30) для инжектирования сжатого газа в поперечный поток (16) располагается в рукаве (10) в области ниже по потоку от устройства (21) отклонения потока, причем область ниже по потоку от устройства (21) отклонения потока проходит в направлении поперечного потока (16) от местоположения последнего второго инжекционного отверстия до положения, в два раза превышающего высоту пути охлаждающего потока ниже по потоку от устройства (21) отклонения потока.

9. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что турбулизатор (25) расположен на стенке (7) канала в первой конвекционной секции (29) и/или во второй конвекционной секции (31) ниже по потоку от устройства (21) отклонения потока для повышения теплопередачи.

10. Устройство (12) по п.1, отличающееся тем, что выходной конец ветви устройства отклонения потока имеет пористую секцию (22) или имеет по меньшей мере одно балансирующее отверстие (23) для того, чтобы позволить газу течь через выходной конец ветви.

11. Камера (4) сгорания и/или газовая турбина (1), отличающаяся тем, что она включает в себя устройство (12) для инжекционного охлаждения стенки по одному из предшествующих пунктов.

12. Способ инжекционного охлаждения стенки (7), подвергающейся воздействию горячего газа (19) во время работы, в котором инжекционный рукав (10) по меньшей

мере частично расположен в нагнетательной камере (20) и расположен на расстоянии от стенки (7) для образования пути (15) охлаждающего потока между стенкой (7) и инжекционным рукавом (10), включающий в себя стадии инжектирования сжатого газа (11) из нагнетательной камеры (20) через первое отверстие (13) в путь (15) охлаждающего потока, обдува сжатым газом (11) стенки (7) и направления сжатого газа (11) как поперечного потока (16) в направлении к выходу у выходного конца (28) пути (15) охлаждающего потока,

причем поперечный поток (16) отклоняют устройством (21) отклонения потока, расположенным в пути (15) охлаждающего потока ниже по потоку от первого отверстия (13) и на расстоянии от по меньшей мере одного второго отверстия (14), причем устройство отклонения потока проходит с первой ветвью, проходящей с одной стороны второго отверстия (14) в направлении поперечного потока, и второй ветвью проходящей с другой стороны второго отверстия (14) в направлении поперечного потока, и причем отсутствует инжектирование сжатого газа (11) для обдува в первой секции (29) конвекционного охлаждения стенки (7), которая является секцией стенки между входным концом и выходным концом устройства (21) отклонения потока снаружи секции, огражденной устройством (21) отклонения, отличающийся тем, что устройство отклонения потока проходит от места между первым отверстием (13) и вторым отверстием (14) в направлении поперечного потока (16) за второе отверстие (14), причем поперечный поток (16) ускоряется, когда он входит в первую секцию (29) конвекционного охлаждения пути (15) охлаждающего потока за счет уменьшения поперечного потока (16) в направлении потока второго отверстия (14) относительно поперечного сечения пути (15) охлаждающего потока выше по потоку от устройства (21) отклонения потока.

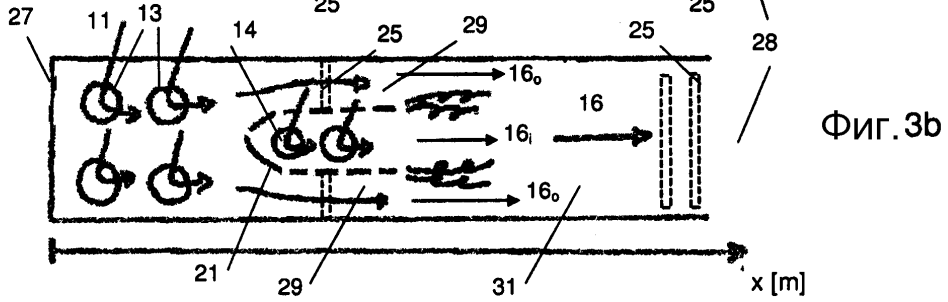
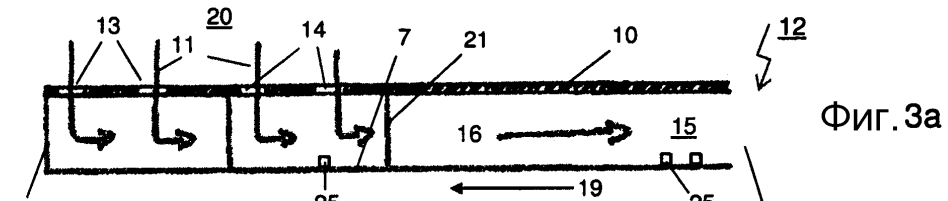
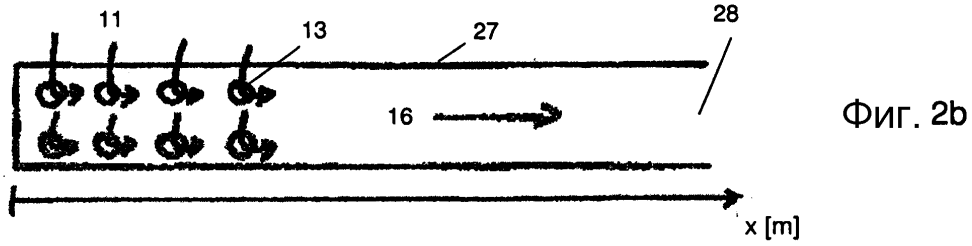
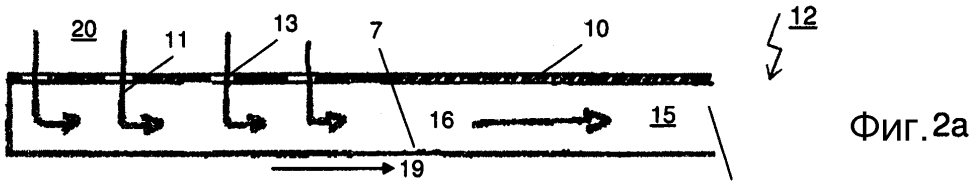
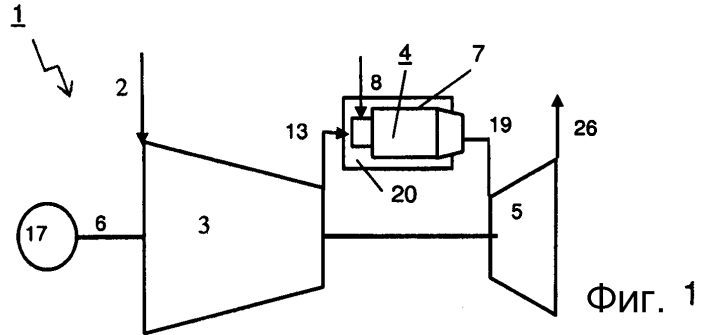
13. Способ для инжекционного охлаждения стенки (7) по п.12, отличающийся тем, что поперечный поток (16), который протекает через первую секцию (29) конвекционного охлаждения пути (15) охлаждающего потока, которая проходит от входного конца устройства (21) отклонения потока до выходного конца устройства (21) отклонения потока, замедляется, когда он входит в ту секцию пути (15) охлаждающего потока, которая проходит в направлении ниже по потоку от выходного конца устройства (21) отклонения потока.

35

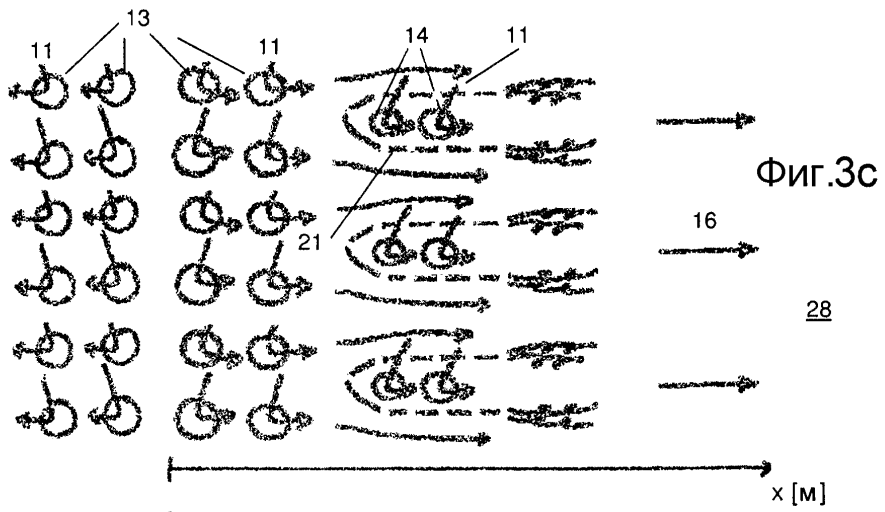
40

45

1



2



Фиг.4

