



УДК 504.06+66.0

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НДТ



IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES OF GAS CONDENSATE STABILIZATION BASED ON THE PRINCIPLES OF NDT

Гребенкина Анна Владимировна

Кубанский государственный технологический университет
grebenkinaanna94@mail.ru

Сыроватка Владимир Антонович

кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры технологии нефти и газа,
Кубанский государственный технологический университет
SVA2020Gazprom@mail.ru

Косулина Татьяна Петровна

доктор химических наук,
профессор кафедры технологии нефти и газа,
Кубанский государственный технологический университет
kosylina@rambler.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются технологии стабилизации газового конденсата, применение которых направлено на увеличение выхода стабильного конденсата, определяющее ресурсосбережение жидких углеводородов в соответствии с принципами НДТ.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии (НДТ), стабилизация газового конденсата, ресурсосбережение.

Grebenkina Anna Vladimirovna
Kuban state technological University
grebenkinaanna94@mail.ru

Syrovatka Vladimir Antonovich
Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer of the Department of
oil and gas technology,
Kuban state technological University
SVA2020Gazprom@mail.ru

Kosulina Tatyana Petrovna
Doctor of Chemistry,
Professor of the Department of
oil and gas technology,
Kuban state technological University
kosylina@rambler.ru

Annotation. This article discusses gas condensate stabilization technologies, the use of which is aimed at increasing the yield of stable condensate, which determines the resource conservation of liquid hydrocarbons in accordance with the principles of BAT.

Keywords: best available technologies (BAT), gas condensate stabilization, resource saving.

В процессе подготовки природного газа к транспорту важным этапом является его осушка и очистка. Наиболее часто используют адсорбционный способ, позволяющий одновременно удалить воду и углеводороды C_{5+} из природного газа.

Процесс адсорбционной осушки характеризуется цикличностью стадий адсорбция – регенерация – охлаждение. На стадии регенерации сорбента образуется газ, насыщенный водой и углеводородами. Из газа регенерации выделяют углеводородный конденсат и подвергают стабилизации для удаления легких углеводородов и получения целевого продукта – стабильного конденсата, являющегося сырьем для производства моторных топлив и продуктов нефтехимии.

Выбор способа стабилизации углеводородного конденсата необходимо основывать на соответствии принципам наилучших доступных технологий (НДТ) с целью получения наибольшего выхода целевого продукта. НДТ позволяют обеспечить ресурсосбережение наиболее эффективным, технически осуществимым, экологически обоснованным и экономически оправданным способом.

В настоящее время в информационно-техническом справочнике по НДТ [1] рассматриваются следующие способы стабилизации газового конденсата:

- ступенчатое выветривание (сепарация, дегазация);
- стабилизация в ректификационных колоннах;
- комбинирование дегазации и ректификации.

Ступенчатая дегазация – простейший метод стабилизации, при котором за счет ступенчатого сброса давления происходит однократное испарение наиболее легких компонентов, которые в виде газа отделяются от конденсата. От содержания в конденсате углеводородов до C_4 зависит необходимое количество ступеней дегазации. Газ дегазации может быть использован в качестве топливного газа для собственных нужд.

Последовательная дегазация имеет существенный недостаток – нечеткое разделение углеводородов, что ведет к потерям углеводородов C_{5+} с газами стабилизации и легких углеводородов с конденсатом.

Целью ресурсосбережения является извлечение дополнительных количеств жидких углеводородов C_{5+} из газов дегазации. Это приведет к увеличению выхода стабильного конденсата, снизит потери углеводородов C_{5+} 3 класса опасности и обеспечит сырьевой потенциал для нефтехимии.



В последнее время эта проблема решается промышленно применимыми методами. Разработан способ стабилизации газового конденсата [2], включающий трехступенчатую сепарацию редуцированного нестабильного конденсата с компримированием газов дегазации второй и третьей ступени, охлаждением полученной смеси и сепарацией компрессата в условиях дефлегмации и стабилизации флегмы с получением пропан-бутановой фракции. Газ первой ступени дегазации рекомендован в качестве топливного газа, что снижает потребление внешних энергетических ресурсов и количество выбросов вредных веществ 1–4 класса опасности в атмосферу при сжигании на факеле. Предложенный способ позволяет избежать потерь ценных компонентов C_3 и C_4 газоконденсата и расширить ассортимент топливной товарной продукции.

На кафедре технологии нефти и газа КубГТУ разработан способ стабилизации газового конденсата, основанный на использовании изохэнтальпийного расширения (дросселирования) отработанного газа регенерации и последующей сепарацией. Выполнен расчет на моделирующей программе «HYSYS» и построена математическая модель установки стабилизации газового конденсата по схеме (рис. 1). Во избежание потерь тяжелых углеводородов C_{5+} из газа, отделившегося в сепараторе 1 первой ступени дегазации, предлагается изохэнтальпийное расширение с помощью дросселя 5 для охлаждения с последующим отделением дополнительных количеств конденсата в сепараторе 2. Конденсат из сепаратора 2 присоединяется к потоку углеводородного конденсата из первой ступени дегазации 1 и проходит последовательную дегазацию второй и третьей ступени в сепараторах 3 и 4. По результатам расчетов дросселирование газа дегазации и последующая сепарация позволяет увеличить выход стабильного конденсата на 50 % без использования дорогостоящего оборудования.

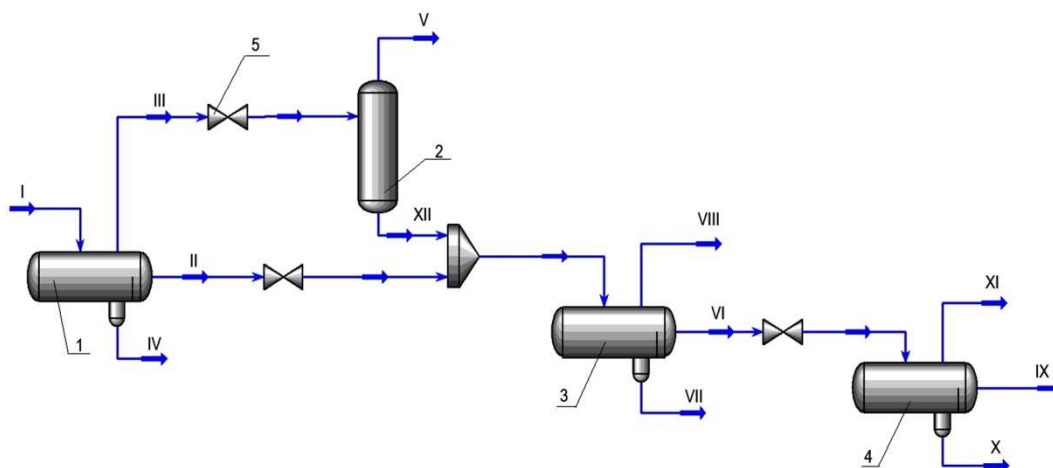


Рисунок 1 – Схема установки стабилизации газового конденсата: 1, 2, 3, 4 – сепараторы; 5 – дроссель; I – отработанный газ регенерации; IV, VII, X – техвода; II, VI, XII – нестабильный конденсат; III, V, VIII, XI – газ дегазации; IX – стабильный конденсат

Таким образом, технология позволяет выделить дополнительные количества углеводородов C_{5+} из газа дегазации, что увеличит выход стабильного конденсата, снизив потери тяжелых углеводородов C_{5+} .

В настоящее время чаще всего применяется комбинирование процессов сепарации и ректификации, что позволяет добиться более четкого разделения углеводородов и избежать потери тяжелых углеводородов C_{5+} с газами дегазации. Разработан способ подготовки углеводородного газа и установка для его осуществления (рис. 2), при котором снижаются потери целевых тяжелых углеводородов C_{5+} и увеличивается выработка стабильного конденсата IX [3, 4]. Технологическая схема процесса приведена на рисунках 3, 4. Из блока адсорбционной осушки из сепаратора 12 (рис. 3) газ дегазации V после дросселирования подается в рекуперативный теплообменник 16 для охлаждения углеводородного конденсата и направляется на ректификацию в колонну 17 (рис. 4). При ректификации жидкая фаза при контактировании с восходящей газовой фазой обогащается более высококипящими углеводородами, а поднимающиеся газовые потоки обогащаются низкокипящими углеводородами. Это позволяет отделить сконденсированные тяжелые углеводороды газа дегазации.

Изохэнтальпийное расширение позволяет повысить степень извлечения тяжелых углеводородов из газа дегазации V на 13 % в интервале низких температур, последующая низкотемпературная ректификация (рис. 4) потоков XIV, XV увеличивает количество стабильного углеводородного конденсата IX на 20 % [5].

Таким образом, извлечение дополнительных количеств углеводородов C_{5+} из газа дегазации с помощью рассмотренных технологий стабилизации газового конденсата позволяет увеличить выход стабильного конденсата, а также минимизировать потери углеводородов C_{5+} .

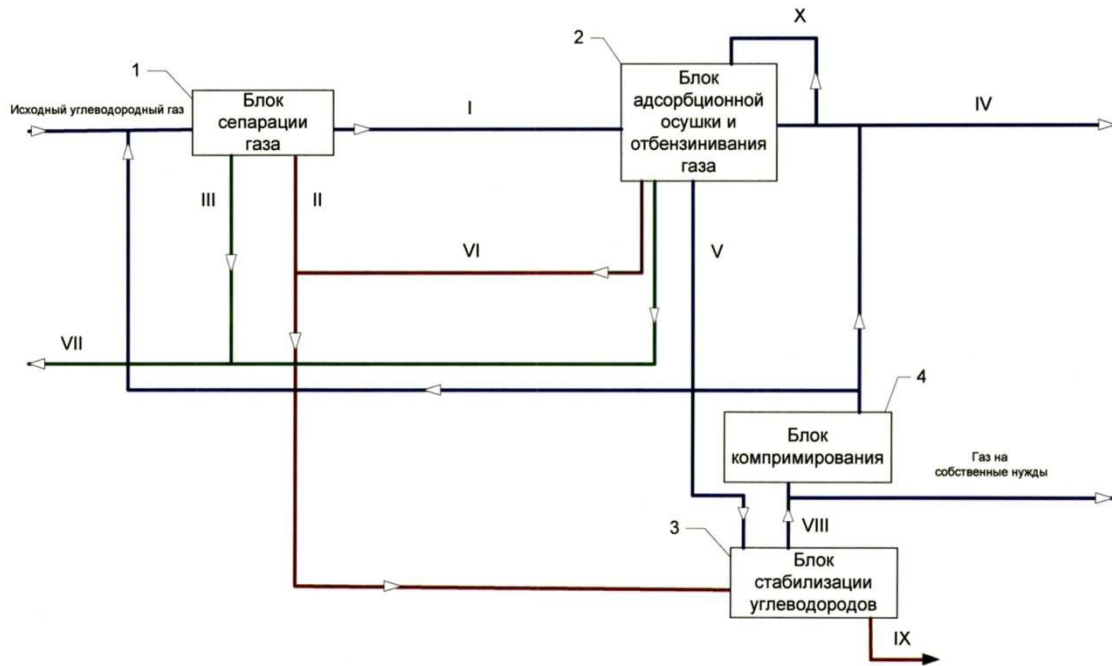


Рисунок 2 – Установка подготовки углеводородного газа:

1 – блок сепарации газа; 2 – блок адсорбционной осушки и отбензинивания газа; 3 – блок стабилизации углеводородов; 4 – блок компримирования; I – отсепарированный газ; II – углеводородный конденсат; IV – подготовленный газ; V – газ дегазации; VI – углеводородный конденсат; III, VII – техвода; VIII – газы стабилизации; IX – стабильный конденсат; X – газ охлаждения

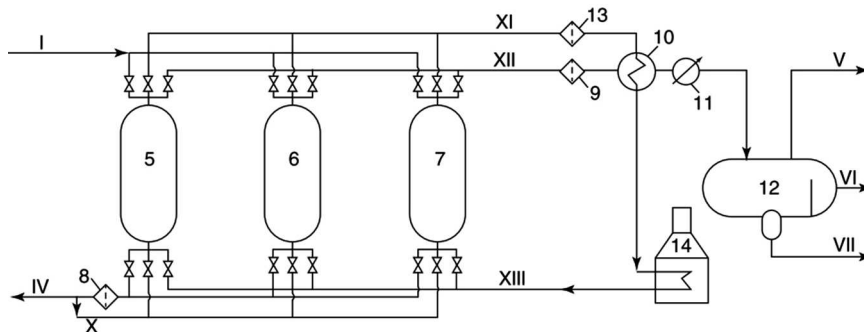


Рисунок 3 – Блок адсорбционной осушки и очистки газа: 5, 6, 7 – адсорберы; 8, 9, 13 – фильтры; 10 – recuperативный теплообменник; 11 – холодильник; 12 – сепаратор; I – отсепарированный газ; IV – подготовленный газ; V – газ дегазации; VI – углеводородный конденсат; VII – техвода; X, XI – газ охлаждения; XII – газ после проведения регенерации, XIII – газ регенерации

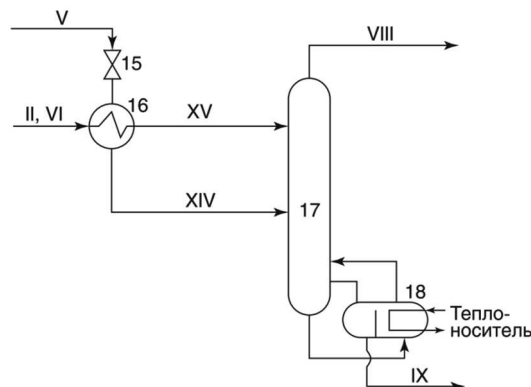


Рисунок 4 – Блок стабилизации углеводородов: 15 – дроссель; 16 – recuperативный теплообменник; 17 – ректификационно-отпарная колонна; 18 – ребойлер; II – углеводородный конденсат; V – газ дегазации; VI – углеводородный конденсат; VIII – газ стабилизации; IX – стабильный конденсат; XIV – охлажденный газ дегазации; XV – охлажденный углеводородный конденсат



Оценка технологий стабилизации конденсата, основанных на использовании изохэнтальпийного расширения (дросселирования) газа дегазации, в качестве НДТ включает пять последовательных шагов [1] и приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Пошаговая характеристика технологий стабилизации конденсата на соответствие принципам НДТ

Критерий	Технология, основанная на использовании изохэнтальпийного расширения газа дегазации с последующей низкотемпературной ректификацией	Технология, основанная на использовании изохэнтальпийного расширения газа дегазации с последующей сепарацией
Наименьший уровень негативного воздействия технологии на окружающую среду	<ul style="list-style-type: none"> – Сокращение потерь углеводородов C₅₊ за счет конденсации жидкой фазы при дросселировании газа дегазации и отведения в ректификационную колонну. – Использование газов стабилизации в качестве топливного газа сокращает количество выбросов вредных веществ 1–4 класса опасности в атмосферу при сжигании на факеле. – Увеличение потерь углеводородов 3 и 4 класса опасности обусловлены выбросами через неплотности в оборудовании при ректификационном способе выделения стабильного конденсата IX (рис. 2). 	<ul style="list-style-type: none"> – Сокращение потерь углеводородов C₅₊ за счет конденсации жидкой фазы при дросселировании газа дегазации и отведения в сепаратор. – Использование газов дегазации второй и третьей ступени в качестве топливного газа сокращает количество выбросов вредных веществ 1–4 класса опасности в атмосферу при сжигании на факеле. – Сокращение потерь углеводородов 3 и 4 класса опасности через неплотности при использовании сепарации для выделения стабильного конденсата IX (рис. 1).
Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации НДТ	<ul style="list-style-type: none"> – Технология позволяет увеличить выход стабильного углеводородного конденсата на 20 % без использования дополнительного дорогостоящего оборудования для охлаждения потока газа дегазации и выделения сконденсированной жидкой фазы. – Сокращение затрат на энергоресурсы за счет использования газообразных отходов в качестве топливного газа. – Срок окупаемости технологии 1 год [4]. 	<ul style="list-style-type: none"> – Технология позволяет увеличить выход стабильного углеводородного конденсата на 50 % без использования дополнительного дорогостоящего оборудования для охлаждения потока газа дегазации. Для отделения сконденсированной жидкой фазы предлагается использование дополнительного сепаратора. – Сокращение затрат на энергоресурсы за счет использования газообразных отходов в качестве топливного газа. – Срок окупаемости технологии 1,6 года.
Применение ресурсо- и энергосберегающих методов	<ul style="list-style-type: none"> – Ресурсосбережение путем извлечения дополнительных количеств углеводородов C₅₊ из газа дегазации методом ректификации. – Использование газов стабилизации в качестве дополнительного источника энергоносителей. – Значительные затраты энергоносителя за счет подогрева куба колонны ребойлером. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ресурсосбережение путем извлечения дополнительных количеств углеводородов C₅₊ из газа дегазации методом сепарации. – Использование газов дегазации в качестве дополнительного источника энергоносителей.
Период внедрения НДТ	Промышленное применение технически осуществимо, для реализации используется типовое оборудование отрасли.	Промышленное применение технически осуществимо, для реализации используется менее металлоемкое типовое оборудование отрасли.
Промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду	Является перспективной технологией	Является перспективной технологией

Предложенные технологии направлены на сокращение негативного воздействия процесса стабилизации газового конденсата на окружающую среду путем вовлечения газа дегазации в ресурсооборот, промышленное применение технически осуществимо и экономически обосновано, что дополняет их соответствие принципам НДТ [1].

**Литература:**

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 50–2017. Переработка природного попутного газа. – М. : БЮРО НДТ, 2017. – 213 с.
2. Способ стабилизации газового конденсата: пат. № 2594217 Российская Федерация: В01D3/14, С07С7/04 / Курочкин А.В.; заявл. 31.08.2015; опубл. 10.08.2016; Бюл. № 22.
3. Способ подготовки углеводородного газа и установка для его осуществления: пат. № 2645105 Российская Федерация: F25J3/00/ Ясьян Ю.П., Сыроватка В.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ»); заявл. 26.12.2016; опубл. 15.02.2018; Бюл. № 5.
4. Сыроватка В.А. Совершенствование технологии извлечения тяжелых углеводородов C_{5+} из газа регенерации адсорбционной установки подготовки углеводородного газа : автореферат: дисс. ... канд. техн. наук. – Астрахань, 2018. – 22 с.
5. Сыроватка В.А., Ясьян Ю.П., Холод В.В. / Усовершенствованная адсорбционная установка подготовки углеводородного газа к транспорту // Технологии нефти и газа. – 2018. – № 1. – С. 3–6.

References:

1. Information and technical reference on the best available technologies. Its 50–2017. – Processing of natural associated gas. – M. : BUREAU of NDT, 2017. – 213 p.
2. The method of stabilization of gas condensate: Pat. No. 2594217 Russian Federation: B01D 3/14, C07C7/04/ Kurochkin A.V.; declared. 31.08.2015; publ. 10.08.2016; Byul. № 22.
3. Method of preparation of hydrocarbon gas and installation for its implementation: Pat. No. 2645105 Russian Federation: F25J3/00 / Yasyan Yu.P., Syrovatka V.A.; applicant and patent holder Federal state budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological University»; applicant. 26.12.2016; publ. 15.02.2018; Byul. № 5.
4. Syrovatka V.A. Improvement of the technology for extracting heavy hydrocarbons C_{5+} from the gas of regeneration of the adsorption unit for the preparation of hydrocarbon gas: abstract : dissertation for the degree of candidate of technical Sciences. – Astrakhan, 2018. – 22 p.
5. Syrovatka V.A., Yasyan Yu.P., Kholod V.V. / Improved adsorption plant for preparing hydrocarbon gas for transport // Oil and gas Technologies. – 2018. – № 1. – P. 3–6.