

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 8597

(13) U

(46) 2012.10.30

(51) МПК

F 28D 1/04 (2006.01)

(54)

АППАРАТ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

(21) Номер заявки: u 20120218

(22) 2012.03.01

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

(72) Авторы: Кунтыш Владимир Борисович
(ВУ); Сухоцкий Альберт Борисович
(ВУ); Санкович Евгений Савельевич
(ВУ); Мулин Виктор Петрович (RU)

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

(57)

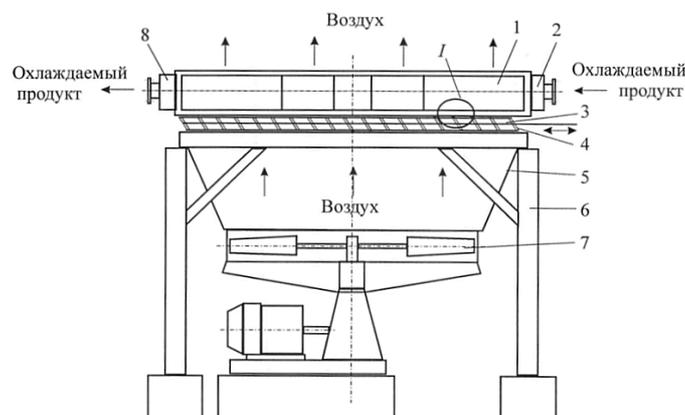
1. Аппарат воздушного охлаждения, содержащий теплообменные секции из круглоребристых труб, опорную конструкцию, нагнетательный осевой вентилятор с приводом, диффузор, жалюзийное устройство с поворотными лопатками, отличающийся тем, что жалюзийное устройство расположено между теплообменными секциями и выходным сечением диффузора, причем продольная ось лопаток перпендикулярна оси круглоребристых труб.

2. Аппарат воздушного охлаждения по п. 1, отличающийся тем, что при полностью открытых лопатках жалюзийного устройства торец их вплотную соприкасается с вершиной ребер труб первого ряда секций.

3. Аппарат воздушного охлаждения по п. 1, отличающийся тем, что концы лопаток закруглены, а лопатки имеют прямоугольное поперечное сечение.

(56)

1. Васильев Ю.Н., Марголин Г.А. Системы охлаждения компрессорных и нефтеперекачивающих станций. - М.: Недра, 1977. - С. 63-64.



Фиг. 1

2. Кунтыш В.Б., Бессонный А.Н., Дрейцер Г.А., Егоров И.Ф. Примеры расчетов нестандартизированных эффективных теплообменников. - СПб.: Недра, 2000. - С. 165-221.
 3. А.с. СССР 1688095 А1, МПК F 28D 7/00, 1991.
 4. Патент RU на изобретение 2213920, МПК F 28D 3/02, 2003.
 5. Патент РБ на изобретение 9234, МПК F 28F 1/24, F 23L 15/04, 2006.
 6. Патент РБ на полезную модель 5951, МПК F 28F 1/24, F 28F 9/00, 2010.
 7. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / Под общ. ред. В.Б.Кунтыша, А.Н.Бессонного. - СПб.: Недра, 1996. - С. 29 (прототип).
 8. Кунтыш В.Б., Федотова Л.М. Влияние угла атаки воздушного потока на теплообмен и сопротивление шахматного пучка оребренных труб // Изв. вузов. Энергетика. - 1983. - № 4. - С. 93-96.
-

Полезная модель относится к аппаратам воздушного охлаждения (АВО) [1] с напорным расположением осевого вентилятора и теплообменными секциями из биметаллических труб со спиральными алюминиевыми ребрами. Такие аппараты предназначены для конденсации и охлаждения парообразных и жидких сред при переработки нефти и нефтепродуктов в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и смежных отраслях промышленности, для охлаждения природного газа на компрессорных станциях магистральных газопроводов, в электроэнергетике для охлаждения масла крупных силовых трансформаторов.

Материалоемкость и стоимость АВО в большей мере определяется энергетической эффективностью теплообменных секций, на которую оказывает доминирующее влияние интенсивность теплоотдачи от оребрения к потоку охлаждающего воздуха. Коэффициент теплоотдачи по воздушной стороне теплообменных секций АВО составляет 20-50 Вт/(м²·с) [2], который на один, два порядка меньше коэффициента теплоотдачи со стороны охлаждаемого продукта (бензин, керосин, аммиак, минеральные масла и т.д.), движущегося внутри биметаллических ребристых труб. Очевидна целесообразность повышения энергоэффективности АВО интенсификацией теплоотдачи от оребрения к охлаждающему воздуху, движущемуся снаружи перпендикулярно продольной оси теплообменных труб секции. По настоящее время преимущественным направлением интенсификации теплообмена в АВО является разрушение пограничного слоя воздуха на боковой поверхности ребер, его турбулизация в межреберных полостях и изменение характера обтекания труб по периметру, воздействием на указанные явления собственно поверхностью оребрения путем ее деформации [3-5]. Однако с повышением теплоотдачи наблюдается и рост потерь давления воздуха (аэродинамического сопротивления) теплообменных секций АВО, и не всегда эти процессы проходили в одинаковой пропорции, что является оптимальным решением. При таком подходе требуется выполнение дополнительных технологических операций над теплообменными трубами (обрезка ребер в кормовой половине [3], расчленение их на короткие пластинки-турбулизаторы [4], подгибка ребер [5]). Это повышает стоимость АВО и снижает производительность труда при сборке теплообменных секций.

Известно техническое решение [6], в котором для интенсификации теплоотдачи разрушением пограничного слоя и увеличения турбулентности в первых рядах труб теплообменных секций применен, собственно, набегающий поток воздуха, из которого формировались струи. Для этого устанавливали вплотную к ребрам труб первого ряда перфорированный отверстиями плоский лист. Струи воздуха турбулизировали и деформировали пограничный слой на оребренной поверхности и увеличивали турбулизацию течения в межтрубном пространстве, но это ограничивалось лишь первыми двумя поперечными рядами в шахматной компоновке. Последующие ряды труб находятся вне досягаемости струй воздуха, поэтому интенсивность теплообмена на этих рядах остается неизменной. Следовательно, наибольший эффект достигается лишь на малорядных пучках труб с количеством рядов, не превышающим трех, а теплообменные секции АВО являются многорядными [1]. Установка

BY 8597 U 2012.10.30

перфорированного отверстиями листа перед оребренными трубами вызывает рост аэродинамического сопротивления, так как лист является источником местного сопротивления. Также требуются дополнительные затраты на изготовление и установку листа. Анализируемое техническое решение целесообразно применять в тех теплообменных устройствах, в которых потери давления потока не играют принципиального значения, а актуально достижение высокой интенсивности теплоотдачи, что характерно для теплообменников транспортных машин, а АВО - это стационарные устройства. Совершенно очевидно, что, управляя гидродинамикой набегающего на поверхность теплообмена потока воздуха предоставляют возможность ее энергетического совершенствования. Вместе с этим для получения наибольшей энергетической эффективности желательно использовать имеющийся в теплообменнике (аппарате) конструктивный элемент, реализовав наряду с выполняемой им целью новое функциональное назначение, а именно управление (изменение) гидродинамики набегающего воздушного эффекта. В таком случае не потребуются дополнительные затраты мощности на прокачку воздуха и капитальные затраты. Стоимость аппарата останется без изменения.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемым результатам является аппарат воздушного охлаждения [7], выбранный нами за прототип. Аппарат состоит из теплообменных секций прямоугольного фронтального сечения, расположенных на опорной конструкции; имеет нагнетательный осевой вентилятор с приводом и диффузор для формирования организованного подвода воздуха к теплообменным секциям. Над теплообменными секциями (секцией) имеется жалюзийное устройство с поворотными лопатками, продольная ось которых параллельна продольной оси теплообменных труб. Жалюзийное устройство выполняет лишь функцию регулирования расхода воздуха через межтрубное пространство, создаваемого осевым вентилятором. В теплообменных секциях, собираемых из круглоребристых труб длиной от 1,5 до 12 м, они расположены в шахматном порядке. Число поперечных рядов труб в секции преимущественно шесть, восемь, реже четыре. Поперечный шаг труб $S_1 \approx 58$ или 64 мм при наружном диаметре ребра $56 \approx 57$ мм. Разбивка труб в решетках секции выполняется по вершинам равностороннего треугольника. Внутри труб движется охлаждаемый продукт (пар, газ, жидкость и т.д.). При любом положении угла наклона лопаток жалюзийного устройства поток воздуха в межтрубном пространстве секций движется перпендикулярно продольной оси труб, обтекая боковые поверхности ребер параллельно. Высокие ребра с малым шагом их расположения на трубе образуют узкие межреберные полости, которые препятствуют перемешиванию воздуха в межтрубном пространстве секций, в результате чего снижается средний температурный напор аппарата. Компенсацией этого недостатка является увеличение площади теплопередачи АВО и, как следствие, габаритов и металлоемкости.

Таким образом, АВО присущи все те недостатки, которые характерны для любого газожидкостного стационарного теплообменника.

Задача полезной модели - повышение энергетической эффективности аппарата воздушного охлаждения.

Поставленная задача достигается в аппарате воздушного охлаждения, содержащем теплообменные секции из круглоребристых труб, опорную конструкцию, нагнетательный осевой вентилятор с приводом, диффузор, жалюзийное устройство с поворотными лопатками, при этом жалюзийное устройство расположено между теплообменными секциями и выходным сечением диффузора, причем продольная ось лопаток перпендикулярна оси круглоребристых труб, а при полностью открытых лопатках жалюзийного устройства торец их вплотную соприкасается с вершиной ребер труб первого ряда секций, вместе с этим лопатки имеют прямоугольное поперечное сечение с закругленными их концами.

Отличительным признаком предлагаемой конструкции АВО является расположение жалюзийного устройства с поворотными лопатками между выходным сечением диффузора и теплообменными секциями, т.е. на входе охлаждающего воздуха в межтрубное про-

BY 8597 U 2012.10.30

странство секций, при этом продольная ось лопаток перпендикулярна оси круглоребристых труб. Это принципиальное отличие по сравнению с прототипом. При полностью открытых жалюзях их боковая поверхность (плоскость) параллельна боковой поверхности ребер и движение охлаждающего воздуха является плоскопараллельным по отношению к поверхности ребер и перпендикулярным в сравнении с осью труб. Угол атаки труб с воздухом равен $\beta = 90^\circ$, т.е. это угол между направлением вектора скорости набегающего потока и осью труб. И в этом положении лопаток характер обтекания труб секции (секций) остается таким же, как и при расположении жалюзийного устройства над теплообменными секциями, т.е. в сечении выхода воздуха из них, что было в прототипе. При уменьшении угла атаки потока $\beta < 90^\circ$, что имеет место при повороте лопаток жалюзи в направлении закрытия, происходят существенные изменения в характере (гидродинамике) обтекания потоком ребер. Его направление изменяется от плоско-параллельного к "косому", поток ударяется о торец ребер, возникает вихреобразование и разрушение пограничного слоя на боковой поверхности ребер, вихри диффундируют в межреберные полости и турбулизируют течение воздуха в них. что в комплексе интенсифицирует теплоотдачу, а возникшее перемешивание потока выравнивает температурное поле и увеличивает средний температурный напор. Жалюзийное устройство при предлагаемом расположении приобретает дополнительное функциональное назначение - интенсификатора теплоотдачи при сохранении функции регулятора расхода воздуха через АВО. Исключительное значение такой интенсификации заключается в том, что она достигается без дополнительных затрат мощности. Потеря давления воздуха в АВО не изменилась от перемены расположения жалюзийного устройства.

Расположение торцов лопаток вплотную к вершине ребер труб первого ряда предотвращает перетечку воздуха в направлении оси труб, а это понизило бы интенсифицирующий эффект. Лопатки прямоугольного поперечного сечения с закругленными (плавными обводами) концами в сравнении с прототипом, у которого лопатки имеют сечение близкое к эллиптическому, и острые концы, обладают меньшим аэродинамическим сопротивлением. По этой причине лопатки предпочтительно изготавливать из композиционных материалов, например из стеклопластика, с малой шероховатостью по сравнению с металлическими. В итоге обеспечивается повышение энергетической эффективности АВО.

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

Полезная модель поясняется фиг. 1, 2. На фиг. 1 изображен общий вид аппарата воздушного охлаждения (вид сбоку); на фиг. 2 дан фрагмент расположения лопаток жалюзийного устройства и трубы первого поперечного ряда секций.

АВО состоит из теплообменных секций 1 с камерами 2 ввода и 8 вывода охлаждаемого продукта внутри круглоребристых труб 10, жалюзийного устройства 3 с поворотными лопатками 4, закрепленных на штоке (штоках) 9, диффузора 5, опорной конструкции 6, осевого вентилятора 7 с приводом. Шток 9 может поступательно перемещаться вправо-влево, как показано стрелками, и тем самым выставляется требуемый угол β атаки воздухом ребер.

АВО работает следующим образом. В теплообменные секции 1 через камеры ввода 2 направляется охлаждаемый продукт (горячий теплоноситель) внутри труб 10 с круглыми ребрами, который конденсируется или охлаждается, передавая тепло через стенки труб и ребер, выполненных из теплопроводного металла. В результате продукт охлаждается и через камеры 8 вывода покидает теплообменные секции. Осевой вентилятор 7 с приводом подает воздух через диффузор 5, к выходному сечению которого пристыковано жалюзийное устройство 3 с поворотными лопатками 4, проходя которое воздух набегае на теплообменные трубы секций, обтекая их снаружи в межтрубном пространстве. Воздух воспринимает тепло, отведенное от охлаждаемого продукта, и далее на выходе из секций выбрасывается в окружающую среду. Теплообменные секции, жалюзийное устройство, диффузор монтируются на опорной конструкции 6.

При угле атаки $\beta < 90^\circ$ поток воздуха через межлопаточные каналы жалюзийного устройства 3 набегаёт на трубы 10 первого и второго поперечных рядов, ударяется о торец и боковую поверхность ребер. Вследствие ударного воздействия потока происходит разрушение пограничного слоя на ребрах, образование вихрей, которые выносятся в межреберные полости и далее в межтрубное пространство секций, увеличивая турбулентность и перемешивание воздуха. В результате этих гидродинамических и тепловых процессов интенсифицируется теплоотдача от оребрения к воздуху, а следовательно возрастает коэффициент теплопередачи и увеличивается средний температурный напор Δt_{cp} , °С, АВО. При одинаковом тепловом потоке Q , Вт, передаваемом АВО, площадь теплопередачи (теплообмена) уменьшится в соответствии с формулой

$$F = Q / (k \cdot \Delta t_{cp}), \text{ м}^2,$$

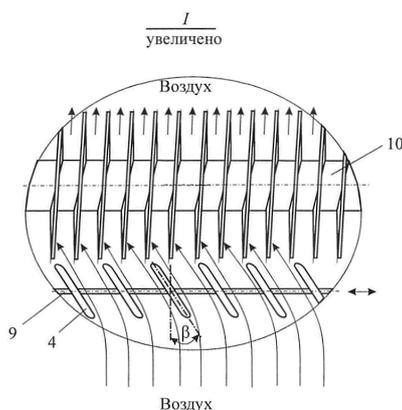
где k - коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С).

Меньшему значению F соответствует и меньшая металлоемкость аппарата.

Таким образом, полезная модель обладает повышенной энергетической эффективностью.

Для проверки принятых теоретических положений интенсификации теплоотдачи изменением направления набегающего воздушного потока на теплообменную секцию выполнено экспериментальное исследование [8] шестирядных шахматных пучков в интервале изменения $\beta = 90-60^\circ$. Объектом исследования были серийные круглоребристые трубы промышленных АВО. Их геометрические параметры $d \times d_0 \times h \times s \times \Delta = 55,5 \times 26,5 \times 14,5 \times 2,97 \times 0,85$ мм, коэффициент оребрения $\phi = 16,4$. Здесь d , $d_0 = d - 2h$, h , s , Δ - соответственно наружный диаметр ребра; диаметр по основанию ребра; высота, шаг и средняя толщина ребра. Ребра алюминиевые, спирально накатные. Несущая труба стальная наружного диаметра $d_n = 25$ мм при толщине стенки 2 мм. Шаг труб в решетках $S_1 = 64,7$ мм (поперечный), $S_2 = 51,1$ мм (продольный). Получено, что при уменьшении до $\beta = 60^\circ$ увеличение теплоотдачи составило 17%. Опыты подтвердили теоретические предпосылки, которые реализованы в конструкции полезной модели АВО. Выполненные нами расчеты указывают на повышение энергетической эффективности в 1,10-1,15 раза при соответствующем снижении металлоемкости.

Полезная модель может быть использована заводами по изготовлению АВО, а также проектно-конструкторскими институтами химического, нефтяного, газового машиностроения и потребителями АВО топливно-энергетического комплекса.



Фиг. 2