

*Тулин Н.С.,
студент Казанского научно-исследовательского технологического
университета
2 курс магистратуры, Институт нефти химии и нанотехнологии
Россия, г. Казань*

ФИЗИЧЕСКАЯ АБСОРБЦИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ГАЗОПОДГОТОВКИ ПРИ РОСТЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛЫХ КОМПОНЕНТОВ

***Аннотация:** Рассмотрена роль физической абсорбции в модернизации установок газоподготовки при увеличении содержания кислых компонентов в сырьевом природном газе. Показано, что при росте доли сероводорода и диоксида углерода возрастает нагрузка на контактную, холодильную и регенерационную части установки, поэтому модернизация должна включать не только замену аппаратов, но и уточнение режимов абсорбции, десорбции и контроля состава сырья.*

***Ключевые слова:** природный газ, газопереработка, физическая абсорбция, низкотемпературная абсорбция, кислые компоненты, сероводород, диоксид углерода.*

PHYSICAL ABSORPTION AS A DIRECTION FOR GAS TREATMENT MODERNIZATION UNDER INCREASED ACID GAS CONTENT

***Abstract:** The paper considers physical absorption as a technological basis for upgrading gas treatment units when hydrogen sulfide and carbon dioxide content in feed gas increases. The proposed approach focuses on solvent circulation, temperature profile, separation before the absorber and regeneration stability.*

***Keywords:** natural gas, gas processing, physical absorption, acid gases, hydrogen sulfide, carbon dioxide.*

Введение

Подготовка природного газа к транспорту и дальнейшей переработке усложняется, когда в сырьевом потоке увеличивается содержание кислых компонентов — прежде всего H_2S и CO_2 . Для газа промышленного и коммунально-бытового назначения ГОСТ 5542-2014 устанавливает предельные показатели качества, включая массовую концентрацию сероводорода не более $0,020 \text{ г/м}^3$ и молярную долю диоксида углерода не более 2,5 %. ¹ Следовательно, рост содержания H_2S и CO_2 в исходном газе напрямую влияет на технологическую устойчивость установок очистки, осушки и отбензинивания.

Газопереработка как отрасль включает получение сухого отбензиненного газа, сжиженных углеводородных газов, широкой фракции легких углеводородов, стабильного газового конденсата и серы; эти направления прямо отражены в справочнике НДТ по переработке природного и попутного газа. ² Поэтому модернизация установки низкотемпературной масляной абсорбции должна рассматриваться не изолированно, а как часть общей схемы промысловой подготовки и газопереработки, где качество товарного газа связано с извлечением ценных углеводородных компонентов и обращением с кислыми газами. ³

Материалы и методы

Методологическую основу статьи составил анализ нормативных требований к качеству природного газа, сведений о технологиях газопереработки и общих закономерностей абсорбции. Абсорбция понимается как объемное поглощение газов или паров жидким либо твердым абсорбентом с образованием раствора; при физической абсорбции абсорбент не вступает с поглощаемым компонентом в химическую реакцию. ⁴ Количество

поглощенного газа зависит от природы газа и жидкости, давления, температуры и состава газовой фазы, что особенно важно для высоконапорных газовых потоков с повышенным парциальным давлением кислых компонентов.⁴

Результаты и обсуждение

Низкотемпературная абсорбция основана на различии растворимости компонентов газа в жидкой фазе при пониженных температурах и последующем выделении извлеченных компонентов в десорберах.⁵ Для масляной абсорбции этот принцип означает, что эффективность работы абсорбера определяется не только расходом поглотительного масла, но и температурным профилем, давлением, качеством предварительной сепарации, состоянием контактных устройств и режимом регенерации насыщенного абсорбента. При росте доли H_2S и CO_2 прежние режимы могут приводить к ускоренному насыщению масла, росту циркуляции, повышению нагрузки на холодильники и увеличению риска недостижения требуемого качества газа.⁴

Практический интерес физической абсорбции состоит в том, что при циклической схеме она в основном требует затрат электроэнергии на перекачивание раствора, тогда как химическая абсорбция обычно связана с существенными тепловыми затратами на регенерацию поглотителя.⁴ В учебном пособии по технологиям сероочистки отмечается, что при высоких парциальных давлениях кислых компонентов и отсутствии требования сверхтонкой очистки физические абсорбенты в ряде случаев экономичнее химических из-за меньших затрат на регенерацию.⁶ Это не отменяет необходимости последующей доочистки, но позволяет рассматривать физическую абсорбцию как рациональную первую ступень разгрузки схемы при увеличении кислотности сырья.

Для модернизации установки низкотемпературной масляной абсорбции целесообразно выделить несколько направлений. Во-первых, требуется постоянный хроматографический контроль сырьевого газа по H_2S , CO_2 , C_2+ и

воде с пересчетом коэффициента циркуляции абсорбента. Во-вторых, необходимо проверить запас по холодильной мощности, так как снижение температуры повышает растворимость ряда компонентов и расширяет рабочий диапазон физической абсорбции. В-третьих, перед абсорбером должен стабильно работать блок сепарации жидкой фазы, поскольку избыток конденсата и воды нарушает гидродинамику колонны и ухудшает контакт газа с маслом. В-четвертых, при длительном росте кислых компонентов следует рассмотреть ступенчатую схему: физическая абсорбция снимает основную нагрузку, а селективная химическая очистка или адсорбционная доочистка обеспечивает достижение нормативов по остаточному H_2S .^{2, 4, 5}

Перспективным организационно-техническим решением является не простое увеличение расхода абсорбента, а перераспределение потоков и нагрузки между ступенями очистки. В патентном описании способа очистки природного газа от CO_2 и H_2S показано, что разделение частично очищенного газа на потоки и оптимизация второй стадии абсорбции позволяют уменьшить циркуляцию абсорбента и тепловые затраты регенерации на второй стадии на 65,6 %.⁷ Хотя приведенный пример относится к аминовому абсорбенту, сам подход важен для модернизации: при изменении состава сырья экономический эффект часто достигается не только выбором нового поглотителя, но и настройкой потоков, температур, давления и числа контактных ступеней.

Заключение

Физическая абсорбция является обоснованным направлением модернизации газоподготовки при возрастании содержания кислых компонентов в сырьевом природном газе, особенно если установка уже использует низкотемпературный режим и поглотительное масло. Наиболее значимыми мерами являются уточнение материального баланса по H_2S и CO_2 , контроль температурного режима, повышение эффективности предварительной сепарации, стабилизация регенерации абсорбента и

включение доочистки при необходимости достижения жестких норм по сероводороду. Такой подход позволяет связать тему модернизации установки низкотемпературной масляной абсорбции с практическими задачами газопереработки: обеспечением качества товарного газа, снижением энергетической нагрузки и сохранением извлечения ценных углеводородных компонентов.

Список источников:

1. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. — М.: Стандартиформ, 2015.

2. ИТС 50-2017. Переработка природного и попутного газа. — М.: Бюро НДТ, 2017. — 213 с.

3. Технология переработки природного газа и конденсата: справочник: в 2 ч. Ч. 1 / под ред. В.И. Мурина, Н.Н. Кисленко, Ю.В. Суркова. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. — 517 с.

4. Кулов Н.Н. Абсорбция // Большая российская энциклопедия. — М., 2005. — Т. 1. — С. 41. — URL: <https://old.bigenc.ru/chemistry/text/661611> (дата обращения: 10.05.2026).

5. Низкотемпературная абсорбция (НТА) // Neftegaz.RU. Техническая библиотека. — 2014. — URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/neftekhimiya/147934-nizkotemperaturnaya-absorbtsiya-nta/> (дата обращения: 10.05.2026).

6. Мазгаров А.М., Корнетова О.М. Технологии очистки попутного нефтяного газа от сероводорода. — Казань: Казанский университет, 2015. — 70 с.

7. Патент RU2624160C1. Способ и установка очистки природного газа от диоксида углерода и сероводорода / заявитель ООО «Газпром ВНИИГАЗ». — Оpubл. 30.06.2017.