

Изобретение относится к области теплоэнергетики, в частности к извлечению влаги из выхлопных газов парогазотурбинных установок смещения.

Известны способы регенерации влаги из парогазовой смеси путем конденсации пара на струях или каплях холодной жидкости [Итоги науки и техники. Турбостроение, т. 4. Манушин Э. А. Комбинированные энергетические установки с паровыми и газовыми турбинами. М: ВИНТИ, 1990, с. 95]. При этом течение газов и струй (капель) организуют в виде одномерных прямолинейных спутных или пересекающихся потоков. Интенсивность процесса тепломассообмена между непосредственно контактирующими теплоносителями зависит от их относительной скорости. Однако в одномерных потоках чем больше скорость теплоносителя, тем больше длина пути, необходимая для совершения процесса тепломассообмена, причем интенсификация тепломассообмена в результате роста скорости не компенсирует роста длины пути.

Наиболее близким к заявляемому способу, выбранным в качестве прототипа, является известный способ конденсации пара путем спутного ввода струй холодной жидкости в закрученный поток парагаза на его периферию [Андреев Е. И. Расчет тепломассообмена в контактных аппаратах. Л.: Энергоатомиздат, 1985. с. 13]. Под действием центробежных сил образуется вращающийся кольцевой слой диспергированной жидкости, стабилизированный радиальной составляющей потока парагаза. Последний, проходя через слой диспергированной жидкости, охлаждается, в результате чего пар выпадает в конденсат, а газ выходит в пространство внутри кольцевого слоя и эвакуируется. По мере накопления жидкость под действием силы тяжести стекает из диспергированного слоя вниз.

Наиболее близким техническим решением является контактный аппарат для конденсации пара, выбранный в качестве прототипа, который содержит газонаправляющую круговую решетку с каналами для тангенциальной подачи газа, газоотводящий патрубок с коллектором для тангенциальной подачи жидкости, причем выходные отверстия коллектора располагаются вблизи торцевой части круговой решетки со стороны отвода газа из аппарата [Авт. св. СССР № 4428071. Устройство для взаимодействия газа (пара) с кольцевым вращающимся слоем жидкости [Авт. изобрет, Е. И. Андреев, А. С. Желдаков, В. И. Сынькова, кл. В 01 D, опубл. в БИ № 34, 1974, с. 13]. Для обеспечения гидродинамической устойчивости газожидкостной системы производится тангенциальная подача газа и жидкости с вращением их в одну сторону. Вихревая камера располагается горизонтально и ограничена газонаправляющей круговой решеткой, верхним колпаком с газоотводящим патрубком и нижним колпаком со сливной камерой. Сливная камера имеет диаметр больше внутреннего диаметра круговой решетки.

Недостатки известного способа и устройства заключаются в следующем. Образованный на периферии вихревой камеры вращающийся кольцевой слой диспергированной жидкости состоит из большого числа капель различных диаметров, которые беспорядочно взаимодействуют друг с другом. Продавливание через такой слой в радиальном направлении парогазового потока имеет характер барботажного процесса. Оба эти фактора приводят к образованию большого количества капель (брызг) очень тонкой фракции (2-5 мкм). Такие капли быстро приобретают направление и величину скорости газового потока и очень легко уносятся им. Поэтому известное устройство должно иметь за собой по потоку высокоэффективный сепаратор, иначе унос жидкости будет слишком велик. Кроме того, слой диспергированной жидкости должен иметь небольшую толщину, чтобы он удерживался закручивающим действием газового потока. Лишняя жидкость просто стечет в сливную камеру. Отсюда и мал путь контакта парогазовой и жидкой сред, что отрицательно сказывается на эффективности процесса извлечения из парогазового потока. К тому же взаимное движение обеих сред имеет вид перекрестного тока, а не противотока.

Таким образом, слабая организация потоков парагаза и жидкости и их взаимодействия не позволяет осуществить высокоэффективный процесс конденсации влаги и сепарации жидкости.

В основу изобретения поставлена задача разработки эффективного способа регенерации жидкости из парогазовой смеси путем интенсификации процессов конденсации пара и сепарации жидкости (отделения ее от газа) за счет повышения относительной скорости жидкости и парогазового потока, организации их противотока, увеличения пути их взаимодействия, а также задача создания высокоэффективного конденсатора-сепаратора для осуществления указанного способа.

Поставленная задача решается тем, что в закрученный парогазовый поток в спутном тангенциальном направлении вводят диспергированную холодную жидкость, на каплях которой происходит конденсация пара, за счет центробежных сил капли жидкости вместе с осевшим на них конденсатом отводят на периферию закрученного парогазового потока, отделяют капли от этого потока и удаляют жидкость. В отличие от известного способа парагаз закручивают в виде вихрестoka, так что частицы парагаза движутся по траекториям в виде плоских спиралей от периферии вихрестoka к его центру, а жидкость распыливают в центральной зоне вихрестoka в направлении закрутки парагаза с большей, чем у парагаза скоростью, так что капли жидкости под действием центробежных сил движутся по траекториям в виде плоских спиралей от центра вихрестoka к его периферии, где жидкость собирают и эвакуируют.

Поставленная задача решается также тем, что в конденсаторе-сепараторе, содержащем цилиндрическую вихревую камеру с торцевыми крышками, по меньшей мере на одной из которых установлен осевой газоотводящий патрубок, газозакручивающее устройство, коллектор для тангенциальной подачи жидкости, сливную камеру для сбора жидкости и сливную трубу для ее эвакуации, согласно изобретению, газозакручивающее устройство выполнено в виде патрубков, равномерно и тангенциально расположенных по периферии торцевых крышек один против другого, и закрепленных под углом 10-15 градусов к радиальной плоскости вихревой камеры. Выше патрубков по радиусу расположена цилиндрическая обечайка, образующая в совокупности с торцевыми крышками кольцевую сливную камеру. В центре вихревой камеры соосно с ней во всю ее высоту расположен коллектор для подвода холодной жидкости, выполненный в виде цилиндрической решетки из трубок с укрепленными на них форсунками. Последние установлены таким образом, что их сопла образуют угол в 10—15 градусов к касательной окружности решетки в сторону закрутки парогазового потока. Вихревая камера выполнена с проходным сечением, уменьшающимся от ее периферии к центру, а газоотводящий патрубок имеет диаметр, меньший внутреннего диаметра цилиндрической решетки

из трубок.

Организация парогазового потока в виде плоского вихрестока, впрыск жидкости в центре этого вихрестока в спутном направлении с дальнейшим дрейфом капель жидкости с осаждающимся на них конденсатом по спиральным траекториям к периферии вихрестока позволяют увеличить путь и время взаимодействия капель и парогаса, то есть увеличить полноту извлечения влаги из парогаса в весьма ограниченном пространстве, позволяют организовать чистый противоток жидкости и парогаса в радиальном направлении без перетечек в осевом направлении, то есть интенсифицировать процесс конденсации и дать возможность лучше управлять им. Поскольку капли под действием центробежной силы движутся к периферии вихрестока, то одновременно осуществляют два процесса - конденсацию влаги из парогаса и сепарацию, то есть сбор жидкости на периферии вихрестока.

Для осуществления такого способа производят боковой тангенциальный ввод парогаса в вихревую камеру устройства через патрубки, установленные в торцевых крышках камеры. Чтобы парогазовый поток в камере получился плоским (без осевых течений), патрубки располагают равномерно и тангенциально по окружности на периферии вихревой камеры один против другого в противоположных торцевых крышках. Коллектор для подвода холодной жидкости в виде цилиндрической решетки из трубок с форсунками имеет длину, равную высоте вихревой камеры в центре, чтобы жидкость равномерно орошала последнюю по всему ее сечению. Внутренний диаметр коллектора больше диаметра газоотводящего патрубка, чтобы паровоздушный поток подходил к форсункам строго в радиально-тангенциальном направлении, а его поворот в осевом направлении к газоотводящему патрубку происходил уже внутри цилиндрической решетки из трубок после того, как парогазовый поток минует форсунки. Это сделано для того, чтобы исключить снос капель в вихревой камере в осевом направлении и уменьшить вероятность их оседания на торцевых крышках.

При движении парогаса от периферии к центру вихревой камеры его объем уменьшается из-за отбора из него пара за счет конденсации, а плотность растет из-за охлаждения. Чтобы при этом не уменьшалась центроостроительная аэродинамическая сила, действующая на каплю, что может привести к быстрому проскоку капель к периферии вихревой камеры под влиянием центробежной силы, вихревая камера выполнена с проходным сечением, уменьшающимся от периферии к центру.

На фиг. 1 представлено устройство для одновременной конденсации влаги из парогаса и сепарации жидкости - конденсатор-сепаратор в разрезе; на фиг. 2 - то же, вид сбоку без левой торцевой крышки.

Конденсатор-сепаратор содержит вихревую камеру 1, образованную торцевыми крышками 2 и 3 и снабженную газозакручивающим устройством в виде равномерно установленных на периферии торцевых крышек тангенциальных патрубков 4, расположенных один против другого под углом 10-15 градусов к радикальной плоскости. На крышках 2 и 3 установлены осевые газоотводящие патрубки 5 и 6 соответственно. Выше патрубков 4 по радиусу расположен цилиндрический корпус 7, образующий вместе с торцевыми крышками 2 и 3 кольцевую сливную камеру 8, снабженную сливной трубой 9. В центре камеры 1 по ее оси размещен коллектор 10, выполненный в виде цилиндрической решетки из трубок с укрепленными на них форсунками 11, сопла которых направлены под углом 10-15 градусов к касательной цилиндрической решетки в ту же сторону, что и газоподводящие патрубки 4. Высота решетки 10 равна высоте камеры 1 на радиусе, равном радиусу решетки 10. Диаметр газоотводящих патрубков 5 и 6 выполнен меньшим внутреннего диаметра решетки 10. Камера 1 имеет проходное сечение, уменьшающееся в направлении от ее периферии к центру, для чего крышки 2 и 3 спрофилированы в соответствии с необходимым изменением радиальной скорости парогаса по радиусу камеры 1.

Способ реализуется на предлагаемом устройстве следующим образом.

В вихревую камеру 1 тангенциально в одном и том же направлении подают через патрубки 4 парогаз и через форсунки 11 холодную жидкость. Капли жидкости увлекаются потоком парогаса во вращательное движение, из-за чего на них начинает действовать центробежная сила. В радиальном направлении парогаз движется от периферии вихревой камеры к ее центру, в результате на каплю действует аэродинамическая сила. Начальные скорости парогаса и капель, а также начальный диаметр последних подбирают такими, чтобы на начальной орбите капля находилась в динамическом равновесии под действием центробежной и аэродинамической сил. Постепенно на каплях оседает конденсат, их диаметр увеличивается. При этом центробежная сила растет пропорционально кубу диаметра, а аэродинамическая сила - его квадрату. Равновесие нарушается и капли дрейфуют к периферии вихревой камеры. Чтобы извлечь из парогаса побольше конденсата, дрейф необходимо сделать более медленным, а для этого на каждой новой орбите нужно обеспечить динамическое равновесие капель. Эксперименты показывают, что газ вращается в вихревой камере почти по закону свободного вихря, то есть тангенциальная скорость падает с увеличением радиуса вихря и центробежная сила, действующая на капли, ослабевает. Чтобы ослабить и аэродинамическую силу, нужно уменьшить радиальную скорость парогазового потока. Для этого торцевые крышки 2 и 3 профилируют в осевом сечении таким образом, чтобы проходное сечение вихревой камеры уменьшалось от периферии к центру.

Парогаз, оставив свою влагу на каплях холодной жидкости, проходит между трубками цилиндрической решетки 10 и затем удаляется через газоотводящие патрубки 5 и 6. Капли жидкости с осевшим на них конденсатом проходят радиус расположения патрубков 4, за которым действием аэродинамической силы прекращается. Под действием центробежной силы капли отбрасываются на внутреннюю поверхность корпуса 7, и по ней в виде пленки жидкость стекает вниз и удаляется через сливную трубу 9.

Таким образом, предложенный способ позволяет повысить эффективность регенерации жидкости из парогазового потока, интенсифицировать процесс конденсации, а предложенный конденсатор-сепаратор позволяет эффективно осуществить предлагаемый способ и совместить в весьма компактном устройстве два агрегата, необходимых для успешной регенерации жидкости, - конденсатор и сепаратор.

