

ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ГАЗА МЕТОДОМ АМИНОВОЙ ОЧИСТКИ

Ладыгин Константин Владимирович, к.т.н.
Стомпель Семен Исаакович, Ph.D
(Промышленная Группа «Безопасные Технологии»)

Соединения серы, в основном, сероводород, содержатся почти во всех видах природного газа. Особенно это относится к попутному нефтяному газу, ПНГ, добываемому вместе с нефтью. ПНГ - ценный природный ресурс, который до недавнего времени приходилось сжигать на факеле, ввиду отсутствия технологий переработки на месте добычи. Однако, в Постановлении правительства от 8 ноября 2012 г. № 1148 «Об особенностях исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа» прямо предписывается утилизация минимум 95% ПНГ. Попутный нефтяной газ мог бы обогревать и освещать кусты месторождений, обеспечивая добычу ископаемых необходимой энергией.

По статистике

до 35% общих расходов

тратится на энергообеспечение удаленных объектов.

ГОСТы 5542-2014 и 27577-2000 ограничивают содержание сероводорода на уровне $0,02 \text{ г/м}^3$ в горючих газах, которые могут применяться как топливо в котлах или газовых электрогенераторах.

Однако, нормативы содержания сероводородных соединений в газе, чтобы можно было его использовать в качестве топлива или сырья, составляют не более $0,02 \text{ г/м}^3$ (ГОСТ 5542-2014 «Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения» и ГОСТ 27577-2000 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания»)

Причина этого в высокой и разнообразной коррозионной активности сероводорода. Растворяясь в



воде, сероводород образует кислоту, которая вызывает химическую коррозию трубопроводов и агрегатов. Сульфиды, которые сероводород в присутствии влаги образует практически со всеми металлами играют роль катодов в гальванической паре, что приводит к быстрому и обширному износу всех металлических частей, контактирующих с газом. Эту специфическую сероводородную коррозию невозможно полностью убрать антикоррозионными добавками.

Кроме того, соединяясь с непредельными углеводородами, сероводород образует меркаптаны, являющиеся токсичными соединениями и каталитическими ядами, пассивирующими катализаторы процессов дальнейшей переработки газов.

Сероочистка добываемых газов давно реализована в промышленности и насчитывает десятки технологий, которые можно разделить на две категории: сорбционные и каталитические.

Сорбционные технологии сероочистки основаны на абсорбции (растворами аминов, щелочей) или адсорбции (твёрдыми поглотителями) сероводорода и других сернистых соединений с последующим их выделением и регенерацией сорбента тем или иным методом либо без нее, в случае применения хемосорбентов.

Каталитические технологии обычно подразумевают восстановительное гидрирование всех серосодержащих соединений до сероводорода с дальнейшей очисткой газа от сероводорода тем или иным методом.

Часто в процессе очистки применяется связка из нескольких технологий, например каталитическое гидрирование + поглощение на твердом сорбенте для доочистки газа в процессе получения метанола, или каталитическое гидрирование + поглощение растворами аминов в процессе очистки топлив.

Сероводород, образующийся как побочный продукт в процессе очистки, как правило, перерабатывается методом Клауса в элементарную серу для дальнейшего применения в промышленности.

Аминовая очистка, относящаяся к абсорбционным методам, известна с 1930-х годов, когда она была разработана, запатентована и впервые применена в США. Очистка газов осуществлялась фенилгидразином. С тех пор технология претерпела изменения и сегодня широко применяется.

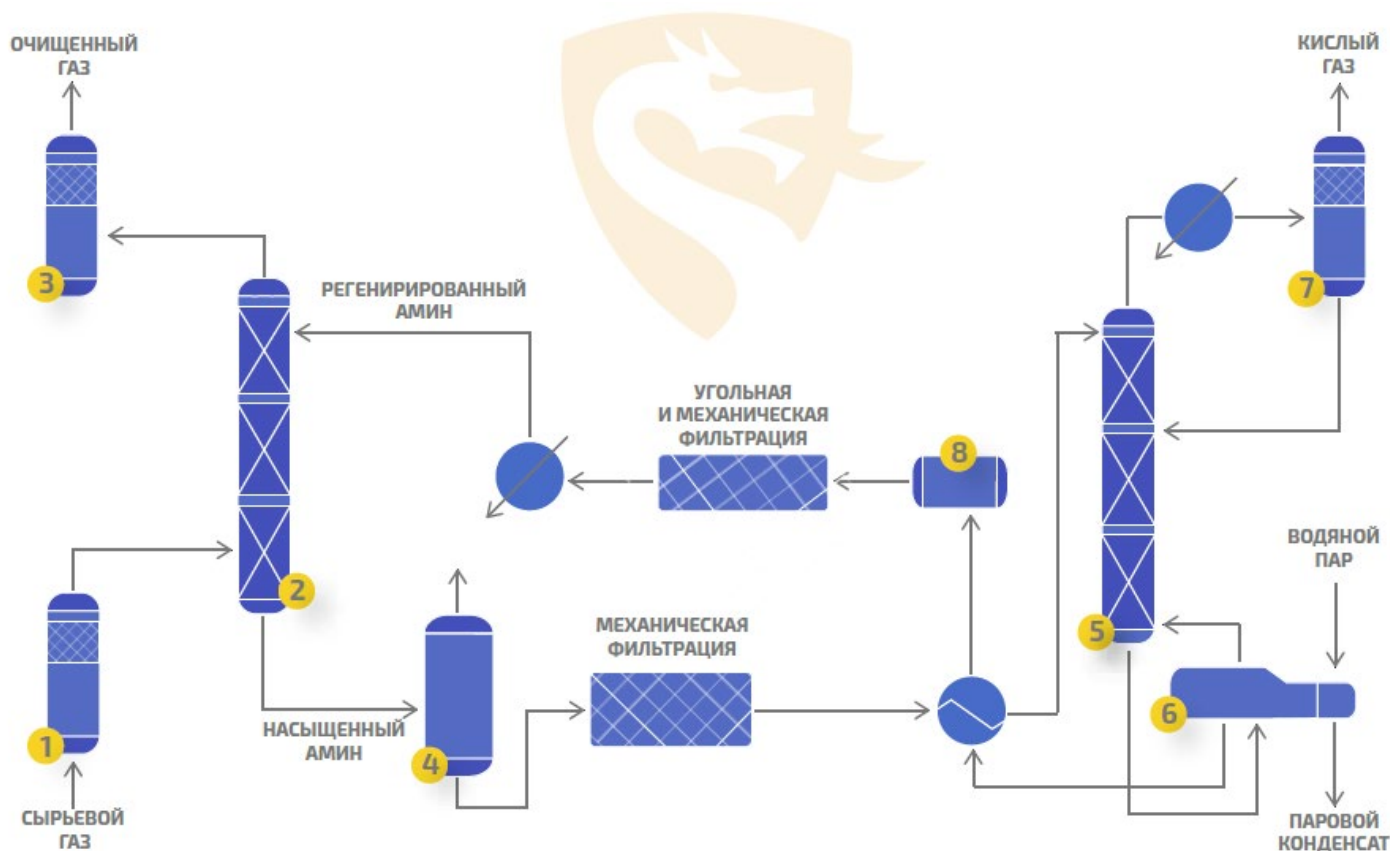
В настоящее время применяются различные типы аминов, что наряду с концентрацией рабочего раствора определяет качество очистки, селективность процесса и коррозионную активность рабочего раствора.

Тип амина	Концентрация и назначение
Моноэтаноламин (МЭА)	20% для очистки от CO ₂ и H ₂ S, 32% для очистки от CO ₂
Диэтаноламин (ДЭА)	20...25% для очистки от H ₂ S и CO ₂
Метилдиэтаноламин (МДЭА)	30...55% для селективной очистки от H ₂ S в присутствии CO ₂ для очистки от H ₂ S и CO ₂ подходит при использовании пиперазина в качестве активирующего агента
Дигликольамин (ДГА)	50% для очистки от H ₂ S и CO ₂ до 70% для очистки от «легких» меркаптанов

Однако, большинство этих технологий рассчитаны на большие объемы и достаточно сложны. Например, традиционная технология гидроочистки, требует температур около 300 °С и давления около 3МПа.

Процесс аминовой очистки серосодержащих газов ПГ «Безопасные Технологии» рассчитан на небольшие объемы газа порядка 1000 нм³/ч и в качестве рабочей среды использует МДЭА. Насыщенный раствор амина из кубовой части абсорбера поступает в **экспансер**, где происходит:

- выделение содержащихся в растворе углеводородов,
- частичная дегазация потока.



Газы сепарации из верхней части аппарата направляются в **факельный коллектор**. Поток насыщенного раствора амина из нижней части экспанзера подается на регенерацию в **десорбер**, после предварительного подогрева в **рекуперативном теплообменнике**. В десорбере установлена высокопроизводительная уникальная регулярная насадка собственного производства. Удаление частиц сульфида железа и механических примесей из осуществляется в **узле пылеулавливающих механических фильтров**.

Далее парогазовый поток, обогащенный H_2S и CO_2 , выходит из колонны и поступает в **аппарат воздушного охлаждения**, после чего газожидкостная смесь поступает в **рефлюксную ёмкость**:

- из верхней части отводятся кислые газы,
- в нижнюю стекает водный конденсат.

Кубовая жидкость десорбера непрерывно поступает в межтрубное пространство **ребойлера**.

Если направить очищенный попутный газ на выработку электричества, то из потока газа в $1000 \text{ нм}^3/\text{ч}$, прежде сжигавшегося на факеле, сегодня можно получить до 3 мВт электричества с помощью газопоршневой электростанции.



Такой комплекс подготовки газа функционирует на Северо-Мукеркамьльском месторождении, обустройство которого ведет нефтегазовая компания «Горный». Контракт был реализован «под ключ» в короткие сроки. Полный спектр работ, начиная от проекта и изготовления оборудования до монтажа на месторождении и ввода в эксплуатацию, был выполнен специалистами ПГ «Безопасные Технологии».

Преимущества процесса ПГ «Безопасные Технологии»

закключаются в:

- широком диапазоне концентраций сероводорода в газе, поступающем на очистку
- высокой поглотительной способности амина к сероводороду
- сравнительно низкой стоимости компонентов, доступности реагентов
- высокой степени фабричной готовности установки подготовки газа, позволяющей быстро собрать и запустить ее на промышленной площадке месторождения
- высоким качестве очищенного газа, превышающее требования ГОСТ менее 20 ppm ($< 0,002\%$)

Блочно-модульное исполнение установки позволяет максимально быстро собрать ее на месторождении, в апробированное серийное решение допускается внесение изменений в соответствии с пожеланиями заказчика. Возможно исполнение для суровых природных условий Крайнего севера.



до 35% общих расходов тратится на энергообеспечение удаленных объектов



до 3 мВт электричества можно получить из **$1000 \text{ нм}^3/\text{ч}$** газа



$< 20 \text{ ppm}$ ($< 0,002\%$)

содержание H_2S в подготовленном газе