

Изобретение относится к теплотехнике, в частности к системам охлаждения передней кромки лопаток высокотемпературных газовых турбин.

Известны струйно-циклонные системы охлаждения (СЦ СО), интенсифицирующие теплообмен за счет формирования в полости охлаждения замкнутого микровихревого движения с высоким уровнем турбулентности, включающие участок криволинейной поверхности, образующий совместно с крышкой замкнутое пространство, подводящее входное отверстие, через которое в охлаждающую полость попадает одиночная тангенциальная струя, отводящее выходное отверстие.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является СЦ СО. Предложенная система охлаждения состоит из двух коллекторов, двух вихревых камер, подводящих каналов, выполненных в виде ряда дискретных каналов и отводящих щелевых каналов.

У заявляемого устройства с прототипом общим является наличие циклонной камеры, подводящего и отводящего щелевых каналов, присоединенных тангенциально к циклонной камере, и коллектора соединенного с подводящим каналом.

Недостатком устройства-прототипа является недостаточно высокая степень интенсификации теплообмена и повышенное гидравлическое сопротивление, обусловленные:

- 1) нерациональной формой поперечного сечения циклонной камеры, выполненной в виде эллипса или круга;

- 2) выполнением подводящих каналов дискретными, места подвода охлаждающего воздуха расположены с некоторым шагом по высоте камеры.

В таблице приведен сопоставительный анализ заявляемого устройства и прототипа.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования струйно-циклонной системы охлаждения, в которой путем придания поперечному сечению камеры рациональной формы, выполнения подводящих каналов щелевыми обеспечивается интенсификация теплообмена на внутренней боковой поверхности циклонной камеры, снижение ее гидравлического сопротивления, уменьшение неравномерности тепловых потоков по высоте камеры и за счет этого повышается эффективность системы охлаждения и ее надежность.

Поставленная задача решается тем, что в струйно-циклонной системе охлаждения, состоящей из циклонной камеры, подводящего канала и отводящего щелевого канала, присоединенных тангенциально к циклонной камере, и коллектора, соединенного с подводящим каналом, согласно изобретению, подводящий канал выполнен щелевым, циклонная камера имеет поперечное сечение, образованное двумя дугами концентрических окружностей, радиусы которых отличны друг от друга на величину ширины подводящего щелевого канала, причем образующие подводящего и отводящего щелевых каналов выполнены касательными к соответствующим дугам окружностей, а ширина подводящего и отводящего щелевых каналов одинакова.

Предлагаемая система охлаждения обладает по сравнению с прототипом рядом преимуществ, обусловленных особенностями гидродинамики потока в циклонной камере. Существуют две характерные зоны гидродинамики циклонной камеры: основная струя охлаждающего воздуха и спутный вихрь. Основная струя, попадая из подводящего щелевого канала на внутреннюю боковую поверхность циклонной камеры, охлаждает ее и значительная часть ее покидает после этого циклонную камеру через отводящий канал. Силы трения, возникающие между основной струей и воздухом в остальном объеме камеры, приводят к образованию зоны спутного вихря в эллипсоидном пространстве, образованном условной внутренней границей основной струи и оставшейся частью внутренней поверхности циклонной камеры.

Геометрическая форма поперечного сечения спутного вихря определяется соответствующей формой области, в которой он формируется. В цилиндрической циклонной камере прототипа спутный вихрь принимает эллипсоидную форму, причем центр вихря (точка с нулевыми скоростями и минимальным давлением) смещен от геометрического центра круга. Спутный вихрь играет роль своеобразного подшипника, по которому перекачивается основная струя. Гидравлические потери циклонной камеры во многом определяются геометрической формой поперечного сечения спутного вихря. При эллипсоидной форме его сечения (как в прототипе) наблюдается повышенное гидравлическое сопротивление камеры. Формирование в камере спутного вихря круглого поперечного сечения обеспечивает снижение гидравлического сопротивления.

Ряд гидродинамических преимуществ дает также замена дискретных подводящих каналов на щелевой подводящий канал при сохранении расхода охлаждающего воздуха. В первом случае дискретная струя, попадая на внутреннюю боковую поверхность циклонной камеры, совершает несколько оборотов вокруг оси до того как покинет камеру. При этом пограничный слой успевает значительно вырасти от своего начального значения, существующего после подводящего канала. Указанное начальное значение толщины погранслоя также значительное в этом случае, т.к. оно будет иметь порядок половины ширины подводящего щелевого канала.

При выполнении подводящего канала щелевым пограничный слой нарастает только на части внутренней цилиндрической поверхности циклонной камеры, после этого он стекает в отводящий щелевой канал и нарастает вновь от нулевого значения на оставшейся части внутренней поверхности циклонной камеры. Начальное значение толщины погранслоя также значительно снижается в этом случае из-за снижения ширины щелевого подводящего канала по сравнению с дискретным, при сохранении того же расхода и скорости охлаждающего воздуха. Указанные факторы приводят к увеличению интенсивности теплообмена. Кроме того, в этом случае более равномерным становится распределение коэффициентов теплоотдачи на внутренней поверхности циклонной камеры, что приводит к более равномерному температурному полю лопатки в области передней кромки.

Таким образом, обеспечивается ожидаемый технический результат, а именно: увеличение интенсивности теплообмена на внутренней боковой поверхности циклонной камеры, снижение гидравлического сопротивления циклонной камеры, а также уменьшение неравномерности тепловых потоков по высоте циклонной камеры.

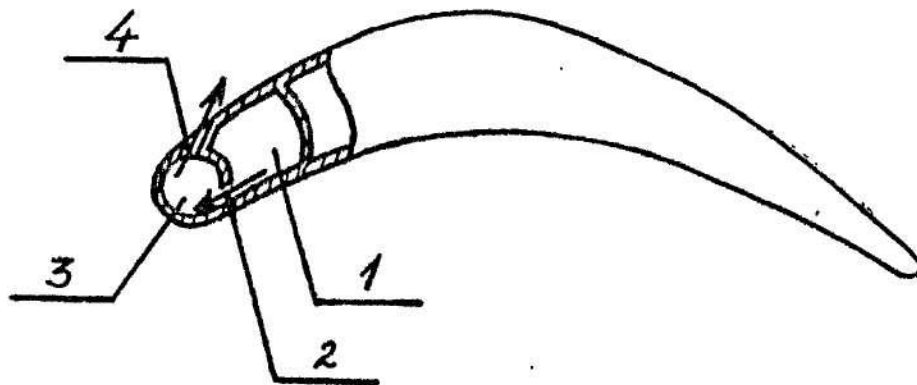
На фиг.1 представлена лопатка высокотемпературной газовой турбины с СЦ СО передней кромки, поперечный разрез; на фиг.2 - поперечное сечение циклонной камеры и схема характерных зон гидродинамики потока в ней.

Заявляемая струйно-циклонная система охлаждения состоит из коллектора 1, соединенного с подводящим щелевым каналом 2, циклонной камерой 3 с присоединенными к ней тангенциально подводящим 2 и отводящим щелевым каналом 4.

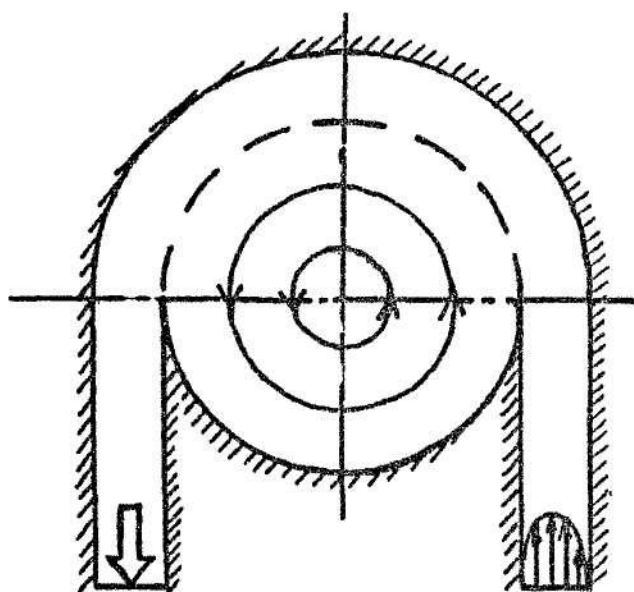
Предлагаемая струйно-циклонная система охлаждения работает следующим образом. Охлаждающий воздух из коллектора 1, куда он подводится после одной из промежуточных ступеней компрессора, через подводящий щелевой канал 2 поступает в циклонную камеру 3, создавая в ней интенсивное вихревое движение с высокой степенью турбулентности и высокими коэффициентами теплоотдачи на ее поверхности. После охлаждения внутренней боковой поверхности циклонной камеры струя покидает камеру через отводящий щелевой канал 4.

Как показали испытания, заявляемая система охлаждения способствует интенсификации теплообмена на внутренней боковой поверхности циклонной камеры, сокращению гидравлических потерь в камере, а также выравниванию неравномерности тепловых потоков по высоте передней кромки лопатки, что позволяет увеличить энергетическую эффективность системы охлаждения в целом и повысить надежность ее эксплуатации.

№	Признак	Прототип	Предлагаемое изобретение
1	Форма поперечного сечения циклонной камеры	Круг или эллипс	Поперечное сечение формируется двумя дугами concentрических окружностей, радиусы которые отличаются на величину ширины подводящего канала, причем образующие подводящего и отводящего каналов являются касательными к соответствующим дугам окружностей
2	Тип подводящих каналов	Дискретные каналы, места подвода охлаждающего воздуха расположены с некоторым шагом по высоте камеры	Подводящие и отводящие каналы выполнены щелевыми, ширина подводящих и отводящих каналов одинакова



Фиг.1



Фиг.2