

**КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО
ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАБОТЫ УСТАНОВКИ ЗАКРЫТОГО
ЦИКЛА КОНЕЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ
ЧАО «МАКЕЕВКОКС»**

© 2012 Базов С.В., Мостовой О.Н.,
Губанов С.А., Мушта В.Х., Фукс С.А.,
Селютин В.И. (ЧАО «МАКЕЕВКОКС»),
Банников Л.П., к.т.н. (ГП «УХИИ»),
Грабко В.В. (ГП «Гипрококс»)

Конечное охлаждение коксового газа должно обеспечивать охлаждение коксового газа, удаление нафталина и снижение влияния агрессивных компонентов на процессы извлечения бензола и сероводорода. В статье рассмотрены усовершенствования наиболее традиционного цикла конечного охлаждения закрытого типа.

The final cooling of coke oven gas should provide coke oven gas cooling, removal of naphthalene and reduce corrosive components impact on processes of benzene recovery and hydrogen sulfide removing. The article describes improvement for the most traditional direct final cooling closed cycle.

Ключевые слова: коксовый газ, конечное охлаждение, прямая промывка, охлаждением через стенку, экстракция нафталина, кожухотрубчатый теплообменник.

Задача конечного охлаждения коксового газа – понижение его температуры после процессов сжатия газа и улавливания аммиака с целью проведения наиболее полного извлечения бензольных углеводородов. Охлаждение газа в конечных газовых холодильниках (КГХ) сопровождается конденсацией водяных паров, паров ароматических углеводородов и нафталина. Поэтому узел конечного охлаждения газа должен обеспечить отвод и удаление сконденсировавшихся паров, вымывание из газа веществ, утяжеляющих поглотительное масло и ухудшающих его качество. По нашему мнению, из всех существующих современных методов конечного охлаждения коксового газа [1, 2] в наибольшей степени соответствует перечисленным условиям способ прямой промывки циркулирующей водой.

Так, при непосредственном контакте коксового газа с промывной водой (по схеме, действующей на ЧАО «МАКЕЕВКОКС») для охлаждения газа (при расходе 75 тыс. м³/ч) с 45 до 25 °С требуется 213 м³/час промывной воды [3]. Фактически по ПТЭ [4] предусматривается подача $75 \times 650 / 100 = 488$ м³/час воды, т.е. для вымывания из газа сублимированного нафталина необходим более чем двукратный избыток воды. При альтернативном охлаждении газа через теплообменную стенку количество выделяющегося конденсата водяных паров недостаточно для орошения газа и транспортировки сублимированного нафталина и аэрозолей смолы.

Газ после сульфатного отделения может иметь температуру до 60-70 °С и содержать до 1,0-1,2 г/м³ нафталина [5]. При охлаждении коксового газа до 25-30 °С нафталин выпадает в виде кристаллов. Поэтому при организации конечного охлаждения коксового газа непрямой способом (через стенку) необходима установка нафталиновых скрубберов. В частности, на этом

принципе была основана схема конечного охлаждения коксового газа, которая эксплуатировалась на металлургическом заводе в Ньюпорте. После охлаждения коксового газа в холодильниках с горизонтальными трубами до температуры, несколько превышающей точку росы нафталина, газ промывался в нафталиновых скрубберах поглотительным маслом, поступающим из первого по ходу газа бензольного скруббера [3]. Затем газ снова охлаждался в холодильниках с горизонтальными трубами, после чего поступал в бензольные скрубберы. Также предусматривалась возможность периодической промывки маслом межтрубного пространства холодильников.



Для объективного сопоставления достоинств и недостатков схем прямого и непрямого конечного охлаждения коксового газа необходимо учитывать в том числе и оборудование для эффективного вывода нафталина, частичного вывода цианистого водорода, аммиака, сероводорода и смолистых веществ. В этом плане для ЧАО «МАКЕЕВКОКС» схема с применением водной промывки выглядит предпочтительнее схемы с непрямым охлаждением газа. Особенно возрастает привлекательность такого способа подготовки газа к дальнейшей

переработке в связи с пуском моноэтаноламиновой (МЭА) сероочистки, поглотительный раствор которой обладает хорошей смачивающей и растворяющей способностью по отношению к органическим загрязнениям. Отрицательно влияет на качество раствора МЭА присутствие цианистого водорода и аммиака. Проскоки последнего как правило задерживаются промывной водой конечного охлаждения в пределах установившегося равновесия.

На ЧАО «МАКЕЕВКОКС» конечное охлаждение коксового газа с 1976 г. осуществляется по следующей схеме. Циркулирующая вода охлаждается в межтрубном пространстве десяти кожухотрубчатых теплообменников 1200 ХПГ – 16 – М8/21 Г-6-2, которые разделены на три группы (4 + 3 + 3). Такая схема позволяет поочередно осуществлять чистку теплообменников поблочно механическим способом с помощью гидро-пнеumo-машины. Контур охлаждения циркулирующей воды организован следующим образом: насос – теплообменники – КГХ – контрольный отстойник – насос. Контур оборотной воды представляет собой технологическую цепочку насос – теплообменники – градирня БВГ-600 – насос.

В ходе эксплуатации были выявлены определенные факторы, которые усложняли обслуживание, а также снижали эффективность охлаждения газа и удаления нафталина. Первая группа таких факторов связана с гидравлическим режимом узла конечного охлаждения коксового газа.

Рост гидравлического сопротивления теплообменников по сути является индикатором образования отложений на внутренних теплопередающих поверхностях. Отложения снижают эффективность теплопередачи, способствуют росту давления нагнетания насоса, что может привести к разгерметизации коммуникаций, фланцевых соединений и запорной арматуры. Как

следствие, происходит вынужденное снижение количества подаваемой воды (ниже $450 \text{ м}^3/\text{час}$), повышение температуры коксового газа и снижение эффективности улавливания бензольных углеводородов. Для уменьшения гидравлического сопротивления до уровня $0,25-0,35 \text{ кгс/см}^2$ межтрубное пространство теплообменников периодически промывается надсмольной водой отделения конденсации, тем самым обеспечивается стабильность работы узла конечного охлаждения коксового газа.



При возрастании гидравлического сопротивления конечного газового холодильника непосредственного действия (вертикальный цилиндрический аппарат полочного типа, $D = 5500 \text{ мм}$, $H = 48500 \text{ мм}$) с $50-100$ до 150 мм вод. ст. применяется пропарка газового пространства с подачей пара снизу и с выводом паровой смеси на свечу. Как показывает опыт работы КГХ, такая операция производится не чаще двух раз в год. Для предотвращения забивки отложениями участка газопровода от КГХ до бензольных скрубберов в газопровод

постоянно подается поглотительное масло, которое промывает газопровод и стекает в первый по ходу газа бензольный скруббер № 1.

Вторая группа факторов, осложняющих работу цикла конечного охлаждения коксового газа, является следствием замкнутости контура циркулирующей воды, что приводит к накоплению в последней преимущественно водорастворимых компонентов коксового газа до уровня равновесных концентраций. Наиболее растворимым компонентом является цианистый водород, ликвидация накопления которого при отсутствии приемлемых технологий децианизации в настоящее время проводится продувкой цикла циркулирующей воды [6].

Ранее, вследствие нестабильности работы аммиачной колонны (низкой пропускной способности) сепараторная вода бензольного отделения подавалась в отстойники фенольных вод, что приводило к возрастанию в циркулирующей воде концентрации аммиака, сероводорода, цианидов и пр. солей. После модернизации аммиачной колонны появилась возможность передавать сепараторную воду бензольного отделения на продувку циркулирующей воды КГХ. Это позволило отказаться от пополнения цикла технической водой, которое приводило к повышению жесткости циркулирующей воды со всеми вытекающими негативными последствиями.

Особенно влияет на процесс интенсивного поглощения сероводорода и HCN из коксового газа циркулирующей водой КГХ присутствие в ней аммиака. В таком случае из-за химического связывания кислых компонентов коксового газа аммиаком не только увеличивается образование соответствующих балластных солей, но и происходят процессы окисления с образованием роданидов, тиосульфатов и ферроцианидов аммония. Для ликвидации проскоков аммиака из сульфатного отделения была запущена сатураторная установка № 3 с

газо-жидкостным способом агитации. Для контроля подачи кислоты и обеспечения оптимальной кислотности в зоне контакта установлены рН-метры, осуществляется автоматическое регулирование расхода кислоты, установлены современные контроллеры для визуализации процесса улавливания аммиака. В результате произошло снижение потерь аммиака с коксовым газом после установки до $0,03 \text{ г/м}^3$, уменьшилось содержание NH_3 в циркулирующей воде КГХ и в сепараторной воде бензольного отделения до уровня ниже регламентной нормы $0,5 \text{ г/дм}^3$.

Третья группа факторов связана с количеством, качеством и температурным режимом охлаждающей оборотной воды теплообменников закрытого цикла. В процессе эксплуатации происходит забивка солями жесткости внутренних поверхностей трубочки теплообменников и форсунок градирни. Повышение гидравлического сопротивления форсунок с $0,10-0,15$ до $0,30-0,40 \text{ кгс/см}^2$ приводит к необходимости периодической чистки.

Для стабилизации температурного режима теплообменников по линии оборотной воды была введена в эксплуатацию градирня БВГ-600 «макси» с высокоэффективными форсунками и двухскоростными вентиляторами, что позволило охлаждать коксовый газ до температуры $27-30 \text{ }^\circ\text{C}$. Для повышения качества оборотной воды совместно со специалистами лаборатории парокотельного цеха были разработана и успешно внедрена в эксплуатацию технология обработки воды реагентами фирмы «Clean water» (вместо ранее применявшейся обработки реагентом «МИОР-О»).

И, наконец, для эффективной экстракции нафталина из циркулирующей воды цикла конечного охлаждения необходимо достаточное количество каменноугольной смолы соответствующего качества.

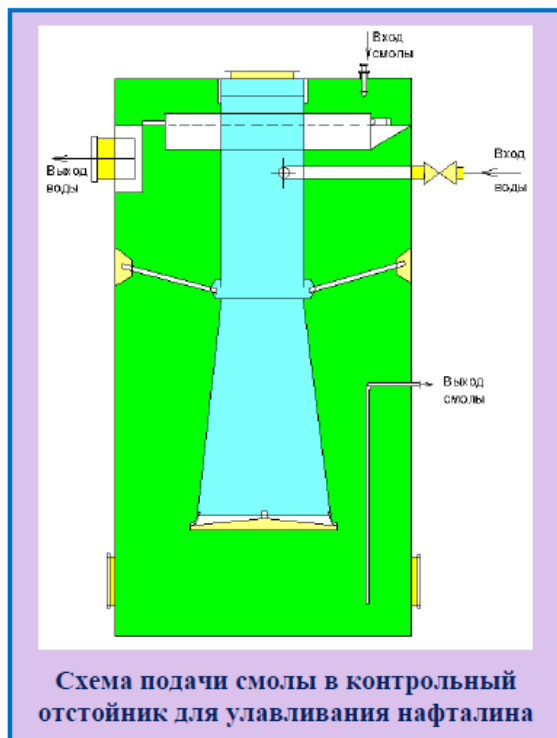
По данным [5], расход смолы на извлечение из воды нафталина составляет $2,0-$

$2,5 \%$ от количества подаваемой воды, при этом степень извлечения нафталина в промывателе достигает $95-100 \%$. По существующей на ПАО «МАКЕЕВКОКС» схеме каменноугольная смола из промборника насосом в количестве $8-12 \text{ м}^3/\text{ч}$ подается на третью полку нафталинопромывателя конечного газового холодильника для экстракции нафталина из оборотной воды цикла КГХ. Из нафталинопромывателя смола периодически, самотеком, выводится по трубопроводу на промборник и далее на отстаивание и хранение. Для реализации постоянной подачи смолы в нафталинопромыватель были установлены новые насосные агрегаты с частотным регулированием, что обеспечило регулировку производительности и стабильность уровней в емкостях.

С подаваемой на промывку каменноугольной смолой в цикл должно вноситься как можно меньше агрессивных аммиачных солей, содержащихся в надсмольной воде. После ввода в эксплуатацию новых механизированных осветлителей объемом 210 м^3 стало возможно поддерживать уровень смолы по показанию приборов, контролирующих уровень разделения фаз. При этом содержание воды в каменноугольной смоле уменьшилось с $25-50 \%$ до $4-8 \%$, что позволило существенно снизить поступление аммиачных солей в цикл конечного охлаждения. Повышение качества оборотной воды за счет внедрения данного мероприятия привело к улучшению качества поглотительного масла и к снижению содержания аммиака в сепараторной воде бензольного отделения с $0,65$ до $0,1-0,2 \text{ г/дм}^3$.

Подача смолы на третью полку нафталинопромывателя повысила эффективность ее распределение с достаточной поверхностью контакта фаз, что привело к снижению забивки теплообменных поверхностей. Для этой цели также была установлена дополнительная форсунка и коммуникации для периодической (1 раз в

неделю) подачи смолы в верхнюю часть контрольного отстойника с целью улавливания уносов нафталина (см. рис.).



Выводы

Длительный опыт эксплуатации закрытого цикла конечного охлаждения коксового газа с прямой промывкой циркулирующей водой представляется надежным способом, обеспечивающим не только эффективное охлаждение, но и вывод сублимированного нафталина, промывку газа от различных примесей и загрязнений, а также дополнительную защиту бензольного отделения и цеха сероочистки от проскоков аммиака.

Успешное функционирование узла конечного охлаждения должно обеспечиваться комплексом мероприятий по соблюдению необходимого режима работы отделения конденсации, сульфатного

отделения, аммиачных колонн, водоподготовки и градирен оборотной воды.

Разработанные и внедренные мероприятия по повышению эффективности экстракции нафталина каменноугольной смолой обеспечивают высокую эффективность процесса охлаждения коксового газа и бесперебойную эксплуатацию теплообменного оборудования с применением кожухотрубчатых теплообменников.

Библиографический список

1. **Федак С.П.** Конечное охлаждение коксового газа с применением различного оборудования / С.П.Федак, Л.А.Казак, Л.Ф.Сырова, Н.Ф.Моралина, В.М.Ли, В.Н.Романов // Углехимический журнал. – 2009. – № 3-4. – С.68-74.
2. **Ковалев Е.Т.** О совершенствовании технологии конечного охлаждения коксового газа. / Е.Т.Ковалев, И.М.Розенгурт // Кокс и химия. – 1992. – № 11. – С. 23-25.
3. **Лазорин С.Н.** Производство сырого бензола / С.Н.Лазорин, Е.Я.Стеценко – Киев: Техника, 1969. – 224 с.
4. **Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий.** – Харьков, 2001. – 309 с.
5. **Лейбович Р.Е.** Технология коксохимического производства / Р.Е.Лейбович, Е.И.Яковлева, А.Б.Филатов – М.: Металлургия, 1982. – 359 с.
6. **Белошанка И.В.** Опыт освоения и эксплуатации закрытого цикла конечного охлаждения коксового газа на коксохимическом производстве ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» / И.В.Белошанка, С.И.Зоря, Н.В.Мукина, М.А.Иваньк, Е.Т.Ковалев, Л.П.Банников // Углехимический журнал». – 2009. – № 5-6. – С. 55-59.

Рукопись поступила в редакцию 14.05.2012