

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА К СЖИЖЕНИЮ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПГ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

А.Д. Кондратенко, А.Б. Карпов, И.В. Мещерин
Научный руководитель **Ф.Г. Жагфаров**, проф.
*Российский государственный университет
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина*

Мировая индустрия сжиженного природного газа (СПГ) включает крупнотоннажное производство, основная цель которого – поставка СПГ на мировые рынки, и малотоннажное производство, нацеленное на межрегиональную торговлю и удовлетворение спроса на внутреннем рынке [1].

На сегодняшний день природный газ является наиболее экономичным, экологичным и безопасным топливом. Природный газ – это фактически готовое моторное топливо, поэтому он гораздо дешевле бензина и дизельного топлива. При этом двигатель такого транспортного средства соответствует высочайшим стандартам Евро-5 и Евро-6 [3].

Роль СПГ в качестве моторного топлива постоянно возрастает, однако для применения СПГ в двигателях внутреннего сгорания необходимо получать продукт высокого качества [2].

Показатели качества СПГ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 56021–2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия», указанным в таблице.

Следует отметить, что качество СПГ определяется не только нормативными документами на поставку газа, определённые требования накладывает сам процесс сжижения. Например, для предотвращения эксплуатационных проблем в криогенных установках (обмерзание теплообменников из-за высокого содержания воды и углекислого газа, образование амальгам на алюминиевых частях оборудования, коррозия оборудования) концентрация этих веществ ограничивается. А ввиду отсутствия на установках малотоннажного производства СПГ колонн низкотемпературной ректификации на сжижение должен подаваться газ, подготовленный и по компонентному составу.

Для производства СПГ высокого качества на малотоннажных установках к газу на ожижение (при высокой степени ожижения) следует предъявлять следующие требования:

- содержание CO_2 не более 0,005 % мол;
- точка росы воды не более минус 70 °С;

- содержание общей серы не более 0,010 г/м³;
- содержание кислорода ввиду отсутствия в магистральном газе не выше нормируемых показателей, и дополнительная очистка не требуется;
- для обеспечения показателя «молярная доля метана, не менее 99,0 %» и «область значений числа Воббе (высшего)» следует обеспечивать коррекцию состава природного газа.

Таблица

Показатели качества СПГ [4]

Показатель	Значение для марки		
	А	Б	В
Компонентный состав, молярная доля, %	Определение обязательно		
Теплота сгорания низшая при стандартных условиях, МДж/м ³	Не нормируется	От 31,8 до 36,8	Не менее 31,8
Молярная доля метана, %, не менее	99,0	80,0	75,0
Молярная доля диоксида углерода, %, не более	0,005	0,015	0,030
Массовая концентрация сероводорода, г/м ³ , не более	0,020		
Массовая концентрация меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,036		
Расчетное октановое число (по моторному методу), не менее	Не нормируется	105	Не нормируется

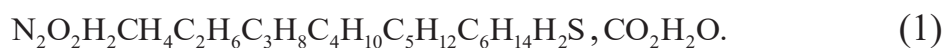
При производстве СПГ высокого качества на малотоннажных установках основное внимание должно уделяться мероприятиям по подготовке газа к ожижению, т. е. по доведению магистрального газа до параметров, позволяющих конденсацией получить СПГ высокого качества без дорогостоящей низкотемпературной ректификации.

В данной работе был разработан комбинированный способ предварительной подготовки природного газа перед сжижением с применением полупроницаемых мембран и короткоциклового адсорбции.

Разделение газовых смесей с помощью мембран используется в промышленности с 70-х гг. XX в. Тем не менее на сегодняшний момент мембранные установки нашли широкое распространение в процессах выделения азота высокой чистоты из атмосферного воздуха, обогащения воздуха кислородом, осушки и удаления кислых компонентов из природного газа, выделения водорода и гелия из газовых смесей, различных по составу и давлению. Область применения мембран постоянно увеличивается благодаря прогрессу в синтезе полимеров с заранее заданными свойствами.

Последние разработанные материалы для мембран характеризуются повышенными селективностью и стабильностью в углеводородных газах,

что позволило существенно расширить применение мембранного метода для подготовки и очистки природного газа благодаря принципиально иному механизму действия мембран. Проницаемость метана через такие мембраны является наименьшей среди других углеводородов. Для этих мембран характерно увеличение проницаемостей в ряду:



Первоначально из потока сырьевого газа через мембрану в зону низкого давления проникают водяные пары, углекислый газ, сероводород и тяжелые углеводороды. Метан является одним из наименее проникающих компонентов, что позволяет получать подготовленный газ с давлением всего на 2–3 атм. ниже исходного.

Таким образом, на первой стадии подготовки происходит предварительная очистка и осушка природного газа, а также обеспечивается коррекция углеводородного состава с целью достижения показателя «мольная доля метана, не менее 99,0 %» для получения СПГ высокого качества.

Далее газ поступает в блок короткоциклового адсорбции (КЦА), где происходит глубокая очистка от диоксида углерода и серосодержащих соединений и осушка газа до температуры точки росы в -70 °С. Главное преимущество метода КЦА заключается в том, что циклы адсорбции и десорбции проводятся при одной и той же температуре, что значительно сокращает расход энергии на стадии регенерации адсорбента.

Короткоцикловая адсорбция – это новый прогрессивный и энергоэффективный метод глубокой адсорбционной очистки и осушки газов. Отличительная особенность и главное преимущество этого метода заключаются в том, что циклы адсорбции и десорбции проводятся при одной и той же температуре, но парциальное давление адсорбирующихся компонентов при адсорбции больше, чем при десорбции.

Таким образом, процессы адсорбции с безнагревной регенерацией перспективно для глубокой очистки и осушки природного газа, направляемого на ожижение. Несмотря на наличие газов регенерации, отсутствие печей, огневого нагрева и высоких температур, для малотоннажных установок ожижения природного газа использование КЦА выглядит достаточно целесообразным. Однако этот процесс не является гибким по составу исходного газа, но данный недостаток нивелируется использованием предварительного мембранного разделения. Также наличие мембранной предварительной очистки значительно уменьшает объемы загружаемых цеолитов и размеры аппаратов КЦА.

Из-за высоких требований к блоку подготовки газа к сжижению и, следовательно, высокой стоимости подготовленного газа необходимо рассматривать только холодильные циклы с высокой долей ожижения.

Использование циклов с малой долей ожижения нерационально и по причине полной конденсации в СПГ тяжёлых компонентов.

Таким образом, сочетание полупроницаемых мембран и КЦА позволяет провести предварительную подготовку природного газа с коррекцией по углеводородному составу к сжижению, что позволяет получать СПГ высокого качества для использования в качестве газомоторного топлива.

Список литературы

1. Голубева И.А., Мещерин И.В., Дубровина Е.П. Производство сжиженного природного газа: вчера, сегодня, завтра // Мир нефтепродуктов. – 2016. – № 6. – С. 4–13.

2. Федорова Е.Б., Мельников В.Б. Роль и значение малотоннажного производства сжиженного природного газа для Российской Федерации // Газовая промышленность. – 2015. – № 8. – С. 90–94.

3. Производство газомоторного топлива. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/production/ngv-fuel/> (дата обращения 09.03.2017).

4. ГОСТ Р 56021–2014. Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014. – 13 с.