

ОПИСАНИЕ  
ПОЛЕЗНОЙ  
МОДЕЛИ К  
ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13794

(13) U

(45) 2025.08.20

(51) МПК

F 04D 27/00 (2006.01)

(54) АППАРАТ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ С ВЫТЯЖНОЙ  
ШАХТОЙ И РЕГУЛЯТОРОМ ПЛОЩАДИ ПРОХОДНОГО СЕЧЕНИЯ  
ПОТОКА ВОЗДУХА

(21) Номер заявки: u 20250075

(22) 2025.04.09

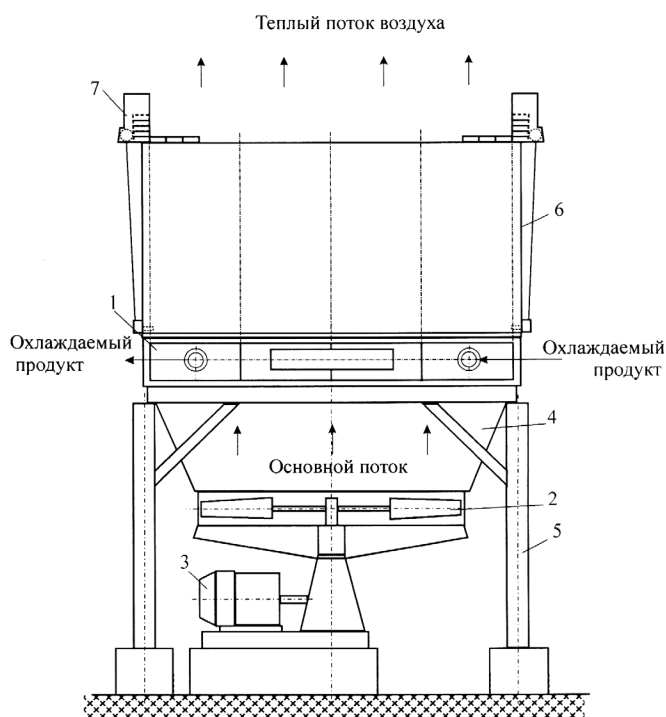
(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Белорусский государственный тех-  
нологический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Сухоцкий Альберт Борисо-  
вич; Маршалова Галина Сергеевна;  
Данильчик Екатерина Сергеевна; Ост-  
ровская Дарья Витальевна (ВУ)

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

(57)

Аппарат воздушного охлаждения с вытяжной шахтой, состоящий из блока горизонтально расположенных теплообменных секций многорядных трубных пучков, осевого нагнетательного вентилятора с электрическим приводом, диффузора с круглым поперечным сечением в зоне вращения колеса вентилятора, опорной металлоконструкции, установленной над трубными пучками вытяжной шахты, отличающийся тем, что на вытяжной шахте установлен регулятор площади проходного сечения вытяжной шахты.



(56)

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

2. ВАСИЛЬЕВ Ю.Н. и др. Системы охлаждения компрессорных и нефтеперекачивающих станций. Москва: Недра, 1977, с. 110.

3. СУХОЦКИЙ А.Б. и др. Особенности гравитационного течения нагретого воздуха в вытяжной шахте над оребренным пучком. Тепловые процессы в технике. 2018, № 1-2, т. 10, с. 62-70.

4. ВУ 12027, 2019 (прототип).

5. МАРШАЛОВА Г.С. и др. Повышение энергосбережения в аппаратах воздушного охлаждения интенсификацией внешнего теплообмена. Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2020, № 1, с. 3-7.

---

Полезная модель относится к поверхностным рекуперативным теплообменникам типа аппарат воздушного охлаждения (АВО), применяемым для охлаждения природного газа на компрессорных станциях магистральных газопроводов, в процессах нефтехимии - в производстве стирола, полистирола, этанола, ацетальдегида, капролактана, в нефтеперерабатывающей промышленности для охлаждения продуктов разделения нефти, в коксохимической промышленности в процессах охлаждения коксового газа, дистилляции бензола, очистки коксового газа от сероводорода, в энергетике в системах охлаждения масла трансформаторов, для охлаждения воды в сухих градирнях и др.

В общем случае конструкция любого АВО представляет собой аппарат, состоящий из двух основных частей: трубного пучка из биметаллических ребристых труб (БРТ) с подсоединенными к нему технологическими продуктовыми крышками и ограждающими боковыми стенками, образующих в целом теплообменную секцию, а также систему подачи охлаждающего атмосферного воздуха. Внутри БРТ движется горячий теплоноситель. 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 электрическим приводом. 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, а также отсутствие интенсифицирующих теплоотдачу устройств.

Перспективным направлением повышения экономичности эксплуатации воздухоохлаждаемых теплообменников является периодическое выключение вентиляторов при достаточно низких температурах воздуха, т. е. применение естественной тяги воздуха через теплообменные секции вместо вынужденной. В работе [1] отмечается, что при расчетной температуре воздуха и отключенных вентиляторах обеспечивается до 20-30 % номинальной тепловой нагрузки аппарата, а при температурах ниже -25 °С обеспечивается полная номинальная нагрузка.

При оснащении воздушных теплообменников дополнительными устройствами, усиливающими тягу, их теплопроизводительность может быть сохранена и при более высоких температурах окружающего воздуха без потребления электроэнергии приводом вентилятора. Таким устройством является устанавливаемая над теплообменным пучком вытяжная шахта.

Известна конструкция АВО [2], состоящая 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 электрическим приводом. Стандартизированный аппарат дополнительно оборудован вытяжной шахтой (вытяжным устройством), которое представляет цилиндр диаметром 2,81 м и высотой 4-6 м, состыкованный с конфузором. 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 °С). Температура атмосферного воздуха изменялась в интервале от +12,2 до -1,9 °С. Применение вытяжной шахты для интенсификации естественной конвекции воздуха обеспечивает расчетную теплопроизводительность аппарата при температуре атмосферного воздуха от -0,5 до -1,9 °С, а при повышении температуры до +12,2 °С теплопроизводительность снижается от 300 до 132 кВт, т. е. в 2,3 раза при отключенном вентиляторе.

Недостатком конструкции является создаваемое конфузором вытяжной шахты аэродинамическое сопротивление, приводящее к снижению расхода воздуха через теплообменный пучок.

Уменьшение аэродинамического сопротивления вытяжной шахты возможно за счет демонтажа конфузора и увеличения проходного сечения шахты до проходного сечения пучка. Однако, как показано в [3], в вытяжной шахте с низким аэродинамическим сопротивлением возникают гейзерные течения (обратные потоки холодного воздуха) за счет неравномерного нагрева труб и создания вакуумного разряжения над пучком. При этом гейзерные течения снижают расход воздуха через пучок и не позволяют повысить теплоотдачу аппарата воздушного охлаждения.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемым результатам является аппарат воздушного охлаждения с вытяжной шахтой [4], выбранный нами за прототип. АВО состоит из блока горизонтально расположенных теплообменных секций многорядных пучков биметаллических ребристых труб, осевого нагнетательного вентилятора с электрическим приводом, диффузора с круглым поперечным сечением в зоне вращения колеса вентилятора, опорной металлоконструкции, установленной над теплообменным пучком вертикальной вытяжной шахты прямоугольного сечения, равного общему сечению горизонтальных теплообменных секций, с установленными внутри вытяжной шахты вертикальными перегородками, параллельными оси каждой четной поперечного верхнего ряда пучка трубы, имеющими высоту и ширину равные соответственно высоте и ширине вытяжной шахты, а толщину не более 0,1 диаметра несущей оребренной биметаллической трубы пучка.

Вытяжная шахта, не имея сужений проходного сечения, создает минимальное аэродинамическое сопротивление движению потока воздуха, а установленные в вытяжной шахте перегородки стабилизируют воздушный поток, исключая его поперечные перетоки, тормозящие вертикальное движение воздуха. При использовании перегородок теплоотдача АВО увеличивается на 20-50 % [3].

Однако, как показано в [5], максимальная тепловая мощность аппарата достигается при оптимальной площади проходного сечения вытяжной шахты, зависящая как от конструкции теплообменного пучка, так и температурного режима теплообменного процесса.

Основным недостатком прототипа является необеспечение максимального расхода потока воздуха через теплообменный пучок для данного конструктивного исполнения аппарата воздушного охлаждения во всем рабочем диапазоне его температурных нагрузок.

Задача полезной модели - повышение тепловой мощности аппарата воздушного охлаждения увеличением расхода охлаждающего воздуха через теплообменный пучок при любых температурных режимах.

Поставленная задача достигается в аппарате воздушного охлаждения с вытяжной шахтой, состоящем из блока горизонтально расположенных теплообменных секций многорядных трубных пучков, осевого нагнетательного вентилятора с электрическим приводом, диффузора с круглым поперечным сечением в зоне вращения колеса вентилятора, опорной металлоконструкции, установленной над трубными пучками вытяжной шахты, отличающемся тем, что на вытяжной шахте установлен регулятор площади проходного сечения вытяжной шахты.

Принципиальным отличительным конструктивным признаком заявляемого аппарата воздушного охлаждения является размещение на вытяжной шахте регулятора площади проходного сечения потока воздуха. При этом регулятор в автоматическом режиме по сигналу датчика устанавливает оптимальную площадь проходного сечения вытяжной шахты, при которой достигается максимальная тепловая мощность аппарата воздушного охлаждения.

Таким образом, в заявленном аппарате полностью решена сформулированная задача.

Полезная модель поясняется фигурой, на которой изображен общий вид аппарата воздушного охлаждения.

АВО состоит из блока четырех горизонтальных теплообменных секций 1 многорядных пучков; осевого нагнетательного вентилятора 2 с электрическим приводом 3; диффузора 4; опорной металлоконструкции 5; вытяжной шахты 6 с установленным на ней регулятором 7 площади проходного сечения вытяжной шахты.

АВО работает следующим образом. Внутри биметаллических ребристых труб 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, а затем покидает теплообменные секции. Подведенное от охлаждаемого продукта к поверхности ребристых труб тепло отводится излучением и вынужденной (принудительной) конвекцией охлаждающего воздуха, подаваемого вращающимся колесом вентилятора 2 с электрическим приводом 3 к теплообменным секциям с помощью диффузора 4. Принудительный поток воздуха омывает снаружи ребристые трубы, нагревается и выбрасывается из теплообменных секций в атмосферу через вытяжную шахту 6 и регулятор 7 площади проходного сечения.

При снижении температуры наружного воздуха до температуры, при которой возможна работа АВО в режиме смешанной конвекции, вентилятор выключается, и теплота отводится от пучков теплообменных секций излучением и смешанной конвекцией, которая организуется благодаря установленной над АВО вытяжной шахты 6, имеющей прямоугольное или другое сечение. Воздух под действием гравитационных сил подсасывается через диффузор и движется вверх, охлаждая горячий теплоноситель внутри биметаллических ребристых труб пучков теплообменных секций, проходит через вытяжную шахту и выбрасывается в атмосферу. Для обеспечения максимальной тепловой мощности аппарата регулятор 7 площади проходного сечения по сигналу датчика (например, вакуумметрического датчика, установленного над пучком) обеспечивает оптимальную площадь проходного сечения вытяжной шахты.

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.