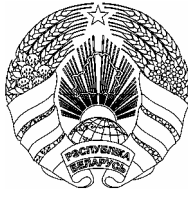


ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9446

(13) U

(46) 2013.08.30

(51) МПК

F 24F 3/00 (2006.01)

F 28D 1/00 (2006.01)

(54)

АППАРАТ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

(21) Номер заявки: u 20130091

(22) 2013.01.31

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный техно-
логический университет" (ВУ)

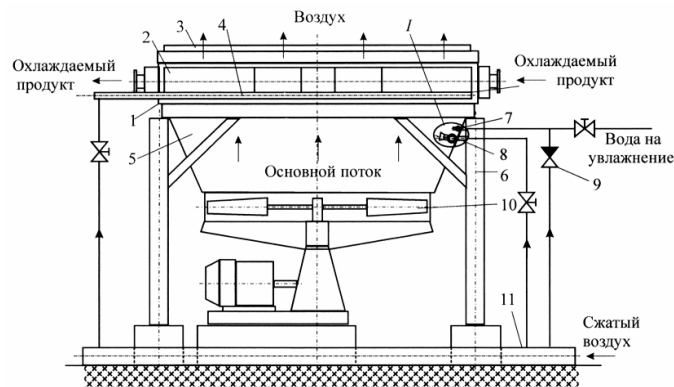
(72) Авторы: Кунтыш Владимир Борисович
(ВУ); Сухоцкий Альберт Борисович
(ВУ); Миннигалеев Альберт Шамиле-
вич (RU); Мулин Виктор Петрович
(RU)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусский государственный
технологический университет"
(ВУ)

(57)

1. Аппарат воздушного охлаждения, состоящий из блока горизонтально расположенных теплообменных секций с боковыми стенками и многорядных пучков из биметаллических ребристых труб, осевого нагнетательного вентилятора с электрическим приводом, диффузора с круглым поперечным сечением в зоне вращения колеса вентилятора и многоугольным, преимущественно прямоугольным, иногда круглым поперечным сечением в зоне присоединения к блоку теплообменных секций снизу, узла увлажнения охлаждающего воздуха перед поступлением в трубные пучки теплообменных секций, жалюзийного устройства, опорной металлоконструкции, отличающийся тем, что внутри диффузора по периметру в его верхней части расположен коллектор, соединенный с магистралью сжатого воздуха, размещенной на полу аппарата, при этом с коллектором механически соединены щелевые насадки, устья которых развернуты вверх в направлении центра на угол не менее 5° по отношению к горизонтальной плоскости.

2. Аппарат по п. 1, отличающийся тем, что щелевые насадки в зоне соединения с коллектором имеют круглое поперечное сечение, переходящее в расширяющееся прямоугольное с углом раскрытия $15-30^\circ$, при этом насадки равномерно расположены по периметру коллектора.



Фиг. 1

ВУ 9446 U 2013.08.30

3. Аппарат по п. 1, **отличающийся** тем, что снаружи крайних боковых стенок теплообменных секций блока на всю их длину установлено по одной распределительной гребенке, соединенной с магистралью сжатого воздуха, при этом гребенки снабжены плоскими расширяющимися наконечниками, концы которых незначительно выступают за внутреннюю поверхность боковой стенки и расположены равномерно посередине между первым и вторым поперечными рядами ребристых труб, считая со стороны диффузора, при этом продольная ось каждого наконечника перпендикулярна продольной оси ребристых труб.

4. Аппарат по п. 1, **отличающийся** тем, что узел увлажнения охлаждающего воздуха соединен с магистралью сжатого воздуха через запорно-регулирующую аппаратуру или посредством обратного клапана.

(56)

1. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / Под общ. ред. В.Б.Кунтыша, А.Н. Бессонного. - СПб.: Недра, 1996. - С. 28-29.

2. Патент RU на изобретение 2200907 С2, 2003.

3. Патент RU на изобретение 2266488 С1, 2005.

4. Сухорукова В.Г., Шмеркович В.М. Аппараты воздушного охлаждения в химической промышленности. Обзоры по отдельным производствам химической промышленности. - М.: НИИТЭХИМ, 1976. - С. 17.

5. Шмеркович В.М. Современные конструкции аппаратов воздушного охлаждения. Обзорная информация. Серия ХМ-1. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979. - С. 46.

6. Васильев Ю.Н., Марголин Г.А. Системы охлаждения компрессорных и нефтеперекачивающих станций. - М.: Недра, 1977. - С. 111 (прототип).

7. Кунтыш В.Б., Самылов А.И. Исследование теплоотдачи однорядных пучков из оребренных труб при совместном действии свободной и вынужденной конвекции воздуха // Изв. вузов. Энергетика. - 1999. - № 4. - С. 59-67.

Полезная модель относится к поверхностным рекуперативным теплообменникам типа аппарата воздушного охлаждения (АВО), повсеместно применяемым для охлаждения природного газа на компрессорных станциях (КС) магистральных газопроводов, в ректификационных установках разделения нефти, в крупнотоннажных производствах аммиака для минеральных удобрений, для охлаждения масла крупных силовых трансформаторов, для конденсации водяного пара в паротурбинных установках.

В общем случае конструкция любого АВО представляет аппарат, состоящий из двух основных частей: поверхности теплообмена (охлаждения) из биметаллических ребристых труб (БРТ), собранных в многорядный пучок с подсоединенными технологическими продуктовыми крышками и ограждающими боковыми стенками, образующих в целом теплообменную секцию, а также системы подачи охлаждающего атмосферного воздуха. Внутри БРТ однократно или по многократной схеме движется горячий технологический продукт (теплоноситель или энергоноситель). Охлаждающий воздух принудительным однократным поперечным током снаружи омывает БРТ, отводя от них тепловой поток, а затем нагретый воздух выбрасывается в окружающую среду. Наибольшее применение получили АВО горизонтального типа.

Известна конструкция АВО [1], состоящая из блока теплообменных секций, расположенных горизонтально на опорной металлоконструкции, и подсоединенного к нему снизу диффузора с узлом увлажнения воздуха, а также осевого нагнетательного вентилятора с электроприводом. Сверху теплообменных секций установлены жалюзи. Теплообменные секции имеют боковые стенки для организованного движения воздуха через межтрубное пространство пучка из БРТ.

Недостатками АВО являются большие габариты поверхности охлаждения в виде теплообменных секций, значительная металлоемкость их и аппарата в целом, высокая потребляемая мощность привода вентилятора, обусловленная большими потерями давления охлаждающего воздуха при движении его через многорядный пучок оребренных труб, и значительное количество труб в аппарате. Недостатки являются следствием незначительных значений коэффициента теплопередачи, что характерно для всех газожидкостных поверхностных теплообменников, типичным представителем которых являются АВО. У таких теплообменников невысокая интенсивность теплопередачи априори предопределена плохими теплофизическими свойствами воздуха, как охлаждающего теплоносителя, вследствие чего даже при принудительном его движении в среднем коэффициент теплоотдачи не превышает 50-60 Вт/(м · К) [1]. Коэффициент теплоотдачи внутри труб по створе охлаждающего продукта находится в интервале 600-4000 Вт/(м² · К). Известно, что коэффициент теплопередачи всегда меньше меньшего коэффициента теплоотдачи. Таким образом, АВО свойственна пониженная энергоэффективность.

Одним из направлений повышения энергоэффективности и экономичности АВО является интенсификация теплоотдачи воздуха и улучшение аэродинамики многорядного пучка из оребренных труб при прохождении охлаждающей среды. Одной из конструкций АВО, в которой реализовано это направление, является аппарат [2]. Новое в конструкции аппарата - это установка между опорами и на нижней плоскости блока теплообменных секций (во фронтальном сечении перед ними) металлической сетки с фильтрующим полотном из геотекстильного материала; наличие зигзагообразно расположенных водометных стволов со щелевыми наконечниками, ориентированных параллельно плоскости рамы и подсоединенных к воздушному компрессору. При этом водометные стволы направлены сверху вниз (против движения воздуха) и из центра к периметру, а по периметру аппарата на полу проложен лоток с водой.

Воздух, проходя через фильтрующее полотно, очищается от органических и неорганических примесей, благодаря чему уменьшается загрязнение поверхности оребрения биметаллических труб теплообменных секций и интенсифицируется теплопередача. При высоких температурах атмосферного воздуха применяется водяное орошение, реализуемое водометными стволами, а подвод сжатого воздуха в стволы диспергирует воду на мелкие частицы, что интенсифицирует процесс охлаждения воздуха с понижением его температуры до значения по мокрому термометру. Движение частиц воды сверху вниз дополнительно очищает воздух от мелких примесей и воздушной пыли, прошедших фильтрующее полотно, расположенное между опорами по периметру АВО на всю высоту от пола до теплообменного блока. Увлеченные частицами воды примеси оседают на пол и собираются в лоток с водой. Охлаждение воздуха водой позволяет лишь кратковременно интенсифицировать теплоотдачу воздуха.

Примененные в этой конструкции АВО новые технические решения не позволяют кардинально улучшить экономическую и энергетическую эффективность аппарата по следующим причинам:

1. Интенсификация теплопередачи не превышает 5-6 %, но при этом ощутимо (до 20 %) возрастает аэродинамическое сопротивление аппарата вследствие наличия фильтрующих полотен, через которые проходит весь поток воздуха. Пропорционально увеличивается электропотребление привода вентилятора, т.е. эксплуатационные затраты.

2. Продолжительность применения воды как интенсифицирующего теплообменного фактора сезонна и зависит от климатической зоны эксплуатации АВО. При отрицательных температурах вода замерзает, а для поддержания ее в жидком состоянии необходимы дополнительные энергетические затраты, и появляется целый ряд дополнительных устройств для обеспечения работоспособности этой системы.

3. Необходим источник воды, который не всегда имеется (например, в регионах с засушливым климатом), или вода находится в твердом состоянии (например, в Приполярье).

А именно на этих территориях расположено большое количество КС магистральных газопроводов, для которых и предложен этот АВО.

4. Серийные АВО, выпускаемые российской промышленностью, исключительно имеют нижнее расположение вентилятора, что не позволяет применить предложенные элементы в конструкции.

Известна конструкция АВО [3] для охлаждения природного газа на КС магистральных газопроводов, содержащая горизонтальные теплообменные секции с многорядными пучками из БРТ и боковыми стенками, опорную металлоконструкцию, нижнее расположение осевых вентиляторов, диффузоры, коллекторы входа воздуха и продольные боковые вытеснители с внутренней стороны стенок в нечетных поперечных рядах пучка. Экономичность аппарата обеспечивается снижением аэродинамического сопротивления вследствие разработанных конструктивных решений, обеспечивающих улучшенную аэродинамику движения воздуха через межтрубное пространство пучка, и оптимизации параметров проходного сечения коллекторов вентилятора и их обтекаемой формы. К сожалению, в работе не приведена количественная оценка и отсутствуют доказательства теплоэнергетической и экономической эффективности предложенных решений.

Представляется, что применение боковых вытеснителей, пусть даже весьма обтекаемых форм (они применяются самых разных поперечных сечений во всех промышленных АВО), а также оптимальных параметров входного коллектора воздуха в сочетании с плавными формами боковой поверхности не вызовут ощутимого снижения сопротивления аппарата по охлаждающей среде, а значит, и энергосбережения. Сопротивление аппарата в решающей мере определяется компоновочными параметрами БРТ в пучке, а также геометрией и формой ребер. Применение многовентиляторной конструкции вместо двухвентиляторной удорожает стоимость аппарата, снижает надежность, увеличивает затраты на ремонт и обслуживание. Увеличение агрегатной мощности привода вызывает снижение капитальных затрат, а здесь предлагается разукрупнение электропривода с применением 2,5-12,0 кВт номинальной мощности двигателей.

Вторым, более эффективным, направлением повышения экономичности эксплуатации АВО является выключение вентиляторов в холодное время года, т.е. применение естественной тяги воздуха через теплообменные секции вместо принудительной. Таким образом, обеспечивается съём тепла, равный 20-30 % [4] от расчетной производительности аппарата в теплое время года. А при температуре воздуха $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже может быть обеспечена полная расчетная теплопроизводительность аппарата без работающих вентиляторов [5]. При оснащении АВО дополнительными устройствами, усиливающими тягу воздуха, теплопроизводительность АВО может быть сохранена при более высоких температурах окружающего воздуха без потребления электроэнергии приводом вентилятора.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемым результатам является аппарат воздушного охлаждения [6], выбранный нами за прототип. Аппарат состоит из теплообменных секций прямоугольного фронтального сечения, расположенных горизонтально на опорной металлоконструкции. Трубные пучки секций многорядные и собраны из БРТ с алюминиевыми ребрами. Снизу к секциям присоединен диффузор, в коллекторе которого вращается колесо осевого вентилятора с электроприводом. Над теплообменными секциями имеется жалюзийное устройство. Стандартизированный аппарат дополнительно оборудован вытяжным устройством, которое представляет цилиндр диаметром 2,81 м и высотой 4-6 м, состыкованный с конфузуром. Конфузор смонтирован над теплообменными секциями и является также дополнительным элементом конструкции. Внутри труб движется охлаждаемая среда (в этом конкретном АВО - вода с входной температурой в среднем $55\text{ }^{\circ}\text{C}$). Температура атмосферного воздуха изменялась в интервале от $12,2$ до $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Установлено, что применение вытяжного устройства для интенсификации естественной конвекции воздуха обеспечивает расчетную теплопроизводительность аппарата при температуре атмосферного воздуха от $-0,5$ до $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при повышении температуры

до +12,2 °С теплопроизводительность снижается от 300 до 132 кВт, т.е. в 2,3 раза при отключенном вентиляторе. Совершенно очевидно, что применение интенсификации естественно-конвективного теплообмена воздуха значительно увеличивает эксплуатационную экономичность аппарата без дополнительных энергозатрат как в годовом, так и в суточном циклах работы. Рекомендуется принимать рациональную высоту вытяжного устройства равной 6 м.

Основными недостатками прототипа являются громоздкость устройства, что затрудняет его использование при ограниченных планированных объемах монтажа АВО, возрастает металлоемкость аппарата и возникают дополнительные нагрузки на металлоконструкцию еще и от ветрового давления; необходимость монтажа конфузора. Это в совокупности увеличивает капитальные затраты на аппарат. Полностью исключается возможность очистки наружной поверхности ребренных труб от загрязнений ввиду отсутствия свободного доступа к теплообменным секциям. Возрастает аэродинамическое сопротивление аппарата в случае принудительного движения воздуха.

Задача полезной модели - повышение эксплуатационной экономичности аппарата воздушного охлаждения при неизменных габаритах.

Поставленная задача достигается в аппарате воздушного охлаждения, состоящем из блока горизонтально расположенных теплообменных секций с боковыми стенками и многорядных пучков из биметаллических ребристых труб, осевого нагнетательного вентилятора с электрическим приводом, диффузора с круглым поперечным сечением в зоне вращения колеса вентилятора и многоугольным, преимущественно прямоугольным, иногда круглым поперечным сечением в зоне присоединения к блоку теплообменных секций снизу, узла увлажнения охлаждающего воздуха перед поступлением в трубные пучки теплообменных секций, жалюзийного устройства, опорной металлоконструкции, отличающемся тем, что внутри диффузора по периметру в его верхней части расположен коллектор, соединенный с магистралью сжатого воздуха, размещенной на полу аппарата, при этом с коллектором механически соединены щелевые насадки, устья которых развернуты вверх в направлении центра на угол не менее 5° по отношению к горизонтальной плоскости, причем узел увлажнения охлаждающего воздуха соединен с магистралью сжатого воздуха через запорно-регулирующую аппаратуру или посредством обратного клапана, а щелевые насадки в зоне соединения с коллектором имеют круглое поперечное сечение, переходящее в расширяющееся прямоугольное с углом раскрытия 15-30°, при этом насадки равномерно расположены по периметру коллектора, а снаружи крайних боковых стенок теплообменных секций блока на всю их длину установлено по одной распределительной гребенке, соединенной с магистралью сжатого воздуха, при этом гребенки снабжены плоскими расширяющимися наконечниками, концы которых незначительно выступают за внутреннюю поверхность боковой стенки и расположены равномерно посередине между первым и вторым поперечными рядами ребристых труб, считая со стороны диффузора, при этом продольная ось каждого наконечника перпендикулярна продольной оси ребристых труб.

Принципиальным отличительным конструктивным признаком заявляемого АВО является расположение внутри диффузора по периметру его верхней части коллектора с размещенными на нем щелевыми насадками, которые имеют выходное прямоугольное сечение с углом раскрытия 15-30°. В этом случае плоские воздушные струи при соответствующем количестве насадок полностью перекрывают фронтальное поперечное сечение аппарата перед теплообменными секциями при отключенном вентиляторе. Развернутость устьев насадок в направлении центра сверху усиливает естественное движение воздуха в направлении выхода из теплообменных секций. Режим теплообмена в аппарате по стороне охлаждающего воздуха переходит из естественного в смешанный, при котором отвод теплоты от охлаждаемой среды протекает в результате совместного действия естественной гравитационной и вынужденной конвекции, но затраты энергии на подачу сжатого воздуха и ввод его в аппарат в 5-6 раз меньше по сравнению с затратами энергии при вынужденном (принудительном) движении от вентилятора. При смешанной конвекции существенно интенсифицируется теплоотдача, которая увеличивается на порядок [7].

Стандартизованные АВО оснащены всегда узлом увлажнения воздуха, который включается лишь в отдельные жаркие дни, когда температура воздуха превышает расчетную, заложенную в тепловом расчете. В остальной период времени эксплуатации узел увлажнения бездействует. А работа АВО в режиме отключенного вентилятора происходит при пониженных температурах воздуха. Поэтому логично использовать этот узел по иному назначению, а именно для дополнительного ввода воздуха, учитывая то, что имеющиеся водяные форсунки могут создавать струйный поток. Для усиления интенсификации теплоотдачи массовый расход воздуха через этот узел должен составлять 10-15 % от расхода воздуха через коллектор.

Также новым конструктивным элементом в аппарате являются распределительные гребенки, размещенные по всей длине наружной боковой стенки крайних теплообменных секций блока. На каждой стенке находится одна гребенка с равномерно распределенными по ее длине наконечниками прямоугольного выходного поперечного сечения, причем устья наконечников незначительно выходят за внутреннюю боковую поверхность стенки с целью предотвращения роста аэродинамического сопротивления при обтекании потоком концевых участков наконечников. В месте соединения с гребенкой наконечники имеют круглое поперечное сечение, которое плавно переходит в прямоугольное, формирующее плоскую струю воздуха. Гребенки подсоединены к магистрали сжатого воздуха. Наконечники находятся на линии, проходящей посередине между первым и вторым поперечными рядами труб. Расположение наконечников горизонтальное и вызвано тем, чтобы обеспечить направление струи воздуха перпендикулярно направлению движения основного восходящего потока воздуха, что способствует росту турбулизации движения и дополнительному усилению теплообмена в режиме смешанной конвекции. Более холодный воздух от гребенок смешивается с основным потоком воздуха, подогретым первым рядом оребренных труб, снижает его температуру и тем самым увеличивает среднюю разность температур охлаждаемой среды (технологического продукта внутри труб) и воздуха, набегающего на второй ряд. От этого воздействия возрастает отводимый тепловой поток аппаратом. Масса воздуха, вводимого через гребенки, составляет 20-25 % от массы воздуха, вводимого через коллектор.

Дополнительное потребление электроэнергии на сжатие и ввод воздуха в аппарат через коллектор, распределительные гребенки и узел увлажнения с целью перевода его эксплуатации в режим смешанной конвекции при полностью отключенном нагнетательном осевом вентиляторе будет иметь место в сравнении с прототипом. Расчеты указывают, что эта величина будет не более 5 % от затрат энергии на привод вентилятора, но при этом существенно возрастет экономия в потреблении электроэнергии от увеличения продолжительности эксплуатации аппарата с отключенным вентилятором в режиме смешанной конвекции из-за расширения рабочей области отрицательных температур воздуха, что обусловлено более интенсифицированным теплообменом в сравнении с эксплуатацией АВО при наличии вытяжной шахты.

При отсутствии вытяжной шахты уменьшается металлоемкость, требуются меньшие свободные объемы для установки аппарата, упрощается обслуживание.

Таким образом, в заявленном аппарате воздушного охлаждения полностью решена сформулированная задача.

Полезная модель поясняется фиг. 1-5. На фиг. 1 изображен общий вид аппарата воздушного охлаждения (вид сбоку); на фиг. 2 представлен вид спереди этого аппарата; на фиг. 3 показан фрагмент I компоновки отдельных элементов воздушного коллектора и узла увлажнения в диффузоре; на фиг. 4 приведен общий вид воздушного коллектора (вид сверху) как сборочной единицы; на фиг. 5 изображен фрагмент II соединения плоских наконечников с боковой стенкой и их расположения в межтрубном пространстве теплообменной секции.

АВО состоит из блока горизонтальных теплообменных секций 1, количество которых в нем равно трем; боковых стенок 2; жалюзийного устройства 3; распределительной гребенки 4; диффузора 5; опорной металлоконструкции 6; узла увлажнения 7; коллектора 8; обрат-

ного клапана 9; осевого нагнетательного вентилятора 10 с электроприводом; магистрали сжатого воздуха 11. С коллектором 8 (фиг. 3) механически соединены щелевые насадки 12, основание которых имеет круглое поперечное сечение диаметром d_n , переходящее в прямоугольное с углом раскрытия $\gamma = 15-30^\circ$. Для расчета значения d_n принимают скорость воздуха в круглом сечении 8-10 м/с. Насадки равномерно размещены (фиг. 4) по периметру коллектора, а устья их развернуты вверх на угол β не менее 5° по отношению к горизонтальной плоскости. Воздух к коллектору подводится через штуцер 15. Узел увлажнения 7 включает круглую трубу и присоединенные к ней механические форсунки 13. Сжатый воздух подводится через штуцер 14. Форсунки равномерно размещены по периметру трубы.

Распределительная гребенка 4 включает плоские расширяющиеся наконечники 16, которые равномерно расположены по длине гребенки. Многорядный пучок теплообменной секции 1 состоит из биметаллических ребристых труб 18 с диаметром по основанию ребер d_0 , скомпонованных шахматно с поперечным S_1 и продольным S_2 шагом в поперечные ряды (на фиг. 5 показаны отдельные элементы 1-го и 2-го рядов). В нечетных рядах установлены гладкие вытеснители 17 для сохранения постоянного поперечного сечения для прохода воздуха в каждом ряду. Наконечники 14 расположены на середине расстояния между осями указанных рядов.

АВО работает следующим образом. Внутри биметаллических ребристых труб 18 многорядных пучков теплообменных секций 1 направляется охлаждаемый продукт (горячий теплоноситель), который конденсируется или охлаждается, передавая тепло через стенки труб и ребер, выполненных из теплопроводного металла. В результате продукт охлаждается и покидает теплообменные секции. Подведенное от охлаждаемого продукта к поверхности ребристых труб тепло отводится вынужденной (принудительной) конвекцией охлаждающего воздуха, подаваемого вращающимся колесом 10 вентилятора с приводом от электродвигателя к теплообменным секциям с помощью диффузора 5. Принудительный поток воздуха омывает снаружи ребристые трубы, нагревается и выбрасывается из теплообменных секций в атмосферу. Каждая теплообменная секция АВО состоит из 4-8 поперечных рядов ребристых труб. Боковые стенки в теплообменной секции служат для обеспечения организованного движения воздуха через межтрубное пространство и предотвращают обходные течения. Чтобы не создавать дополнительного аэродинамического сопротивления принудительному потоку воздуха, жалюзийное устройство 3 открыто. В период вынужденного движения охлаждающего воздуха из магистрали 11 сжатый воздух не подается к штуцерам 14 и 15.

В описанном режиме эксплуатации тепловой поток (теплопроизводительность) АВО соответствует некоторому значению Q , Вт, для расчетной положительной температуры t_p воздуха. С понижением температуры воздуха $t_b < t_p$ тепловой поток АВО увеличивается, что не требуется технологическим регламентом или недопустимо по причине переохлаждения продукта. Такой режим эксплуатации в конечном итоге вызывает увеличение потребляемой электроэнергии на привод вентилятора. Для поддержания $Q = \text{const}$ отключается электропривод вентилятора, жалюзийное устройство открывается полностью и АВО переводится в энергосберегающий режим эксплуатации, при котором тепловой поток Q полностью отводится естественной конвекцией воздуха через аппарат. Движение воздуха обусловлено разностью его плотности на выходе из теплообменных секций и плотностью окружающего воздуха (на входе в теплообменные секции).

Тепловой поток аппарата в режиме естественной конвекции воздуха, Вт:

$$Q = \alpha F(t_{ст} - t_0), \quad (1)$$

где $\alpha \approx 0,8-1,8$ Вт/(м² · К) - общий коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением; F - площадь поверхности оребрения аппарата, м²; $t_{ст}$ - температура поверхности ребристых труб у основания ребра, °С; t_0 - температура воздуха, °С.

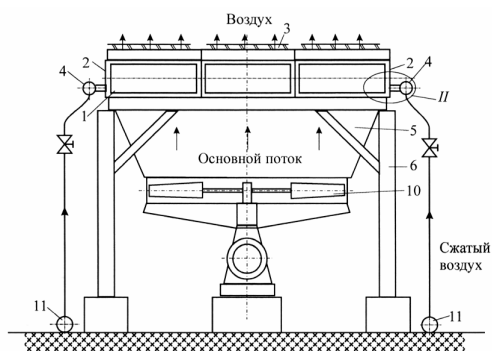
Значение α зависит от конструкции АВО, его трубного пучка и параметров ребристой трубы. Расчеты показывают, что для стандартизированных АВО значение $t_0 = -30-40$ °С,

при котором поддерживается $Q = \text{const}$ в этом режиме эксплуатации. Продолжительность периодов таких низких температур воздуха небольшая даже для районов Крайнего Севера, Приполярья, Европейского Севера, где эксплуатируются тысячи АВО на компрессорных станциях газопроводов.

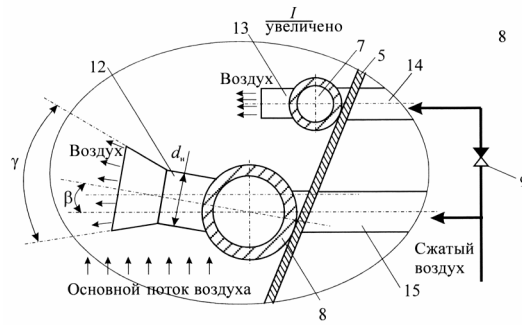
В предлагаемой полезной модели режим отвода теплового потока Q заменен на режим смешанной конвекции без применения громоздких вытяжных шахт. Аппарат эксплуатируется следующим образом. В магистраль 11 подается сжатый воздух, например, от компрессора, который поступает к штуцеру 15 коллектора 8, далее из него к щелевым насадкам 12 и из них в виде плоских струй направляется к центру диффузора в направлении вверх к теплообменным секциям. Одновременно перекрывается подача воды к узлу увлажнения 7, под действием давления сжатого воздуха открывается обратный клапан 9, воздух направляется к штуцеру 14 и далее в трубу, с которой соединены механические форсунки 13, а из них - в пространство диффузора. Оптимальный расход воздуха, вводимого в аппарат через коллектор и узел увлажнения, должен обеспечить его скорость во фронтальном (свободном) сечении перед теплообменными секциями 0,15-0,20 м/с, которой будет соответствовать скорость в сжатом сечении пучка теплообменной секции $w = 0,30-0,55$ м/с. Значение числа Рейнольдса $Re = w d_0/v \approx 600-1100$, где v - коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$. Режим естественно-конвективного теплообмена переведен в смешанный режим отвода теплоты, что сопровождается увеличением интенсивности теплоотдачи α в 5,5-11,0 раза [7] для этих значений Re . При отсутствии в аппарате узла увлажнения весь расход воздуха вводится через коллектор. Вводимый воздух смешивается с основным потоком воздуха, вызванного естественной конвекцией, усиливает тягу и интенсифицирует теплообмен смешанной конвекцией. Одновременно подается от магистрали 11 сжатый воздух к распределительным гребенкам 4 и из них через накопечники 16, формирующие плоские струи, направляется в межтрубное пространство теплообменных секций между 1-м и 2-м поперечными рядами ребристых труб. Струи воздуха турбулизируют течение основного потока воздуха, поступающего из диффузора, увеличивая теплоотдачу на 15-20 %. Итоговым действием применения в АВО режима смешанной конвекции воздуха для обеспечения $Q = \text{const}$ является существенное повышение значения предельной отрицательной температуры воздуха t_0 . По нашим расчетам она составляет величину $t_0 = -(12-5)^\circ\text{C}$. Поддержание постоянного теплового потока при повышении t_0 достигается некоторыми затратами электроэнергии на подготовку сжатого воздуха, но они не превышают 2 кВт потребляемой мощности.

Таким образом, годовое снижение энергопотребления аппаратом составит не менее 1,3-1,5 раза, существенно возрастает эксплуатационная экономичность предлагаемого АВО.

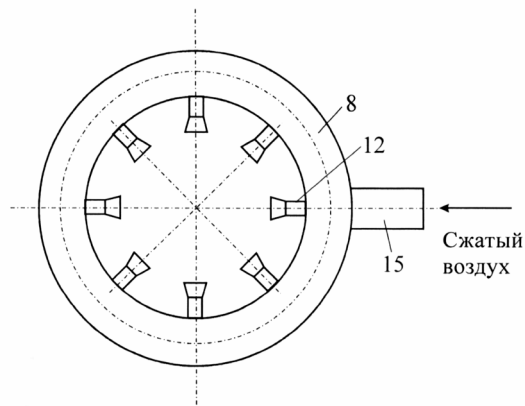
Полезная модель может быть использована заводами по изготовлению АВО, а также проектно-конструкторскими институтами нефтехимического и газового машиностроения; нефтеперерабатывающими, химическими предприятиями и компрессорными станциями магистральных газопроводов.



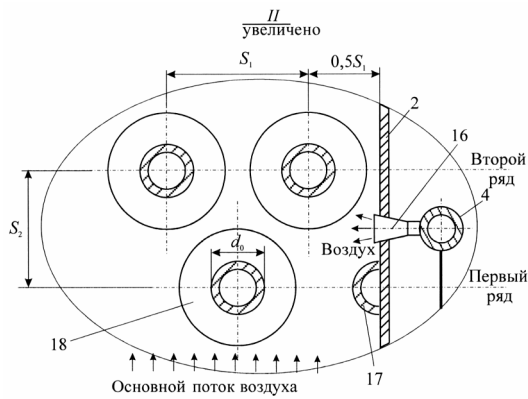
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5