

Сравнительный анализ современных технологий десульфурации коксового газа

М. Кайзер, Ф. Зова, С. Б. Никишичев*

В данной статье представлены наиболее распространенные технологии десульфурации коксовых газов (мокрого окисления и абсорбционно-десорбционные), в результате применения которых образуются такие побочные продукты, как простая (элементарная) сера и серная кислота.

Проведено сравнение трех наиболее широко применяемых методов десульфурации с точки зрения их основных технологических операций, совокупной стоимости эксплуатации соответствующего оборудования, с учетом капитальных и эксплуатационных затрат, а также доходов от продажи образующихся побочных продуктов.

Ключевые слова: десульфурация, коксохимическое производство, коксовый газ, элементарная сера, выбросы сернистого газа, серная кислота, скруббер.

Промышленные технологические процессы, сопровождающиеся выделениями сернистого газа, часто представляют бóльшую опасность для экологии, чем энергетические установки, работающие на ископаемом топливе. Одним из наиболее заметных источников эмиссий сернистого газа являются коксохимические производства. При этом коксовый газ в развитых странах традиционно используется в качестве топливного газа.

При повышении требований к экологии отводимые газы коксохимических производств, содержащие сероводород (H_2S) и другие соединения серы (например, сероуглерод (CS_2), сернистый карбонил (COS), меркаптаны), подлежат очистке.

Процесс десульфурации отводимого коксового газа, который из-за высокого (до 9 г/м^3) содержания сероводорода (H_2S) в основном не пригоден для промышленного использования, позволяет применять его для решения широкого круга технологических задач.

В настоящее время для коксохимических производств сбыт очищенного коксового газа является отдельной статьей дохода. Десульфурация коксового газа целесообразна по коммерческим и экологическим соображениям, так как является средством борьбы с кислотными дождями за счет сокращения эмиссий SO_2 в местах сжигания коксового газа. В странах ЕС десуль-

фурация коксового газа получает все более широкое распространение, что во многом связано с действующим экологическим законодательством. В России также все большее внимание уделяют снижению выбросов, поэтому в будущем неизбежна реконструкция прежних производств для улучшения экологической обстановки.

Далее будут рассмотрены распространенные технологии десульфурации коксового газа и обеспечиваемые ими значения содержания сероводорода (H_2S) в очищенном газе.

Обзор технологий десульфурации

Существующие технологии десульфурации коксового газа можно разделить на три основные группы:

- мокрого окисления;
- основанные на абсорбции и десорбции;
- сухого окисления.

Краткая характеристика технологий мокрого окисления и абсорбционно-десорбционных, наиболее часто применяемых при десульфурации коксового газа, приведена ниже.

Технологии мокрого окисления

- Метод Стретфорда (Stretford)

Извлечение сероводорода (H_2S) из коксового газа методом скруббинга раствором углекислого натрия (Na_2CO_3), в качестве катализатора для получения свободной серы (S^0) используется ванадат (VO_3). Регенерация скруббингового раствора осуществляется методом аэрации (O_2) в присутствии антрахинон-дисульфоновой кислоты (ADA).

* Докт. техн. наук М. Кайзер, вице-президент; докт. хим. наук Ф. Зова, руководитель департамента коксохимических технологий, компания DMT; канд. экон. наук С. Б. Никишичев, директор IEEC, группа IMC Montan; olga_aleks@imcgroup.ru

- Процесс «Такахакс» (Takahax)
Аналогичен методу Стретфорда, однако регенерация проводится в присутствии 1,4-нафтохиноновой 2-сульфокислоты.
- Метод «Тайлокс» (Thylox)
Для связывания сероводорода (H_2S) используется тиоарсенат натрия ($Na_4As_2S_5O_2$), регенерация раствора проводится с помощью кислорода. На выходе получается свободная сера.
- Метод «Перокс» (Perox)
Для скруббинга газа используется раствор аммиака, для окисления серы — парабензохинон, а для регенерации скруббингового раствора — кислород.
- Метод «Фумакс-Родакс» (Fumaks-Rhodacs)
На стадии «Фумакс» в результате окисления сероводорода (H_2S) пикриновой кислотой образуется свободная сера. Далее на стадии «Родакс» осуществляется регенерация цианидов.

Технологии, основанные на абсорбции и десорбции

- Метод «АСК»/«Диамекс» (ASK*/Diamex)
Извлечение сероводорода (H_2S) из коксового газа промывкой раствором аммиака (NH_3). Полученный раствор отводят из аммиачного скруббера и методом десорбции паром извлекают сероводород (H_2S) и аммиак (NH_3). После этого пар направляют в установку извлечения серы методом Клауса или в установку производства серной кислоты.
- Вакуум-карбонатный метод (Vacuum Carbonate)
Извлечение сероводорода (H_2S), циановодорода (HCN) и углекислого газа (CO_2) из коксового газа раствором углекислого натрия (Na_2CO_3) или карбоната калия (K_2CO_3) (обеспечивает более высокую концентрацию карбоната). Регенерация скруббингового раствора осуществляется в башне при высокой температуре и пониженном давлении (до 0,12–0,14 бар). Кислые газы удаляют из раствора и направляют для дальнейшей обработки в установку извлечения серы методом Клауса или в установку производства серной кислоты.
- Процесс «Сульфибан» (Sulfiban)
Извлечение сероводорода (H_2S) из коксового газа методом скруббинга с использованием моноэтаноламина (MEA). Для очистки скруббингового раствора до извлечения сероводорода удаляют аммиак (NH_3). Из раствора моноэтаноламина сероводород извлекается паром, который далее направляют для обработки в установку извлечения серы методом Клауса или в установку производства серной кислоты. Нерастворимые органические соединения серы удаляются из раствора моноэтаноламина в виде твердых отходов.
- Процесс «Десульф» (DESULF)
Процесс аналогичен методу ASK, однако удаление аммиака (NH_3) из аммиачно-сероводородных паров произ-

водится в сатураторах с получением сульфата аммония ($(NH_4)_2SO_4$).

В Европе наибольшее распространение получил метод ASK, применение которого не требует специальной предварительной очистки сточных вод перед их биологической очисткой.

Вакуум-карбонатный метод, предполагающий использование карбоната калия (обусловлено высоким содержанием CO_2 в коксовых газах), традиционно используется на некоторых коксохимических заводах Западной Европы и распространен в Китае.

Второй по распространенности за пределами Европы метод мокрого окисления — метод Стретфорда — характеризуется широким диапазоном возможной производительности десульфурации (от 400 до 110000 м³ коксового газа в час).

Методы мокрого окисления и абсорбционно-десорбционные применимы для внедрения на строящихся и работающих коксохимических производствах. Оптимальный для каждого конкретного случая метод выбирают на основе требований к очищенному коксовому газу, экологических требований, наличия и доступности оборудования по очистке газов, а также с учетом требований собственника и региона.

Сравнение совокупной стоимости эксплуатации технологического оборудования, необходимого для десульфурации коксового газа

Для сравнения эффективности каждого из трех наиболее распространенных методов десульфурации коксового газа (Стретфорда, ASK и вакуум-карбонатного) следует определить совокупную стоимость эксплуатации технологического оборудования, необходимого для их реализации.

Для расчетов следует определить базовые условия. Так как при методе ASK при скруббинге используется раствор аммиака (NH_3), то оборудование получения серы методом Клауса также должно обеспечивать извлечение аммиака и циановодорода из аммиак- и сероводородсодержащих паров. Для методов Стретфорда и вакуум-карбонатного в составе оборудования необходима сульфат-аммониевая установка, отвечающая за содержание NH_3 в коксовом газе до десульфурации.

Для сравнения общей стоимости применения трех технологий были рассмотрены три варианта конфигурации оборудования десульфурации коксового газа (рис. 1).

Все варианты предусматривают десорбцию (отгонку) надсмольной воды. Для этого в цепи аппаратов для реализации методов Стретфорда и вакуум-карбонатного были предусмотрены соответствующие дополнительные колонны, при этом комплекс оборудования метода «ASK» уже включает такую колонну. Для удаления аммиака в вакуум-карбонатной техно-

* Метод аммоний-сульфидного циркуляционного скруббинга.

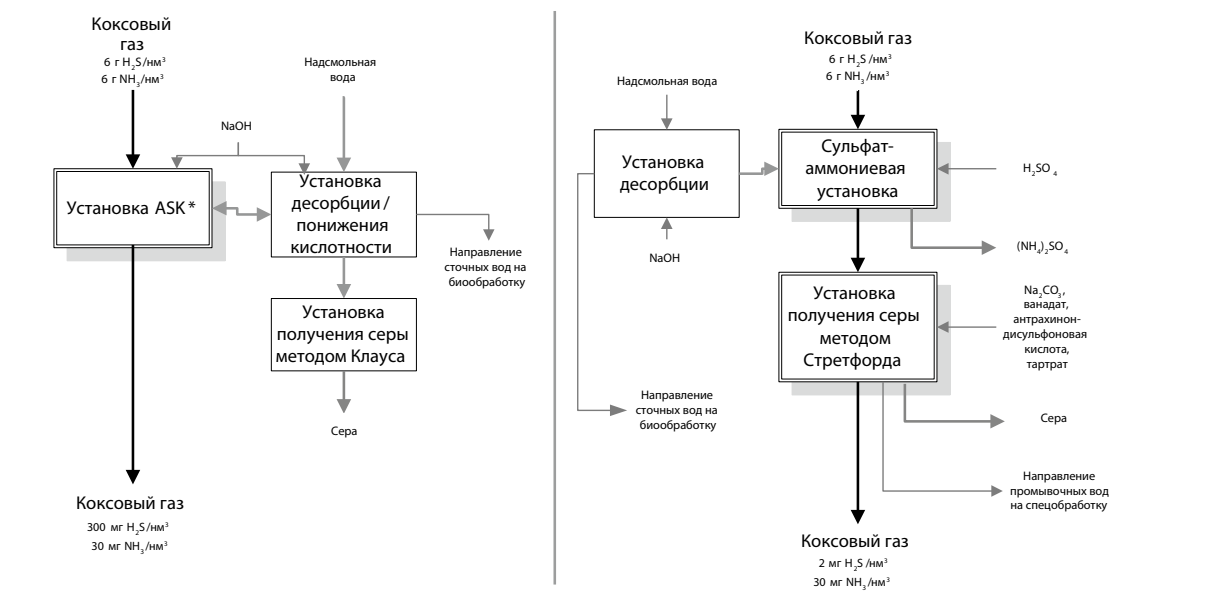
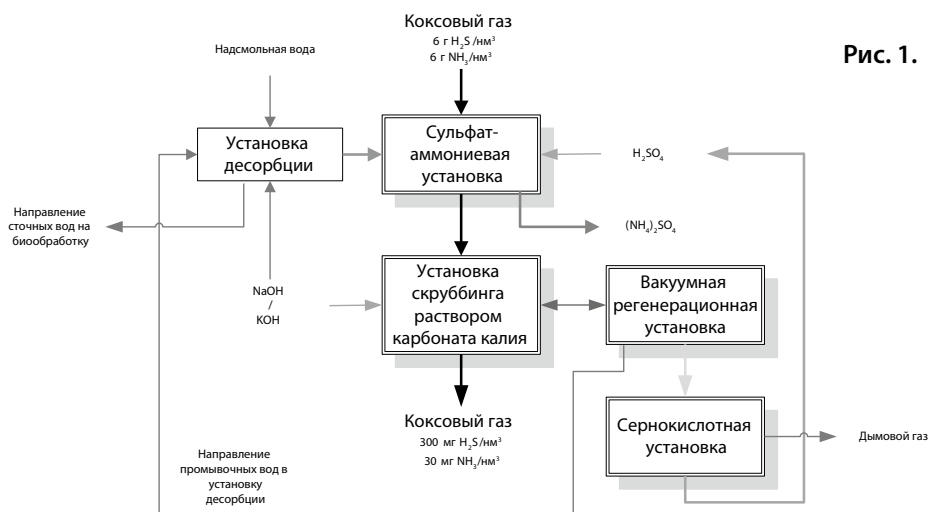


Рис. 1. Варианты конфигурации оборудования десульфурации коксового газа



гии используется едкий калий, в остальных методах — едкий натр.

Также для реализации всех технологий требуются бензольно-толуольно-ксилольный (нафталиновый) скруббер и десорбер. В методе мокрого окисления он располагается между сульфат-аммониевой установкой и установкой получения серы методом Стретфорда, при использовании вакуум-карбонатного метода — между сульфат-аммониевой установкой и установкой скруббинга раствором карбоната калия, в конфигурации для метода ASK — обычно после скруббера NH_3 . Однако параметры скруббера и десорбера не учитывали, так как данные установки одинаковы во всех конфигурациях. Специальное оборудование для обязательной очистки промывочных стоков, образующихся при реализации метода Стретфорда, из-за отсутствия достоверных технологических и экономических данных также не учитывалось. Очевидно, что его учет дополнительно снизил бы характеризующие метод показатели экономической эффективности. Такие параметры, как затраты на обслуживающий персонал и запас мощности для оборудования, одинаковые во всех процессах, исключены из расчетов.

Проводимое сравнение действительно для оборудования, обеспечивающего десульфурацию 42000 м³ коксового газа в час. Выбраны следующие значения концентраций:

- вариант «А»: 6 г $\text{H}_2\text{S}/\text{м}^3$ коксового газа и 6 г $\text{NH}_3/\text{м}^3$ коксового газа;
- вариант «Б»: 8 г $\text{H}_2\text{S}/\text{м}^3$ коксового газа и 6 г $\text{NH}_3/\text{м}^3$ коксового газа.

При сравнительном анализе затраты на энергию (пар, электричество), химические реагенты и техническое обслуживание рассчитывали на 1 м³ коксового газа и соотносили с доходами от сбыта товарного продукта.

При реализации технологий по варианту «А» наиболее эффективным с экономической точки зрения (минимальная совокупная стоимость эксплуатации) является вакуум-карбонатный метод, чистые эксплуатационные затраты при применении которого составили 0,83 евроцента на 1 м³ коксового газа. Далее в порядке снижения эффективности идут методы ASK (1,22 евроцента на 1 м³ коксового газа) и Стретфорда (1,25 евроцента на 1 м³ коксового газа) (рис. 2).

У методов ASK и у вакуум-карбонатного показатель стоимости обслуживания долга (стоимость инвестиций)

находится на сравнимом уровне, что, с одной стороны, обусловлено большим количеством оборудования, которое требуется для реализации вакуум-карбонатного метода, а с другой — необходимостью использования высококачественной коррозионностойкой стали в колоннах десорбции (понижения кислотности) для реализации метода ASK. У метода Стретфорда этот показатель является наименьшим.

Стоимость технического обслуживания оборудования почти одинакова у методов ASK и вакуум-карбонатного и несколько ниже у метода Стретфорда.

Однако по расходу химических реагентов, энергии и стоимости эксплуатации иное соотношение. У технологий мокрого окисления (сульфат-аммониевой и Стретфорда) в связи с использованием расходуемых реагентов высокие эксплуатационные затраты, что повышает общую стоимость их эксплуатации. Для метода Стретфорда необходимо учесть энергозатраты — пар, расходуемый на десорбцию (отгонку) надсмольной воды и на работу автоклава и высокое энергопотребление дополнительного оборудования (насосов, вентиляторов и центрифуг).

Технологии ASK и вакуум-карбонатная, основанные на обратимой физической абсорбции, предполагают небольшой расход реагентов. Однако данная обратимость, обеспечиваемая, в том числе, и использованием пара для расщепления и удаления слабых промежуточных соединений, образующихся при скруббинге, приводит к повышенному расходу энергии в виде пара

низкого давления. Для вакуум-карбонатного метода также следует учитывать расход электроэнергии вакуумными насосами.

Затраты на реагенты включают: расход едкого натра (для удаления аммиака из надсмольной воды во всех методах), серной кислоты (в сульфат-аммониевой установке), потери химических реагентов со стоками в процессе Стретфорда, а также загрязнение товарной серы. При этом для вакуум-карбонатного метода основной объем серной кислоты для работы сульфат-аммониевой установки поступает от входящей в состав предусмотренного оборудования установки по производству серной кислоты, что значительно снижает общие затраты на очистку коксовых газов.

Расчеты совокупной стоимости эксплуатации оборудования, в которых учитывали различные концентрации H_2S (6, 9 и 12 г/м³) и объемы коксового газа (50000 и 10000 м³/ч), показали, что с увеличением количества H_2S сульфат-аммониевый метод и метод Стретфорда становятся дороже в эксплуатации, чем метод ASK из-за большего расхода реагентов. Аналогичная зависимость сохраняется и при увеличении объемов коксового газа. Это связано с тем, что для реализации сульфат-аммониевого метода под максимально возможным расходом коксового газа проектируют все применяемое оборудование, а для метода ASK — только скрубберы, так как остальное оборудование обрабатывает пар, объемы которого с ростом объемов коксового газа увеличиваются сравнительно мало.

Для варианта «Б» наиболее эффективным с точки зрения минимальной совокупной стоимости эксплуатации остается вакуум-карбонатный метод, чистые эксплуатационные затраты которого составили 0,88 евроцента. Далее в порядке снижения экономической эффективности следуют методы ASK (1,17 евроцента) и Стретфорда (1,30 евроцента) (см. рис. 2).

Таким образом, с увеличением содержания H_2S в коксовом газе (с 6 до 8 г/м³) чистые затраты на эксплуатацию комплекса оборудования незначительно возрастают из-за повышения расхода пара и электроэнергии для вакуум-карбонатного метода и расхода химических реагентов для метода Стретфорда и снижаются за счет доходов от продажи увеличившегося объема высококачественной серы (при расходе пара на прежнем уровне) для метода ASK.

Возможность сбыта побочных продуктов десульфурации оказывает значительное влияние на совокупную стоимость эксплуатации оборудования. Однако следует учесть, что при реализации метода Стретфорда образуется низкокачественная стретфордовская сера, сбыт которой затруднен или невозможен, поэтому ее утилизируют как опасный (токсичный) отход. В связи с этим в расчетах цена сбыта стретфордовской серы принята нулевой. Качество серы, получаемой по методу Клауса, в основном соответствует требованиям химической промышленности, и ее сбыт незатрудните-

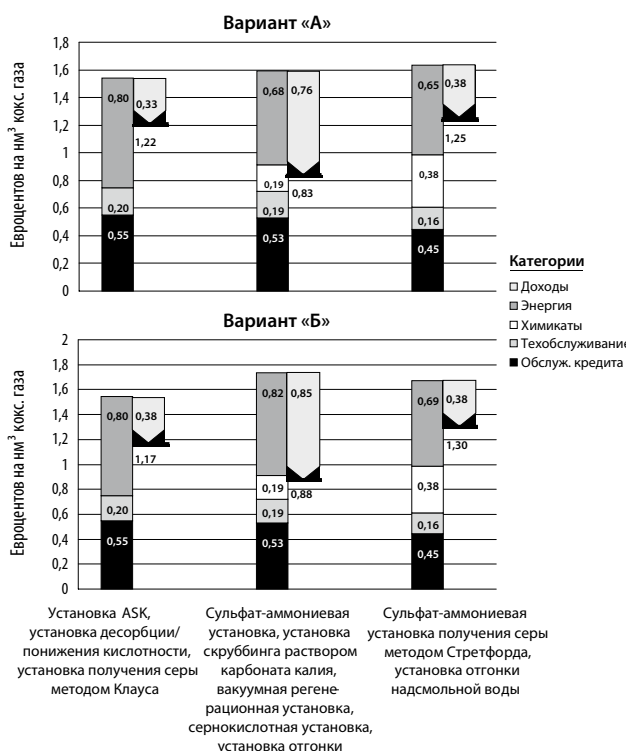


Рис. 2. Сравнение совокупной стоимости эксплуатации оборудования десульфурации коксовых газов (варианты «А» и «Б»)

лен (рис. 3). Выход серы из процесса Стретфорда (из-за ее дополнительного расхода на генерацию полисульфида для скруббинга циановодорода) меньше, чем из процесса Клауса.

Сульфат аммония применяется в сельском хозяйстве как кислое серосодержащее удобрение. В зависимости от конкретных потребностей отрасли в удобрениях цены на этот продукт, имеющие сезонный характер и зависящие от вида возделываемых в регионе сельскохозяйственных культур и их урожайности, подвержены значительным колебаниям. Европейские цены на сульфат аммония при его продаже в качестве удобрения снова вышли на удовлетворительный уровень, после того как общие последствия воздействия на почву кислотных дождей (обусловленных эмиссиями NO_x и SO_x промышленностью и объектами энергетики) сгладились с течением времени. Сульфат аммония вновь стал доходной статьей, немаловажной для технологий мокрого окисления и учитываемой в расчетах совокупной стоимости эксплуатации.

В основе всех выполненных расчетов совокупной стоимости эксплуатации оборудования — европейские цены и затраты. В связи с этим в графе эксплуатационных затрат была учтена стоимость пара низкого давления, расходуемого на отгонку и обогрев.

При условии использования бесплатного пара из паропроводов металлургических предприятий затраты будут только на химические реагенты и электричество.

Так как пар низкого давления является существенной статьей расходов на энергию, при работе на бесплатном паре методы ASK и вакуум-карбонатный становятся с экономической точки зрения значительно более эффективными по сравнению с методом Стретфорда (рис. 4). Чистые эксплуатационные затраты при этом составляют: 1,02 евроцента на 1 м^3 коксового газа для метода Стретфорда, 0,86 евроцента на 1 м^3 коксового газа для метода ASK и 0,48 евроцента для вакуум-карбонатного метода.

С увеличением концентрации H_2S в коксовом газе (с 6 до 8 г/м^3) (см. рис. 4) чистые затраты на эксплуатацию комплекса оборудования, необходимого для реализацию метода Стретфорда, остаются неизменными (1,02 евроцента на 1 м^3 коксового газа), а для методов ASK и вакуум-карбонатного снижаются за счет роста доходов от увеличения выхода высококачественной серы и серной кислоты.

Таким образом, сравнительный анализ затрат на десульфурацию коксового газа позволяет выделить вакуум-карбонатный метод как наиболее экономически выгодный, вторым по убыванию экономической эффективности является метод ASK, а третьим — метод Стретфорда.

Затраты на десульфурацию коксового газа при неблагоприятной рыночной конъюнктуре в конкретных

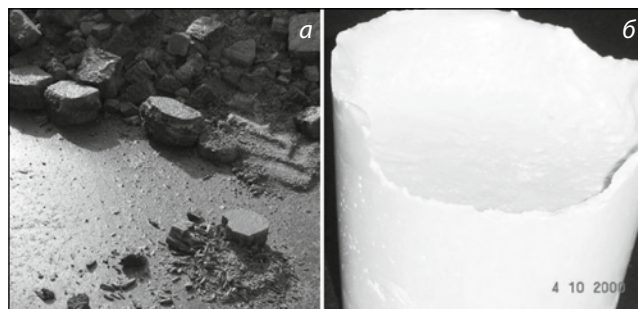


Рис. 3. Сера, полученная методами Стретфорда (а) и Клауса (б)

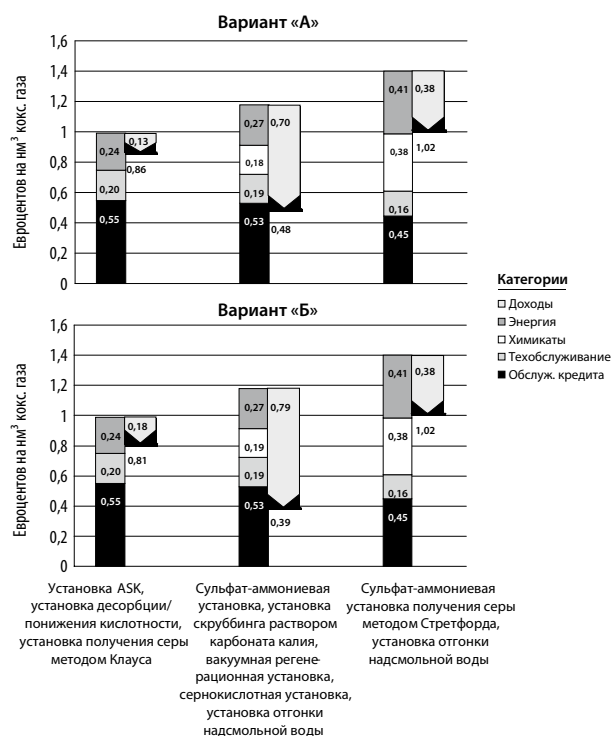


Рис. 4. Сравнение совокупной стоимости эксплуатации оборудования десульфурации коксовых газов при использовании бесплатного пара (варианты «А» и «Б»)

цифрах (рассчет ежесуточных и ежегодных затрат на очистку 42000 м^3 коксового газа в час при платном и бесплатном паре и исходя из содержания $6 \text{ г H}_2\text{S}$ и 6 г NH_3 в 1 м^3 коксового газа) приведены в табл. 1.

Приведенные выше расчеты подтверждают, что основанный на анализе совокупной стоимости эксплуатации оборудования выбор технологии десульфурации коксового газа обеспечивает значительную экономию средств предприятия.

Выводы

Технологию десульфурации коксового газа необходимо выбирать на основе требований степени очистки

Таблица 1.

Затраты на десульфурацию коксового газа

Метод	Затраты, евро/сут	Экономия, евро*	
		в сутки	в год
Стретфорда	13500/11100	0	0
ASK	12500/8900	1000/2200	360000/792000
Вакуум-карбонатный	9200/5700	4300/5400	1548000/1944000

* Числитель — использование платного пара; знаменатель — использование бесплатного пара.

Таблица 2.

Преимущества и недостатки технологий десульфурации коксового газа

Метод/Оборудование	Преимущества	Недостатки
<i>Технологии мокрого окисления</i>		
Метод Стретфорда + сульфат-аммониевая технология	Высокая эффективность очистки (менее 2 мг H ₂ S и 30 мг NH ₃ на 1 м ³ коксового газа); высокое качество сульфата аммония, прибыльность; не требуется скруббинг под высоким давлением	Высокая стоимость эксплуатации; необходимость предварительного скруббинга NH ₃ и циановодорода; расходимый катализатор; качество серы низкое, что снижает прибыльность от ее продажи; необходимость специальной обработки загрязненных сточных вод; чувствительность к загрязнениям; зависимость от поставщиков катализатора и антрахинон-дисульфоновой кислоты (расходных материалов)
<i>Абсорбционно-десорбционные технологии</i>		
ASK и вакуум-карбонатный/десорбционная установка, установка для получения серы методом Клауса	Высокая эффективность очистки (300 мг H ₂ S и 30 мг NH ₃ на 1 м ³ коксового газа); низкая стоимость эксплуатации; не требуются расходимые катализаторы; скруббинг NH ₃ включен в процесс; высокое качество серы, прибыль от ее реализации; сточные воды не требуют специальной обработки и могут направляться сразу в оборудование биологической очистки сточных вод	Необходим скруббинг высокого давления для достижения концентраций H ₂ S в очищенном газе менее 2 мг/м ³ (требуется в исключительных случаях)

этого газа, которая во многом определяется областью использования очищенного газа.

Технологии мокрого окисления (метод Стретфорда в сочетании с сульфат-аммониевой технологией) требуют применения дорогостоящих химических реагентов. Обеспечиваемая этими технологиями эффективность очистки коксового газа повышается при применении абсорбционно-десорбционных технологий. Совокупная стоимость эксплуатации комплексов оборудования, необходимого для реализации каждой из данных технологий, существенно зависит от рыночных цен на побочные продукты десульфурации (товарную серу и сульфат аммония), причем по возрастанию этой стоимости указанные технологии можно расположить следующим образом (слева направо):

Вакуум-карбонатная технология < технология ASK < метод Стретфорда.

Возможность использования бесплатного пара из собственной распределительной сети предприятия значительно снижает совокупную стоимость эксплуатации оборудования для каждой из технологий, однако это не влечет изменения положений соответствующих технологий в приведенном выше позиционировании.

Абсорбционно-десорбционные технологии (методы ASK и вакуум-карбонатный) предусматривают использование пара для десорбции (отгонки). Поэтому при использовании бесплатного пара эти методы становятся еще более выгодными, чем метод Стретфорда. Однако эффективность очистки коксового газа у абсорбционно-десорбционных методов существенно ниже, чем у метода Стретфорда (соответственно 300 мг H₂S/30 мг NH₃ на 1 м³ очищенного коксового газа и 2 мг H₂S/30 мг NH₃ на 1 м³ очищенного коксового газа). При этом качество серы, получаемой методом Клауса, существенно выше, и ее сбыт предприятиям химической промышленности может быть выгоден.

Основные преимущества и недостатки рассмотренных методов десульфурации представлены в табл. 2.

В результате можно сделать вывод, что абсорбционно-десорбционные технологии десульфурации коксового газа (вакуум-карбонатный и ASK) отличаются достаточной экономической эффективностью и обладают преимуществами с точки зрения экологии.

Компания DMT является патентодержателем многих систем, связанных с контролем давления в коксохимическом производстве и с процессом десульфурации, и может предложить свои услуги для повышения эффективности коксохимических производств. ЧМ



IMC Montan

Консалтинговые услуги горнодобывающим и перерабатывающим предприятиям

Горно-геологический аудит

MER / CPR, Оценка запасов, Due Diligence, Инженерное сопровождение

Технический консалтинг

ТЭО, FS, PFS, SS, инженерное проектирование

3D моделирование и оптимизация, QA/QC/GPP

Промышленная безопасность и охрана труда,

Обогащение и металлургия

Повышение производительности труда, Экология и рекультивация

Стратегический консалтинг в сфере социально-экономического и экологического развития территорий.

Профессионализм – залог нашего успешного сотрудничества!



Департамент коксохимической промышленности

• Проведение исследования и предварительных расчетов смесей углей, оптимизация угольных смесей

• Установка технологических свойств коксующихся углей и предположительного качества кокса

• Поддержка производства путем оценки качества применяемого для производства угля и полученного кокса

• Экспериментальные опыты на коксование

Коксохимическая промышленность – услуги будущего

ИЕЕС, Москва:
125047, г. Москва, ул. Чайнова 22, стр. 4.
Тел.: +7(499) 250 67 17
Факс: +7(499) 251 59 62
consulting@imcgroup.ru
www.imcmontan.ru

DMT GmbH & Co.
Am Technologiepark 1
45307 Essen
Germany
Phone +49 201 172-1533
Fax +49 201 172-1735
dmt@dmt.de
www.dmt.de



ТЕРМООБРАБОТКА

6-я международная специализированная выставка

Единственная в России международная специализированная выставка термического оборудования и технологий

25 - 27 сентября 2012 Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», пав. 5

Разделы выставки:

- ▶ Промышленные печи: муфельные, вакуумные, плавильные, шахтные, камерные, электропечи
- ▶ Индукционный нагрев: ТВЧ продукция, индукционные печи
- ▶ Оборудование для химико-термической обработки: азотирования, цементации и т.д.
- ▶ Закалочное оборудование, масла и среды
- ▶ Лабораторные печи, сушильные шкафы
- ▶ Оснастка для термического оборудования
- ▶ Размерная и поверхностная обработка: формообразование, напыление
- ▶ Автоматизация термообработки, системы управления, контроль качества, теплотехнические измерения
- ▶ Энергосберегающие технологии термических производств



ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ И ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ - Специальный раздел в рамках выставки

- ▶ Магнезиальные
- ▶ Циркониевые
- ▶ Корундографитовые
- ▶ Алюмосиликатные
- ▶ Бескислородные
- ▶ Корундовые
- ▶ Кремнезёмистые
- ▶ Окисные
- ▶ Карбидкремниевые

Деловая программа:

- ▶ 6-я Международная научно-практическая конференция "Инновационные технологии термообработки"
- ▶ Семинар "Современное оборудование для производства и использования огнеупоров"

Информационная поддержка:



Организатор:
Мир-Экспо

ООО «Выставочная компания «Мир-Экспо» | Россия, 115533, Москва, проспект Андропова, 22
Тел./факс: 8 499 618 05 65, 8 499 618 36 83 | info@htexporus.ru | www.htexporus.ru

