

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 6821

(13) U

(46) 2010.12.30

(51) МПК (2009)

F 28D 7/00

F 28F 1/24

(54) ПОВЕРХНОСТНЫЙ КОНДЕНСАЦИОННЫЙ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОР

(21) Номер заявки: u 20100348

(22) 2010.04.08

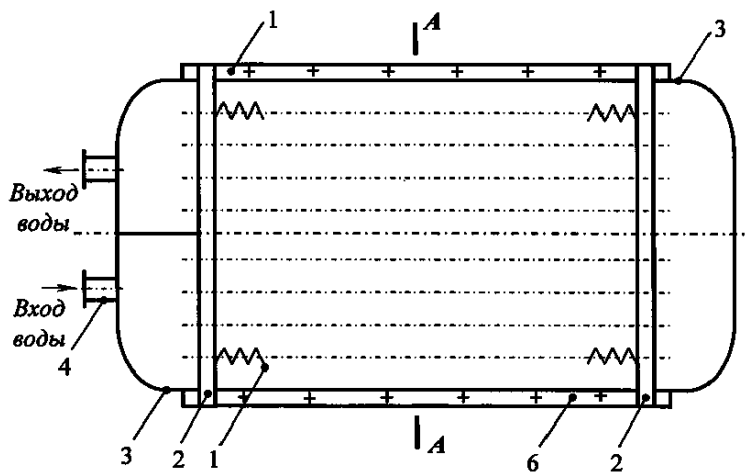
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный техно-
логический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Кунтыш Владимир Борисо-
вич; Дударев Владимир Владимиро-
вич; Володин Виктор Иванович; Су-
хоцкий Альберт Борисович; Петрович
Олег Васильевич (ВУ)

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

(57)

Поверхностный конденсационный теплоутилизатор прямоугольного фронтального сечения, содержащий трубные решетки и соединенные с ними шахматно расположенные биметаллические ребристые трубы с накатными спиральными алюминиевыми ребрами, образующие трубный пучок, водяные крышки с перегородками, патрубки, боковые ограждающие листы, отличающийся тем, что поперечные ряды пучка состоят из биметаллических ребристых труб с несущей трубой из углеродистой стали в интервале охлаждения продуктов сгорания от их температуры входа в пучок до температуры точки росы водяного пара, а остальные поперечные ряды по направлению движения продуктов сгорания до выхода их из пучка состоят из этих же ребристых труб, но с несущей трубой из нержавеющей стали.



Фиг. 1

(56)

1. Портной М.Ф., Клоков А.А. Использование тепла продуктов сгорания топлива, работающих на газообразном топливе // Промышленная энергетика. - 1985. - № 6. - С. 11-12.
2. Лебедев В.И., Пермьяков Б.А., Хаванов П.А. Расчет и проектирование теплогенерирующих установок систем теплоснабжения. - М.: Стройиздат, 1992. - 360 с.
3. Аронов И.В. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. - Л.: Недра, 1990. - 220 с.
4. Кудинов А.А., Антонов В.А., Алексеев Ю.Н. Анализ эффективности применения конденсационного теплоутилизатора за паровым котлом DE-10-14ГМ // Промышленная энергетика. - 1997. - № 8. - С. 8-10.
5. Справочник по сушке древесины / Е.С. Богданов, В.А. Козлов, В.Б. Кунтыш и др. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Лесная промышленность, 1990. - С. 212-222.
6. Бухаркин Е.Н. К вопросу обеспечения надежных условий использования экономичных котлов с конденсационными теплоутилизаторами // Промышленная энергетика. - 1995. - № 7. - С. 34-34.
7. Патент РБ 12532 С1, МПК (2006) F 28D 7/10. - 2009. - 2 с.
8. Что мешает повышению энергетической эффективности газовых отопительных котельных / А.П. Баскаков, В.А. Мунц, И.Ф. Филипповский и др. // Межвузовский сборник научных трудов: теоретические и экспериментальные исследования в энерготехнологии. Вестник УГТУ - УПИ. - Екатеринбург. - 2005. - № 4 (56). - С. 137 (прототип).
9. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / Под общ. ред. В.Б. Кунтыша, А.Н. Бессонного. - СПб.: Недра, 1996. - С. 99-104, 255.

Полезная модель относится к теплообменному оборудованию для глубокого охлаждения продуктов сгорания природного газа отопительных и производственно-отопительных котельных, хлебопекарных печей, печей стекольного производства и других теплогенерирующих установок, основным видом топлива в которых является природный газ, а резервным - мазут.

Глубокое охлаждение продуктов сгорания - это охлаждение ниже температуры точки росы водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, которая зависит от коэффициента избытка воздуха в них и при нормальной эксплуатации паровых и водогрейных котлов составляет $t_p = 55 \div 60$ °С. Водяной пар образуется из влаги топлива и горения водорода. Анализ научно-технической литературы [1, 2] выявил, что в паровых котлах на природном газе температура продуктов сгорания за экономайзером составляет $138 \div 190$ °С, а при отсутствии хвостовых поверхностей она может достигать 250 °С. При глубоком охлаждении продуктов сгорания применением теплоутилизаторов КПД котла можно увеличить до $10 \div 12$ % [3] при соответствующей экономии природного газа. Известны конструкции контактных (смесительных) [4] теплоутилизаторов, они довольно громоздки, характеризуются большим каплеуносом, имеют повышенное аэродинамическое сопротивление, происходит полная потеря конденсата водяного пара вследствие смешения его с орошающей насадку водой.

Частично отмеченные недостатки устранены в поверхностных конденсационных теплоутилизаторах [1, 4], в качестве которых применяются стандартные водяные биметаллические калориферы типа КС_к [5] Костромского калориферного завода. Они позволяют охлаждать уходящие продукты сгорания ниже температуры точки росы на всех режимах работы котла. Эти аппараты компактнее контактных смесительных теплоутилизаторов и могут устанавливаться в действующих котельных. Трубный пучок калорифера состоит из круглых биметаллических труб с накатными спиральными алюминиевыми ребрами. Несущая труба, на которой накатаны алюминиевые ребра, выполнена из углеродистой стали.

Ребристые трубы шахматно расположены в трубных решетках, с которыми концы их соединены обваркой. В местах приварки к решеткам остается небольшой участок поверхности несущей трубы, не закрытый снаружи алюминием. При обтекании его подкисленным конденсатом, обладающим свойствами слабой угольной кислоты H_2CO_3 [6] (это появляется при охлаждении ниже температуры точки росы), он будет корродировать, возникнут свищи в несущей трубе, снижается эксплуатационная надежность теплоутилизатора.

Известно устройство для утилизации топочных газов [7] с поверхностным теплообменником из ребристых труб, которое не ликвидирует отмеченный недостаток.

В работе [8] предложено для повышения эксплуатационной надежности применять поверхностные конденсационные теплоутилизаторы, у которых спиральные алюминиевые ребра накатаны на трубе из нержавеющей стали, например стали X18H9T. Трубный пучок должен полностью состоять из таких биметаллических ребристых труб. Трубы из нержавеющей стали не подвергаются коррозионному разрушению со стороны образования подкисленного конденсата. Этот теплоутилизатор принят нами за прототип, который по достигнутому результату и технической сущности наиболее близок к заявляемой полезной модели.

Конструкции теплоутилизатора-прототипа присущи следующие недостатки. Принципиальным является необоснованность технического решения о применении поверхности теплообмена с накатными ребрами на несущей трубе из нержавеющей стали для всего шахматного пучка, что не вытекает из условия обеспечения высокой эксплуатационной надежности теплоутилизатора. В области "сухого" теплообмена, в которой протекает охлаждение продуктов сгорания на наружной поверхности оребрения до температуры точки росы, нет факторов для развития наружной коррозии на оголенных (не защищенных алюминием) участках несущей трубы. Здесь не образуется конденсат пара, так как не протекает процесс конденсации, а значит, отсутствует первопричина для отказа применения несущей трубы из углеродистой стали в этой области (зоне) трубного пучка. Переход на трубу из нержавеющей стали сопровождается уменьшением коэффициента теплопередачи и увеличением стоимости теплоутилизатора, ростом площади поверхности теплопередачи и потерь давления продуктов сгорания на пучке.

Задачей настоящей полезной модели является увеличение коэффициента теплопередачи, уменьшение стоимости теплоутилизатора при сохранении эксплуатационной надежности.

Поставленная задача достигается тем, что поверхностный конденсационный теплоутилизатор прямоугольного фронтального сечения, содержащий трубные решетки и соединенные с ними шахматно расположенные биметаллические ребристые трубы с накатными спиральными алюминиевыми ребрами, образующие трубный пучок, водяные крышки с перегородками, патрубки, боковые ограждающие листы, отличается тем, что поперечные ряды пучка состоят из биметаллических ребристых труб с несущей трубой из углеродистой стали в интервале охлаждения продуктов сгорания от их температуры входа в пучок до температуры точки росы водяного пара, а остальные поперечные ряды по направлению движения продуктов сгорания до выхода их из пучка состоят из этих же ребристых труб, но с несущей трубой из нержавеющей стали.

При глубоком охлаждении продуктов сгорания природного газа трубный пучок поверхностного теплоутилизатора имеет две зоны (области) по направлению их движения - сухую и мокрую. Охлаждение продуктов сгорания от их входной температуры в пучок до температуры точки росы водяного пара происходит в зоне "сухого" теплообмена без конденсации водяного пара на наружной поверхности оребрения поперечных рядов труб, и здесь нет условий для возникновения коррозии на оголенных от алюминия участках биметаллических ребристых труб. Следовательно, поперечные ряды пучка в зоне "сухого" теплообмена должны состоять из оребренных труб с несущей трубой из углеродистой стали. Нет причин для применения несущей трубы из нержавеющей стали.

ВУ 6821 U 2010.12.30

По-иному складываются условия в зоне "мокрого" теплообмена при понижении температуры продуктов сгорания от температуры точки росы до заданной конечной температуры. На наружной поверхности оголенных от обрешетки концов труб поперечных рядов происходит конденсация водяного пара из продуктов сгорания и насыщение конденсата пара углекислым газом CO_2 , содержащимся в продуктах. Образуется угольная кислота H_2CO_3 , подвергающая коррозии углеродистые стали. Поэтому в зоне "мокрого" теплообмена поперечные ряды пучка должны состоять из биметаллических ребристых труб с несущей трубой из нержавеющей стали, например 12X18H10T. Следовательно, поверхностный конденсационный утилизатор состоит из биметаллических ребристых труб с алюминиевыми накатными ребрами на несущей трубе как из углеродистой стали, так и из нержавеющей стали. Это отличительный признак теплоутилизатора от прототипа и существующих аппаратов. Количество поперечных рядов в пучке с "сухим" теплообменом и "мокрым" в каждом конкретном случае определяется тепловым расчетом. Для обеспечения процесса глубокого охлаждения вода, движущаяся внутри труб, не должна нагреваться более чем на $25 \div 30$ °С, а температуру ее на входе предпочтительно иметь равной $5 \div 10$ °С.

Коэффициент теплопроводности углеродистой стали в $3 \div 3,2$ раза выше, чем у нержавеющей стали. Значит, термическое сопротивление стенки несущей трубы из углеродистой стали меньше в сравнении с его значением для стенки из нержавеющей стали. Подобная картина характерна и для термического контактного сопротивления (ТКС) биметаллической ребристой трубы (БРТ). Значение ТКС в БРТ с накатными алюминиевыми ребрами на трубе из углеродистой стали в $2,2 \div 2,5$ раза меньше [9] в сравнении с ТКС для БРТ с несущей трубой из нержавеющей стали. Совокупное влияние приведенных параметров увеличивает коэффициент теплопередачи теплоутилизатора не менее чем на 10 %. Уменьшится площадь теплопередачи пучка теплоутилизатора с соответствующими дополнительными положительными факторами.

Цена углеродистой стали в $2,1 \div 2,2$ раза меньше цены нержавеющей стали, что вызовет снижение себестоимости предлагаемой конструкции теплоутилизатора. Изготовление заявленной конструкции не требует дополнительных капитальных вложений и изменения технологии сборки. Параметры накатываемых алюминиевых ребер не зависят от материального исполнения несущей трубы.

Таким образом, в заявленном поверхностном конденсационном теплоутилизаторе полностью решена сформулированная задача.

Полезная модель поясняется фиг. 1, 2, 3. На фиг. 1 изображен общий вид спереди поверхностного теплоутилизатора; на фиг. 2 - то же, поперечное сечение по А-А; на фиг. 3 дан фрагмент БРТ с накатными алюминиевыми ребрами.

Поверхностный теплоутилизатор состоит из биметаллических ребристых труб 1 с накатными спиральными алюминиевыми ребрами, трубных решеток 2, водяных крышек 3 с перегородками, патрубков 4, 5 и боковых ограждающих листов 6. Конструктивно БРТ включает несущую трубу 7 и накатные спиральные алюминиевые ребра 8.

Концы труб 1 закреплены в трубных решетках 2 шахматно с поперечным шагом S_1 и продольным S_2 и образуют трубный шахматный пучок, с боковых сторон которого установлены ограждающие листы 6, направляющие продукты сгорания по межтрубному пространству пучка. В приводимой конструкции количество поперечных рядов (I, II, III, IV) равно четырем, в которых БРТ расположены с шагом S_1 . Водяные крышки соединены с трубными решетками.

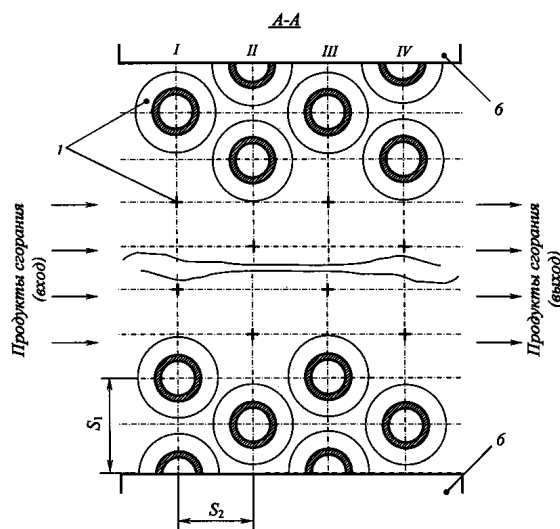
Поверхностный утилизатор работает следующим образом.

Через патрубок 4 в водяной крышке 3 подается вода, которая далее поступает внутрь БРТ 1, совершает несколько перекрестно-противоточных ходов по трубному пространству теплоутилизатора благодаря наличию перегородок в водяных крышках, нагревается утилизируемым теплом охлаждаемых продуктов сгорания, затем через патрубок 5 выходит из

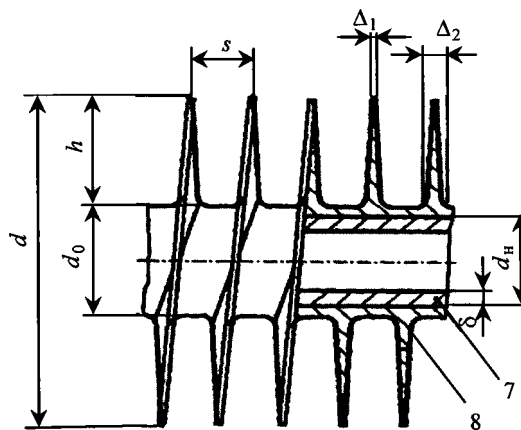
BY 6821 U 2010.12.30

теплоутилизатора. Продукты сгорания движутся поперечным током по межтрубному пространству пучка встречно к направлению движения воды, охлаждаются в режиме "сухого" теплообмена на нескольких поперечных рядах БРТ до температуры точки росы, а далее при движении в направлении выхода из теплоутилизатора на последующих поперечных рядах БРТ охлаждение протекает в режиме "мокрого" теплообмена, передавая тепло нагреваемой воде. Охлажденные до заданной температуры продукты сгорания выходят из теплоутилизатора.

Предпочтительно применять серийные БРТ с накатными алюминиевыми ребрами следующих параметров: наружный диаметр ребра $d = 57,0$ мм; высота, шаг и средняя толщина ребра $h = 15,2$ мм, $s = 2,5$ мм, $\Delta = 0,5(\Delta_1 + \Delta_2) = 0,6$ мм, где Δ_1 , Δ_2 - толщина ребра у вершины и у основания; диаметр ребра по его основанию $d_0 = d - 2h = 26,6$ мм; коэффициент оребрения трубы $\phi = 20,4$ или $d \times d_0 \times h \times s \times \Delta = 56,0 \times 28,0 \times 14,0 \times 3,0 \times 0,65$ мм, $\phi = 15,2$. Ребра накатываются на несущей трубе 25×2 мм. Указанные БРТ выпускаются в больших количествах, например, ООО "ЦНО-ХИММАШ" (г. Борисоглебск), ООО "Костромской калориферный завод". Применять теплоутилизатор целесообразно на предприятиях с газифицированными котельными, а также при эксплуатации теплотехнологических установок, сжигающих в качестве топлива природный газ. Это позволит увеличить коэффициент использования топлива и снизить затраты на производство продукции.



Фиг. 2



Фиг. 3