



УКРАЇНА

(11) UA (11) 14700 (13) A

(51) F 28 D 3/08

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23.XII. 1993 р.Публікується
в редакції заявника(54) ТЕПЛООБМІННИК ПРОМІЖНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ КОМПРЕСОРНОГО ПОВІТРЯ ГАЗО-
ТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

1

(21) 95083621

(22) 01.08.95

(24) 20.01.97

(46) 25.04.97. Бюл. № 2

(47) 20.01.97

(72) Фролов Сергій Дмитрович, Сманцер Ва-
лерій Володимирович, Симбірський Вален-
тин Леонідович, Водолажченко Олександр
Вадимович

(73) Харківський авіаційний Інститут (UA)

(57) 1. Теплообменник промежуточного охлаждения компрессорного воздуха газотурбинной установки, содержащий вихревую камеру с увеличивающимся проходным сечением от периферии к центру, образованную торцевыми крышками и направляющим аппаратом в виде радиального венца лопаток, патрубком отвода парагаза, форсунки для подвода воды, равномерно расположенные по окружности за направляющим аппаратом, отличающийся тем, что перед направляющим аппаратом установлены наружная обечайка и концентрически к ней и друг к другу по меньшей мере две кольцевые пластины, в центре вихревой камеры размещена внутренняя цилиндрическая обечайка, причем входные кромки наружной обечайки и кольцевых пластин направлены по оси теплообменника, а выходные кромки направле-

2

ны по радиусу в сторону направляющего аппарата, наружная обечайка и кольцевые пластины спрофилированы в разрезе по спирали Архимеда, торцевая крышка со стороны входа воздуха в теплообменник не менее чем на две трети своей высоты по радиусу от внешней кромки выполнена в виде плоской круглой пластины, а на одну треть высоты имеет в разрезе вид спирали Архимеда, противоположная торцевая крышка вместе с внутренней цилиндрической обечайкой образуют в осевом направлении кольцеобразный выходной патрубок отвода парагаза, а последний и обе торцевые крышки своим прогибом обращены в сторону, противоположную входу воздуха в теплообменник.

2. Теплообменник по п. 1, отличающийся и с я тем, что форсунки для подвода воды пневматического типа выполнены каждая в виде двух полых сплюснутых цилиндров, заглушенных с торца, размещенных один внутри другого, длиной, равной высоте вихревой камеры на окружности их расположения, причем сопла для воды и воздуха выполнены в виде щелей в узких стенках сплюснутых цилиндров с одной их стороны по всей их длине и обращены в сторону направляющего аппарата.

Изобретение относится к области энергетики, в частности к конструкции теплообменников промежуточного охлаждения воздуха в компрессорах газотурбинных ус-

тановок (ГТУ). Такие теплообменники используются для охлаждения воздуха между компрессорами низкого и высокого давления с целью уменьшения затрат энергии на

(11) UA (11) 14700 (13) A

скачки воздуха в компрессоре высокого давления.

Известна конструкция испарительного теплообменника, в котором в поток воздуха впрыскивается вода (Ольховский Г.Г. Разработки перспективной ГТУ в Японии. — Теплоэнергетика, № 10, 1989, с.73-76). Под воздействием теплоты сжатого воздуха в компрессоре низкого давления вода испаряется и температура воздуха снижается. При этом уменьшается работа на привод компрессора высокого давления, возрастает мощность и КПД установки, а наличие пара в воздухе уменьшает образование оксидов азота в камере сгорания. Теплообменник выполнен в виде полого цилиндра, к торцевым крышкам которого присоединены патрубки подвода воздуха с одной стороны и патрубок отвода паровоздушной смеси с другой. Внутри цилиндра установлены коллекторы с форсунками для распыливания воды. Теплообменник выносной, размещается вне роторов ГТУ, линейный, прямоточного типа. Ввиду довольно большого времени испарения капель воды и значительных скоростей спутных потоков воздуха и капель, теплообменник имеет значительную длину (24 м), т.е. весьма громоздок, что является недостатком известной конструкции и делает невозможной установку теплообменника непосредственно между компрессорами низкого и высокого давления. В магистралях подвода и отвода воздуха имеют место значительные гидравлические потери давления.

Наиболее близким техническим решением по назначению, технической сущности и достигнутому результату является выбранный в качестве прототипа испарительный теплообменник вихревого типа для кондиционирования горячего газа. (Авт. св. СССР №1663305 А1. Кл. F22 В, Бюл. № 26, 1991). Теплообменник. Он содержит вихревую камеру с центробежными форсунками, образованную цилиндрическим радиальным лопаточным аппаратом для ввода и закрутки воздуха и торцевыми крышками, с установленными в них осевыми патрубками для отвода парогаса, причем вихревая камера выполнена с проходным сечением, увеличивающимся по направлению от направляющего аппарата к патрубкам. По оси вихревой камеры установлены лопаточный направляющий аппарат для раскрутки парогазового потока на входе в патрубки и обтекаемое центральное тело для разворота потока на 90 градусов от радиального направления к осевому. Вода впрыскивается в плоский закрученный поток воздуха, что обеспечивает большую

длину пути взаимодействия капель и газа в весьма ограниченном пространстве.

Недостатком известной конструкции является следующее. Ввод воздуха в теплообменник организован в тангенциально-радиальном направлении, в то время как размещение теплообменника за компрессором низкого давления требует тангенциально-осевого ввода воздуха. Такой возможности известное устройство не обеспечивает. Теплообменник, размещенный по одной оси с компрессорами низкого и высокого давления, должен охватывать по меньшей мере один из валов ротора ГТУ. Этому мешает размещенное в центре устройства обтекаемое центральное тело. Форсунки центробежного типа не обеспечивают равномерного распределения воды по сечению вихревой камеры.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования теплообменника для кондиционирования горячего газа, в котором путем изменения его конструкции обеспечивается возможность установки теплообменника между компрессорами низкого и высокого давления соосно с ними, и за счет этого значительно уменьшаются размеры ГТУ в целом и отпадает необходимость в длинных и сложных по форме магистралях подвода и отвода воздуха от теплообменника, что снижает гидравлические потери в компрессорной группе ГТУ и повышает ее коэффициент полезного действия.

Поставленная задача решается тем, что в теплообменнике промежуточного охлаждения компрессорного воздуха ГТУ, содержащем вихревую камеру с увеличивающимся проходным сечением от периферии к центру, образованную торцевыми крышками и направляющим аппаратом в виде радиального венца лопаток, патрубком отвода парогаса, форсунки для подвода воды, перед направляющим аппаратом установлены наружная обечайка и концентрически к ней и друг к другу по меньшей мере две кольцевые пластины, входные кромки обечайки и пластины направлены по оси теплообменника промежуточного охлаждения в сторону входа воздуха, а выходные в сторону направляющего аппарата, в центре вихревой камеры размещена внутренняя цилиндрическая обечайка, причем наружная обечайка и кольцевые пластины спрофилированы в разрезе по спирали Архимеда, торцевая крышка со стороны входа воздуха в теплообменник промежуточного охлаждения не менее чем на две трети своей высоты по радиусу от внешней кромки выполнена в виде круглой пластины, а на одну треть высоты имеет в разрезе вид спирали Архимеда.

Противоположная торцевая крышка образует с внутренней цилиндрической обечайкой в осевом направлении выходной патрубок, а последний и обе торцевые крышки своим прогибом обращены в сторону, противоположную входу воздуха в теплообменник промежуточного охлаждения.

Поставленная задача решается также тем, что форсунки для подвода воды — пневматического типа, установлены за направляющим аппаратом, каждая выполнена в виде двух полых сплюснутых цилиндров, размещенных один внутри другого. Длина цилиндров равна высоте вихревой камеры, причем сопла выполнены в виде щелей, вырезанных в узких стенках сплюснутых цилиндров по всей их длине и обращены в сторону направляющего аппарата.

Предлагаемое усовершенствование имеет следующее назначение. Наружная обечайка и кольцевые пластины позволяют повернуть поток воздуха с осевого направления на радиальное, в сторону направляющего аппарата и далее в вихревую камеру. Внутренняя цилиндрическая обечайка охватывает вал ротора компрессора низкого давления и замыкает внутреннее пространство вихревой камеры. Чтобы сделать плавным поворот воздушного потока в приосевой зоне вихревой камеры от радиального к осевому, торцевая крышка, противоположная выходному патрубку, на одну треть ее высоты в приосевой зоне профилируется по спирали Архимеда в сторону выходного патрубка. Другую торцевую крышку профилируют таким образом, чтобы проходное сечение вихревой камеры увеличивалось от периферии к центру, исходя из условия динамического равновесия испаряющихся капель при их движении к центру вихревой камеры. Профилирование наружной обечайки и кольцевых пластин по спирали Архимеда предназначено для плавного поворота потока на входе в вихревую камеру. Поскольку минимальный радиус выходного патрубка меньше минимального радиуса входного канала в вихревую камеру, такое устройство теплообменника промежуточного охлаждения наиболее удобно для установки в ГТУ, если компрессор низкого давления имеет осевую конструкцию, а компрессор высокого давления — центробежную. С появлением в последнее время высоконапорных экономичных центробежных компрессоров такая схема становится все более перспективной.

Пневматические форсунки предлагаемой конструкции обеспечивают более тонкое распыливание воды и ее более

равномерное распределение по сечению вихревой камеры.

На фиг. 1 изображен теплообменник промежуточного охлаждения в разрезе; на фиг. 2 — то же, вид со стороны входа воздуха в теплообменник.

Теплообменник промежуточного охлаждения содержит вихревую камеру 1, образованную торцевыми крышками 2 и 3, направляющим аппаратом 4, выполненным в виде радиального венца лопаток, внутренней цилиндрической обечайкой 5, охватывающей вал ротора ГТУ, которая вместе с оттянутым носком торцевой крышки 3 образует кольцеобразный выходной осевой патрубок 6. Перед направляющим аппаратом 4 установлена наружная обечайка 7 с концентрически размещенными между ними по меньшей мере двумя кольцевыми пластинами 8. Входные кромки наружной обечайки 7 и пластин 8 направлены по оси теплообменника в сторону входа воздуха в теплообменник, выходные — радиально в сторону направляющего аппарата. Обечайка 7 и пластины 8 в осевом разрезе выполнены по спирали Архимеда. Торцевая крышка 2 выполнена плоской на две трети своей высоты по радиусу от направляющего аппарата 4 к центру теплообменника, а на одну треть высоты спрофилирована в виде спирали Архимеда, и направлена в сторону выходного патрубка 6 до сопряжения с внутренней цилиндрической обечайкой 5. Торцевая крышка 3 в осевом разрезе спрофилирована таким образом, что изменение проходного сечения вихревой камеры соответствует условию радиального равновесия капель жидкости в камере под действием центробежной и радиальной аэродинамической сил.

Камера 1 снабжена пневматическими форсунками 9 для подвода жидкости, равномерно распределенными по периметру вихревой камеры 1. Форсунки 9 выполнены в виде двух сплюснутых цилиндров, заглушенных с торца, размещенных один внутри другого, длиной, равной высоте вихревой камеры на окружности их расположения, причем сопла для воды и воздуха выполнены в виде щелей в узких стенках сплюснутых цилиндров с одной их сторон по всей их длине и обращены в сторону направляющего аппарата.

Теплообменник промежуточного охлаждения работает следующим образом.

Воздух из компрессора низкого давления 10 направляется в кольцевой канал, образованный обечайкой 7 и кромкой торцевой крышки 2, по высоте равный высоте выходного канала компрессора. Плавно

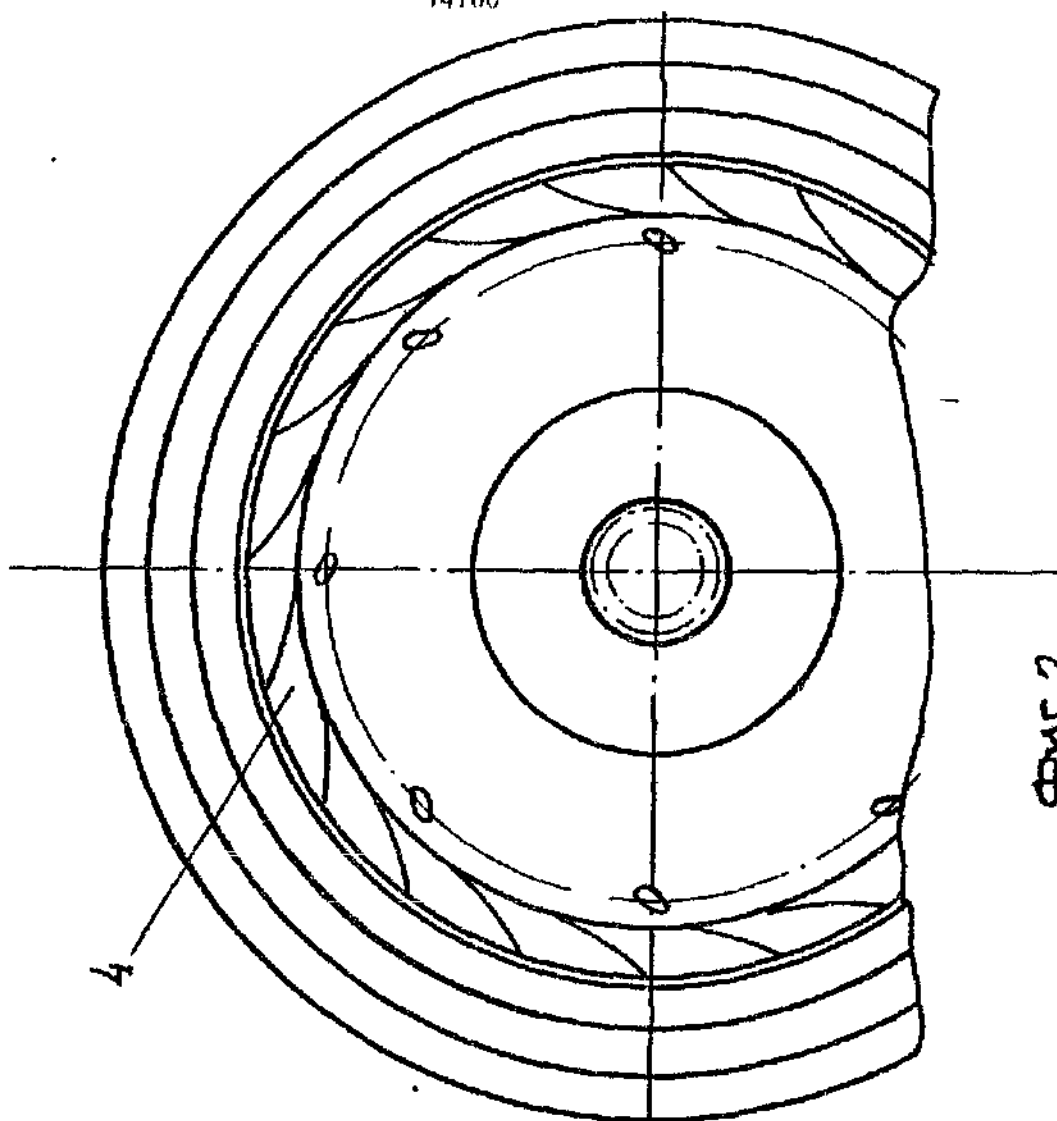
обтекаемая кольцевые пластины 8 и внутреннюю поверхность обечайки 7, спрофилированные по спирали Архимеда, поток воздуха разворачивается в радиальном направлении и поступает в направляющий аппарат 4, где закручивается, и далее попадает в вихревую камеру 1. С помощью пневматических форсунок 9 в камеру подается вода в направлении, противоположном выходу воздуха из направляющего аппарата 4, причем вода распыливается на капли диаметром не более 70–80 мкм. Закрученным потоком воздуха капли воды увлекаются во вращательное движение вокруг оси теплообменника. Радиальные и тангенциальные скорости газа и жидкости на входе в вихревую камеру рассчитываются из условия динамического равновесия капель максимального диаметра, находящихся на орбите, радиус которой равен максимальному радиусу вихревой камеры, и испытывающих воздействие центробежной и аэродинамической сил. Все более мелкие капли оттесняются воздушным потоком на орбиты с меньшим диаметром. Под воздействием теплоты сжатого в компрессоре низкого давления воздуха капли воды постепенно испаряются, их диаметр и масса уменьшаются. Следовательно, уменьшается величина центробежной силы, действующей на каплю. Последняя под действием аэродинамической силы, обуслов-

ленной движением воздушного потока от периферии к центру вихревой камеры, смещается на орбиту меньшего диаметра. Уменьшение массы капли в определенной мере компенсируется ростом тангенциальной скорости воздуха по направлению к оси камеры, так как вращение происходит по закону свободного вихря. Поэтому чтобы удержать каплю в равновесии на новой орбите, а, следовательно, продлить время ее пребывания в вихревой камере до полного испарения, необходимо уменьшить аэродинамическую силу, действующую на каплю, снизив величину радиальной составляющей скорости воздушного потока. Для этого от периферии к центру вихревой камеры увеличивают площадь ее проходного сечения.

Таким образом, предложенная конструкция теплообменника промежуточного охлаждения компрессорного воздуха весьма компактна за счет замены линейного принципа движения теплоносителя на закрученное движение в виде плоских спиралей, неметаллоемка, удачно вписывается в конструкцию двухкаскадного компрессора, что позволяет существенно снизить гидравлические потери в тракте компрессора. Все это позволяет значительно уменьшить габариты всей газотурбинной установки и упростить ее конструкцию.

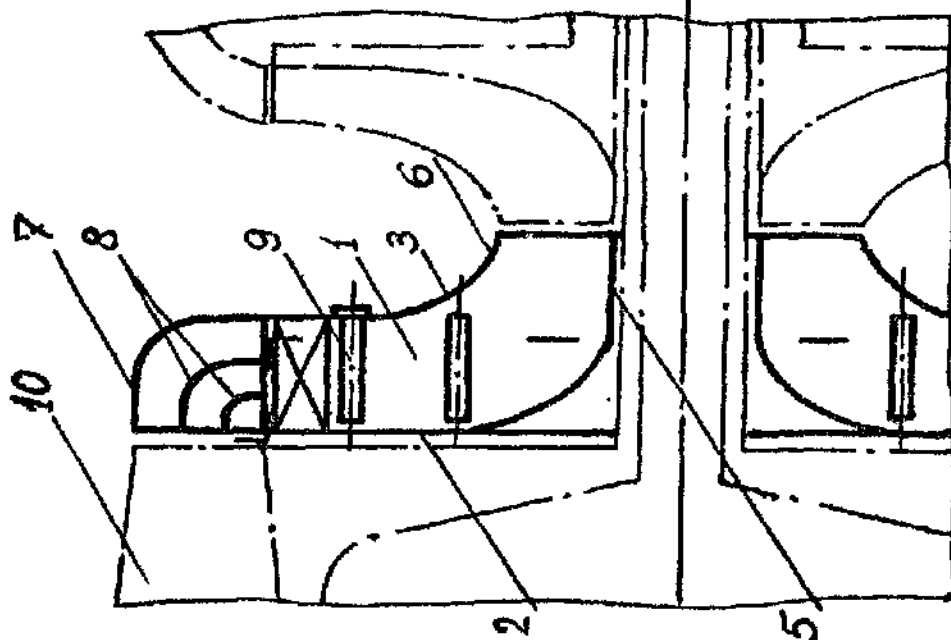
14700

A-A



Фиг. 2

H →



Фиг. 4

A

14700

Упорядник	Техред М.Моргентал	Коректор	О.Кравцова
-----------	--------------------	----------	------------

Замовлення 4144

Тираж	• •	Підписи
Державне патентне відомство України, 254655, ГСП Київ-53, Львівська пл . 8		

Відкрите акціонерне товариство "Патент" м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101