

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПЕРЕД СЖИЖЕНИЕМ

А.Д. Кондратенко, А.Б. Карпов, А.М. Козлов

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

kondratenko.a@gubkin.ru

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 [2].

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

Сжиженный природный газ, получаемый на заводе и отгружаемый в дальнейшем на экспорт, должен соответствовать техническим характеристикам, установленным его потенциальными потребителями [3].

Показатели качества СПГ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 56021-2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия» [4].

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, образования амальгам на алюминиевых частях оборудования, коррозия оборудования), концентрация этих веществ ограничивается. Ввиду отсутствия на установках малотоннажного производства СПГ колонн низкотемпературной ректификации на сжижение должен подаваться газ подготовленный и по компонентному составу [5].

В качестве основного критерия оптимизации в процессе получения СПГ обычно используется себестоимость сжижения по данному технологическому процессу. Однако множество допустимых вариантов и большое количество переменных, влияющих на себестоимость, приводят к тому, что оптимизация технологий СПГ является весьма трудоёмкой и сложной задачей [6].

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.

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

- содержание CO_2 не более 0,005% мол;
- точка росы по воде не более минус 70°C
- содержание общей серы не более 0,010 г/м³;
- содержание кислорода ввиду отсутствия в магистральном газе не превышает 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.

В данной работе был разработан комбинированный способ предварительной подготовки природного газа перед сжижением с применением полупроницаемых мембран и короткоциклового адсорбции (рис. 1).

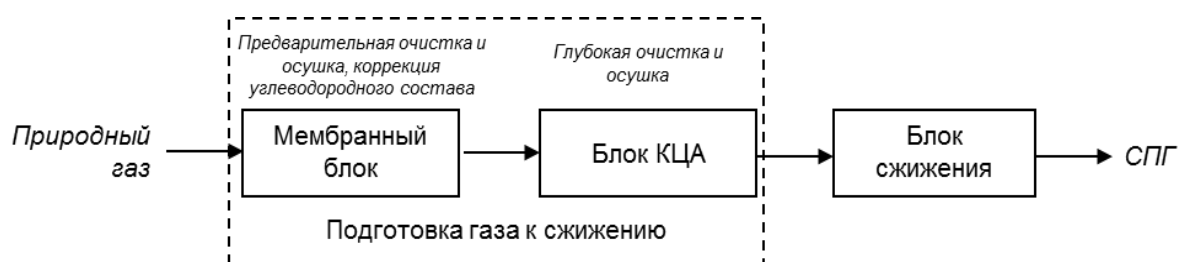


Рис. 1. Принципиальная схема малотоннажного производства СПГ высокого качества

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.

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 «молярная 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 минус 70°C . Главным преимуществом 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 заключается 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 перспективны для глубокой очистки и осушки природного газа, направляемого на охлаждение.

Несмотря на наличие газов регенерации, отсутствие печей, огневого нагрева и высоких температур для малотоннажных установок ожижения природного газа использование КЦА выглядит достаточно целесообразным. Однако, данный процесс не является гибким по составу исходного газа, но данный недостаток нивелируется использованием предварительного мембранного разделения. Также наличие мембранной предварительной очистки значительно уменьшает объёмы загружаемых цеолитов и размеры аппаратов КЦА.

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.

Малотоннажное производство сжиженного природного газа занимает все более значительное место в структуре производства СПГ. Связано это с расширением областей применения как природного газа, так и СПГ [7]. Данная работа направлена на диверсификацию рынков сбыта природного газа за счет использования сжиженного природного газа высокого качества, производимого по технологии малотоннажного производства, в качестве моторного топлива.

Литература:

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. ПАО «Газпром» производство газомоторного топлива Дата обновления 10.02.2017. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/ngv-fuel/> (дата обращения 22.05.2017).
3. И.А. Голубева, В.М. Ключев, И.А. Баканев, Е.П. Дубровина Особенности технологии сжижения природных газов в условиях арктического климата // Газовая промышленность №1, 2016. - С. 73-78
4. ГОСТ Р 56021-2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия» - М.: Стандартиформ, 2014, 13 с.
5. Кондратенко А.Д., Жагфаров Ф.Г. Разработка технологии подготовки природного газа для малотоннажного производства СПГ // Сборник трудов 71-ой Международной молодежной научной конференции "Нефть и газ - 2017" т.2, 2017. - С. 176-181
6. Мещерин И.В. Оптимизация технологий сжижения природного газа с целью повышения экономической эффективности процесса // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 3. С. 146–152
7. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М., Мещерин И.В. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа // НефтеГазоХимия №4, 2016. - С. 31-36.