УДК 66.074.2:621.3

Манохина Елизавета Витальевна, магистрант
(КузГТУ, г.Кемерово)
Elizaveta V. Manokhina, master's student
(KuzSTU, Kemerovo)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОЧИСТКЕ КОКСОВОГО ГАЗА ОТ НАФТАЛИНА И СМОЛ

ENSURING EXPLOSION SAFETY DURING THE PURIFICATION OF COKE OVEN GAS FROM NAPHTHALENE AND RESINS

Аннотация: В данной работе рассмотрена проблема взрывобезопасности при очистке коксового газа от нафталина и смол. Проанализированы недостатки традиционного оборудования такого как первичный газовый холодильник, скруббер Вентури. Предложено техническое решение — электрофильтр по патенту RU 2 583 390 C2, специально разработанный для взрывоопасных газов. Обоснована его эффективность и безопасность для условий коксохимического производства.

Abstract: The problem of explosion safety during the purification of coke-oven gas from naphthalene and resinous substances is considered. The drawbacks of conventional equipment such as the primary gas cooler and the Venturi scrubber are analyzed. A technical solution is proposed — an electrostatic precipitator according to patent RU 2 583 390 C2, specifically designed for explosive gases. Its efficiency and safety for coke chemical production conditions are substantiated.

Коксовый газ, образующийся при высокотемпературном коксовании угля, содержит ценные компоненты (водород, метан, оксид углерода), но также и вредные примеси: аммиак, сероводород, цианистый водород, нафталин и смолистые вещества [1,2]. Наличие этих примесей создаёт не только технологические проблемы, но и угрозы промышленной безопасности.

Нафталин ($C_{10}H_8$) при охлаждении газа ниже точки росы (40–50 °C) переходит из парообразного состояния в твёрдые кристаллы, которые осаждаются на внутренних поверхностях газоходов, тарелок, насадок и распределителей [1]. Это приводит к забиванию оборудования, росту гидравлического сопротивления и необходимости частых остановок аппаратуры на чистку.

Однако не менее серьёзен и другой аспект: коксовый газ является взрывоопасным, соответственно, процессы его очистки связаны с риском образования взрывоопасных смесей [3].

Целью данной работы является анализ проблемы взрывобезопасности при очистке коксового газа от смолистых веществ и обоснование технического решения, обеспечивающего безопасную эксплуатацию.

На действующих коксохимических предприятиях для очистки коксового газа от аммиака используются ПГХ и скруббер Вентури.

Первичный газовый холодильник (ПГХ) — это теплообменный аппарат, предназначенный для охлаждения прямого коксового газа с 80–82 °С до 25–30 °С. Он устанавливается после газосборников и работает по принципу косвенного теплообмена (через стенку труб) [1].

При охлаждении коксового газа нафталин конденсируется и осаждается на наружной поверхности труб. Это приводит к снижению эффективности теплообмена, росту гидравлического сопротивления, необходимости частых пропарок для очистки трубного пространства.

На внутренней поверхности труб, в свою очередь, осаждаются соли жёсткости, что также требует периодической чистки. Таким образом, ПГХ выполняет свою функцию — охлаждение газа — но не решает проблему смолистых веществ, а лишь усугубляет её, создавая дополнительные места для отложений [1].

Скруббер Вентури применяется для улавливания твёрдых частиц пыли из газа. Принцип его работы основан на инерционном захвате: газ разгоняется в конфузоре до 30–150 м/с, в горловину подаётся жидкость, которая дробится на мелкие капли. Частицы пыли сталкиваются с каплями, смачиваются и укрупняются, после чего отделяются в каплеуловителе.

Скруббер Вентури очищает коксовый газ от аэрозолей смолы, однако для вязких гидрофобных смол его эффективность ограничена. А каменноугольная смола — это вязкая гидрофобная жидкость, а не твёрдая частица. При столкновении с каплей воды смола не отделяется от газа, а обволакивает каплю или прилипает к стенкам аппарата. Горловина — самое узкое место, — быстро зарастает смолой, что приводит к росту сопротивления и остановкам на чистку. Кроме того, смолы плохо смачиваются водой, что снижает эффективность их улавливания [1].

Таким образом, можно прийти к выводу, что существующее оборудование (ПГХ и скруббер Вентури) функционирует, но не обеспечивает достаточной степени очистки для защиты последующего массообменного оборудования.

Для эффективного и безопасного улавливания смолистых веществ из коксового газа предлагается использовать электрофильтр по патенту RU 2 583 390 C2, специально разработанный для взрывоопасных сред [3].

Данный электрофильтр предназначен для очистки взрывоопасного (коксового, доменного, генераторного) газа. Аппарат содержит: корпус с крышкой, входной и выходной патрубки; трубчатые осадительные электроды; игольчатые коронирующие электроды с концевыми стержнями; герметичные изоляторные коробки с инертной газовой средой; систему электрообогрева нижних камер [3] (рис.1).

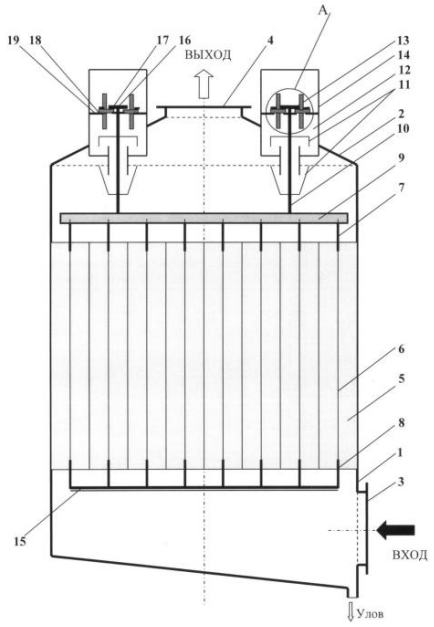

Рисунок 1 — Электрофильтр по патенту RU 2 583 390 C2

1 — корпус; 2 — крышка; 3 — входной патрубок; 4 — выходной патрубок; 5 — трубчатые осадительные электроды; 6 — игольчатые коронирующие электроды; 7 — верхние концевые стержни; 8 — нижние концевые стержни; 9 — верхняя рама; 10 — трубы подвеса; 11 — нижняя рама коронирующих электродов; 12 — грузы коронирующих электродов; 13 — опорно-проходные изоляторы; 14 — изоляторные коробки; 15 — газораспределительная решетка; 16 — верхние составные элементы труб подвеса; 17 — внутренние части «Н-образных» изоляторов; 18 — внешние части изоляторов; 19 — перегородки изоляторных коробок

Коронирующие электроды 6 через верхнюю раму 9 и трубы подвеса 10 соединены с опорно-проходными изоляторами 13, установленными в изоляторных коробках 14. Нижние плоскости верхних составных элементов труб

подвеса 16 опираются на верхние плоскости внутренних частей 17 «Н-образных» изоляторов 13, а нижние плоскости внешних частей 18 изоляторов 13 опираются на перегородки 19 изоляторных коробок 14. Все плоскости опор плотно прилегают и механически соединены через прокладки или герметик, что обеспечивает газоплотность изоляторных коробок и исключает контакт коксового газа с кислородом воздуха.

Принцип действия заключается в том, что газ проходит через зону коронного разряда, где частицы смолы и нафталина получают электрический заряд. Заряженные частицы притягиваются к осадительным электродам с противоположным зарядом и осаждаются на них. Периодическое встряхивание электродов удаляет осадок в бункер [3].

В отличие от скруббера Вентури, где улавливание происходит за счёт инерции и смачивания, электрофильтр работает за счёт электрического поля. Это позволяет эффективно улавливать частицы размером 0,1–1 мкм, которые не улавливаются традиционными методами.

Также, важно учесть, что коксовый газ образует с воздухом взрывоопасные смеси. При использовании обычного электрофильтра (например, типа ЭГАВ) существует риск искрообразования и, как следствие, воспламенения или взрыва. Электрофильтр по патенту RU 2 583 390 C2 лишён этого недостатка, аппарат предназначен именно для взрывоопасных газов [3]. Также в работе электрофильтра данного типа предусмотрен электрообогрев нижних камер. Он предотвращает конденсацию смол на поверхности изоляторов. Без обогрева на изоляторах образовывался бы электропроводный слой, что привело бы к электрическому пробою и искре [3]. Наглядное сравнение традиционного оборудования и предложенного технического решение приведено в таблице 2.

Таблица 2 — Сравнение традиционного оборудования с предложенным техническим решением

Проблема традиционного оборудования	Решение с электрофильтром по патенту RU 2 583 390 C2
Нафталин и смола осаждаются на трубах ПГХ, что снижает теплообмен и увеличивает гидравлическое сопротивление	Электростатическое осаждение на электродах с периодическим встряхиванием. Очистка происходит без остановки аппарата
Горловина скруббера Вентури зарастает смолой, что приводит к росту сопротивления и остановкам аппаратуры на чистку	Отсутствие узких мест. Осаждение происходит в электрическом поле, а не за счёт инерции

Смола гидрофобна и плохо смачивается водой, что снижает эффективность улавливания	Электрический заряд частиц обеспечивает осаждение независимо от смачиваемости
Обычные электрофильтры искрят, что создаёт риск взрыва коксового газа	Герметичные изоляторные коробки исключают контакт газа с кислородом воздуха
Частые остановки на чистку снижают производительность оборудования	Улавливание 90–95% смолистых веществ снижает частоту чисток

Помимо самого электрофильтра, для обеспечения взрывобезопасности предусмотрены:

1) Автоматический контроль давления и температуры в электрофильтре с сигнализацией предельных значений и отключением при превышении допустимых значений.

2) Предохранительные клапаны для сброса давления при аварийном росте.

3) Заземление всех металлических конструкций для отвода статического электричества.

4) Газоанализаторы с автоматическим включением аварийной вентиляции при превышении ПДК [3].

Применение специализированного электрофильтра по патенту RU 2 583 390 C2 позволяет обеспечить взрывобезопасность при очистке коксового газа от смолистых веществ. Герметичные изоляторные коробки с инертной газовой средой исключают контакт газа с кислородом воздуха, а электрообогрев предотвращает отложения на изоляторах. Электрофильтр эффективно улавливает 90–95% смол. Техническое решение соответствует требованиям промышленной безопасности и может быть рекомендовано для внедрения на коксохимических производствах.

Список литературы

1. Трясунов, Б. Г. Технология коксования и оборудование коксовых батарей. Ч. 2. Улавливание химических продуктов коксования : учебное пособие / Б. Г. Трясунов. — Кемерово : КузГТУ, 2012. — 182 с.

2. Справочник коксохимика. Т. III. Улавливание и переработка химических продуктов коксования / под ред. А. К. Шелкова. — Москва : Металлургия, 1966. — 392 с.

3. Патент 2 583 390 C2 Российская Федерация, МПК B03C 3/00. Электрофильтр для очистки взрывоопасного (коксового, доменного, генераторного) газа / Огибалов Ю.С., Зайцев А.С., Скляренко В.В. ; заявитель и патентообладатель ООО «БЕРДИЧЕВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ПРОГРЕСС». — № 2012131781/03 ; заявл. 24.07.2012 ; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 13. — 9 с.