

СПГ НА ТОПЛИВО

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОТОННАЖНОГО СПГ С ДВУМЯ КОНТУРАМИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Карпов Алексей Борисович,
ассистент кафедры Газохимии
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Козлов Андрей Михайлович,
к.т.н., доцент кафедры Оборудования
нефтегазопереработки
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Кондратенко Андрей Дмитриевич,
инженер кафедры Газохимии
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

КАЧЕСТВО СПГ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ НЕ ТОЛЬКО НОРМАТИВНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ НА ПОСТАВКУ ГАЗА, ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ НАКЛАДЫВАЕТ САМ ПРОЦЕСС СЖИЖЕНИЯ. В ДАННОЙ СТАТЬЕ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПГ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА РАССМОТРЕНА ТЕХНОЛОГИЯ МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА, С МЕТАНОВЫМ И АЗОТНЫМ КОНТУРАМИ ОХЛАЖДЕНИЯ

THE QUALITY OF LNG (LIQUEFIED NATURAL GAS) IS DETERMINED NOT ONLY BY NORMATIVE DOCUMENTS ON GAS SUPPLY, SPECIFIED REQUIREMENTS ARE SET BY THE LIQUEFACTION PROCESS ITSELF. IN THIS ARTICLE IN THE CAPACITY OF ENERGY EFFECTIVE REFRIGERATION CYCLE FOR RECOVERY OF LGN OF HIGH QUALITY, THE TECHNOLOGY OF LOW-TONNAGE PRODUCTION, WITH METHANE AND NITROGEN COOLING CIRCUIT IS REVIEWED

Ключевые слова: сжиженный природный газ, технологии, качество СПГ, энергоэффективность.

Наиболее перспективным сектором применения СПГ является его использование в качестве моторного топлива на автомобильном, морском и железнодорожном транспорте, а также на объектах тепло- и электрогенерации.

Производство СПГ является ключевым звеном в построении инфраструктуры производства, хранения, распределения и потребления сжиженного природного газа.

Источниками газа для малотоннажного СПГ могут служить как традиционные магистральные и распределительные газопроводы, так и низконапорные месторождения природного газа, а также шахтный метан, метан угольных пластов и биогаз.

Определяющими параметрами при проектировании установок по получению СПГ является не только производительность, но и состав газа, поскольку требования к его очистке очень жесткие и связаны с тем, что при криогенных температурах примеси выпадают в твердом виде и забивают арматуру. Еще большее значение имеет качество получаемого СПГ и, как следствие, свойства газа, полученного после регазификации СПГ.

Оптимизация технологий является одним из способов совершенствования эффективности в СПГ-индустрии [1]. Внедрение инноваций на установках предварительной обработки газа, обеспечивают преимущества того или иного проекта по сжижению газа. При производстве СПГ, основное внимание должно уделяться мероприятиям по подготовке газа к сжижению, т.е. по доведению природного газа до параметров, позволяющих конденсацией получить СПГ требуемого качества [2], при этом данная стадия составляет значительную часть капитальных вложений и эксплуатационных расходов завода по производству СПГ.

Наличие в газе паров воды и углекислого газа вызывает серьезные проблемы при сжижении газа. При охлаждении газа в системе происходит конденсация водяных паров и, следовательно, образование в ней водного конденсата. Последний с компонентами природного газа образует гидраты или лед. Выпадение твердой углекислоты – «сухого льда»

ФАКТЫ

Производство

СПГ

является ключевым звеном в построении инфраструктуры производства, хранения, распределения и потребления сжиженного природного газа

Наличие в газе паров воды и углекислого газа вызывает серьезные проблемы при его сжижении

– также нежелательно. Такие отложения уменьшают сечение трубопроводов, ухудшают теплообмен, а при отложении на дросселях или попадании в детандер приводят к аварийным остановкам. Кроме того, наличие воды в системе усиливает коррозию оборудования, особенно при содержании в сырьевом газе кислотных компонентов. Следовательно, природный газ перед подачей на сжижение необходимо подвергать глубокой осушке и очистке.

Традиционные методы обработки бедного газа для удаления тяжелых углеводородов, такие как абсорбция, низкотемпературная сепарация и конденсация, могут иметь более высокие экономические издержки, уменьшать мощность установки и усложнять процесс [3].

В таблице 1 приведено качественное сравнение методов подготовки газа к сжижению – очистки от тяжелых



ТАБЛИЦА 1

Процесс подготовки газа	Параметры			
	Возможность глубокой очистки и осушки	Применение высоких/ низких температур	Наличие сбросных газов	Изменение углеводородного состава
Нагревная адсорбция	+	+	+	-
КЦА	+	-	+	-
Абсорбция	-	+	-	-
Низкотемпературные методы	+ // -	+	+	+
Мембранное разделение	± // ±	-	+	+

углеводородов (коррекция состава), кислых примесей и осушки.

Как видно из таблицы, несмотря на наличие газов регенерации, для глубокой очистки и осушки газа наиболее перспективно выглядит последовательное соединение блоков мембранного разделения и КЦА.

Помимо способа подготовки, на качество СПГ значительно влияет процесс сжижения. В настоящее время при малотоннажном производстве СПГ используются дроссельные, детандерные и комбинированные криогенные циклы – такое деление опирается на способ получения холода.

Дроссельные циклы характеризуются относительной простотой и надежностью, однако эффективность их мала, коэффициент ожигения сравнительно низок, давление рабочего тела должно быть высоким 15,0–25,0 МПа. В РФ такая установка работает на ГРС «Никольская» Тосненского района Ленинградской области [4].

При производстве СПГ высокого качества нецелесообразно использовать холодильные циклы, использующие только дросселирование, из-за малой степени ожигения и, как следствие, большой концентрации тяжелых примесей в жидкой фазе, поэтому для производства СПГ высокого качества применимы только процессы с внешней холодильной машиной.

В России установки с дроссельным циклом высокого давления с предварительным фреоновым охлаждением на АГНКС и ГРС работают в г. Первоуральске, г. Калининграде и г. Пскове.

Недостатки дроссельного цикла создали предпосылки для перехода к созданию установок сжижения, специально оптимизированных для работы в условиях ГРС в широком диапазоне их технических характеристик и технологических параметров.

К таким установкам можно отнести установку дроссельного цикла с вихревой трубой (ГРС «Выборг») и установку с дроссельно-эжекторным циклом высокого давления и предварительным фреоновым охлаждением (АГНКС-500 «Развилка») [4].

ФАКТЫ

-132 °C

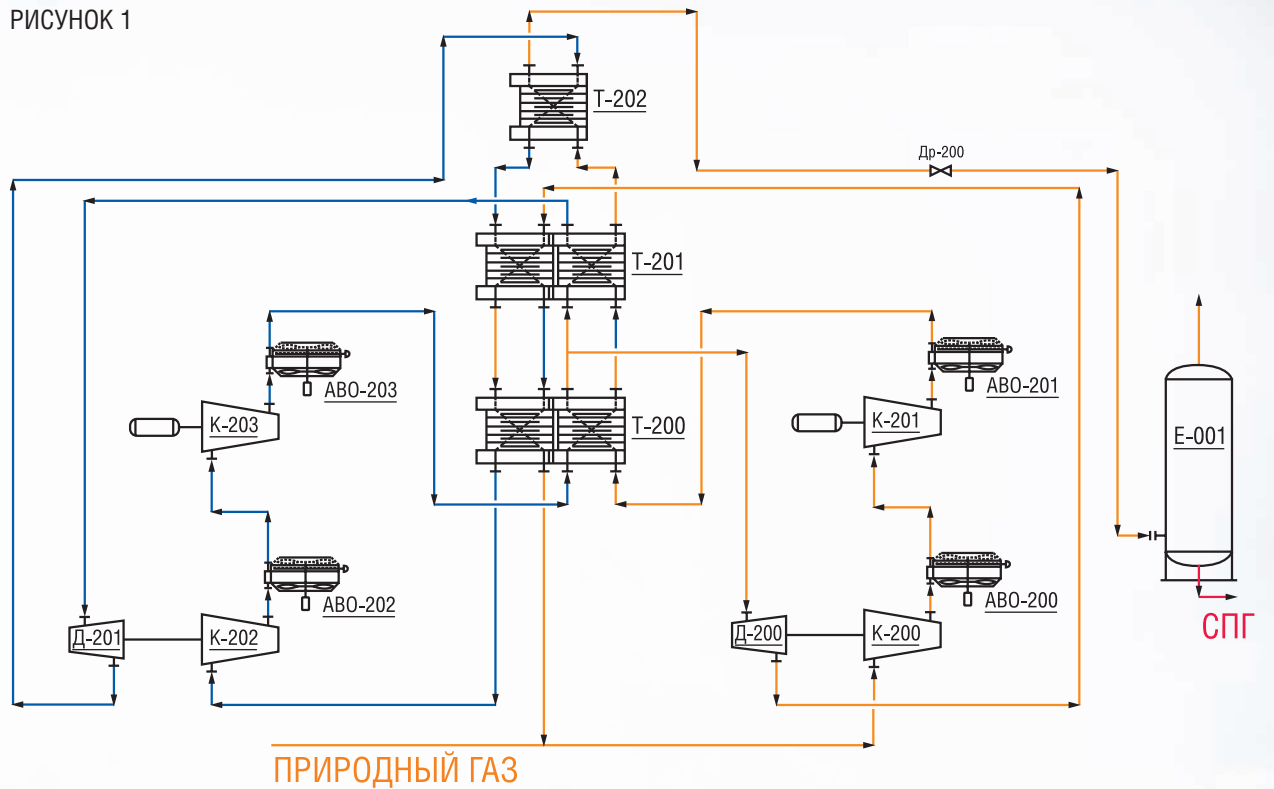
– температура охлаждения природного газа, направляемого на сжижение в третью часть Т-202 основного теплообменника

Также в малотоннажном производстве СПГ используются детандерные циклы различных модификаций. Следует выделить два случая использования детандеров. Первый, когда детандер применяется в цикле, где рабочим телом является сам природный газ (установка сжижения на ГРС-4 в г. Екатеринбург). Второй, когда детандер устанавливается во внешнем контуре, где рабочим телом может быть чистое рабочее тело (азот) или смесь (азот-углеводороды), в России реализована установка сжижения с азотным циклом в Пермском крае.

В некоторых случаях применение двух детандеров, установленных на разных температурных уровнях, позволяет создать ожигитель с низким удельным энергопотреблением.

В качестве энергоэффективного холодильного цикла с долей ожигения не менее 90% от объема направляемого на ожигение природного газа для получения СПГ высокого качества с учетом минимальных эксплуатационных затрат и отсутствия необходимости использования привозных хладоагентов (фреонов или индивидуальных углеводородов) предлагается применять установку малотоннажного производства, использующую холодильный цикл с двумя детандерами (азот и метан). При этом необходимо обеспечивать как глубокую очистку от углекислоты, осушку природного газа, так и коррекцию его состава.

РИСУНОК 1



Технологическая схема блока сжижения такой установки приведена на рисунке 1.

Природный газ из газопровода высокого давления после очистки от механических примесей направляется на комбинированную установку предварительной подготовки природного газа перед сжижением с применением полупроницаемых мембран и короткоциклового адсорбции по технологии [5, 6] (на схеме не показана).

Далее подготовленный природный газ после блока подготовки газа смешивается с природным газом открытого холодильного цикла и поступает на всас компрессора К-200. Здесь газ сжимается до 40–45 атм., после чего поток направляется на охлаждение в АВО АВО-200 и затем на вторую ступень компримирования в компрессор К-201. Давление газа в компрессоре К-201 повышается до 70 атм. Далее газ поступает на охлаждение в АВО-201.

После компримирования природный газ направляется в теплообменник Т-200, где газ охлаждается за счет работы азотного и метанового холодильных циклов. После этого от основного потока природного газа отделяется часть газа на сжижение направляется во вторую секцию основного теплообменника (Т-200), где его температура снижается до еще более низких значений.

Природный газ открытого холодильного цикла расширяется в детандерном агрегате (Д-200), при этом его температура снижается. Работа, вырабатываемая на детандере, снимается компрессором первой ступени сжатия К-200. Далее природный газ холодильного цикла обратным

ФАКТЫ

Для глубокой очистки и осушки газа наиболее перспективна технология последовательного соединения блоков мембранного разделения и КЦА

потоком проходит через секции теплообменников Т-201 и Т-200, забирая при этом тепло у охлаждаемых потоков.

Природный газ на сжижение направляется в третью часть Т-202 основного теплообменника, где охлаждается до температуры минус 132°C. Затем, проходя через дроссель Др-200, давление потока снижается до давления хранения СПГ – 6 атм, при этом происходит переохлаждение жидкости до температуры минус 135°C. Парожидкостная смесь разделяется в сепараторе Е-001: внизу сепаратора отводится СПГ, из верха сепаратора отводится поток отпарного газа, который после подогрева используется в качестве топлива газопоршневыми приводами компрессоров К-201 и К-203.

Охлаждение природного газа обеспечивается за счет работы азотного холодильного цикла. Поток азота (контур показан синим цветом) сжимается сначала в компрессоре К-202, затем в компрессоре К-203. Тепло от сжатия снимается аппаратами воздушного охлаждения АВО-202 и АВО-203. Далее поток азота предварительно охлаждается в секциях теплообменника Т-200

ТАБЛИЦА 2

Тип схемы	Объекты реализации	Коэффициент ожижения, %	Удельные энергозатраты, кВт·ч/т СПГ
Дроссельный цикл	ГРС «Никольская»	2	10
Дроссельный цикл высокого давления	АГНКС г. Первоуральск	47	590*
	АГНКС г. Кингисепп, ГРС-1 г. Калининград, КСПГ Псков	40	870
Цикл с вихревой трубой	ГРС «Выборг»	4	10
Дроссельно-эжекторный цикл	АГНКС-8 «Петродворец», АГНКС-500 «Развилка»	48	360*
Дроссельно-детандерный цикл	ГРС-4 г. Екатеринбург	11	10
Азотный цикл	УСПГ Пермский край	99	840
Цикл с двумя контурами охлаждения	проект	99	637

* Удельные энергозатраты установок, рассчитаны с учетом затрат энергии на сжатие газа на АГНКС

и Т-201 и направляется на детандер Д-201, где расширяется, температура при этом снижается до минус 143°С. Высвободившаяся при этом энергия обеспечивает работу компрессора К-202.

Далее поток азота проходит последовательно теплообменники Т-202, Т-201 и Т-200, забирая тепло у охлаждаемых потоков, и возвращается на рецикл.

Сравнение расчетных показателей работы описанной установки сжижения с показателями существующих производств (по данным [4]) приведено в таблице 2.

Как видно, цикл с двумя контурами охлаждения (метановый и азотный) отличает высокий коэффициент сжижения при сравнительно невысоком удельном энергопотреблении.

Несмотря на большое количество разработанных и внедренных в промышленность процессов производства СПГ, большинство из них не предназначены для получения СПГ высокого качества на малотоннажных установках, и состав производимого на них СПГ определяется составом природного газа, подаваемого на установку.

В настоящее время энергоэффективных малотоннажных установок получения СПГ высокого качества, находящихся в эксплуатации в России, не существует. Для получения требуемого по углеводородному составу СПГ высокого качества на малотоннажных установках необходима разработка новых схемно-технологических решений.

При этом при производстве СПГ высокого качества нецелесообразно использовать холодильные циклы, использующие только дросселирование, из-за малой степени ожижения и, как следствие, концентрации тяжелых примесей в жидкой фазе.

В качестве энергоэффективного холодильного цикла с долей ожижения не менее 90% от объема

ФАКТЫ

90%

– доля ожижения, которую можно получить применяя малотоннажный процесс с использованием холодильного цикла с двумя детандерами

природного газа, направляемого на ожижение, для получения СПГ высокого качества с учетом минимальных эксплуатационных затрат рекомендуется применять малотоннажный процесс, с использованием холодильного цикла с двумя детандерами (азот и метан). ●

Литература

1. Мещерин И.В. Оптимизация технологий сжижения природного газа с целью повышения экономической эффективности процесса // Территория «НЕФТЕГАЗ», № 3, 2016. С. 146–152.
2. Кондратенко А.Д., Жагфаров Ф.Г. Разработка технологии подготовки природного газа для малотоннажного производства СПГ // Сборник трудов 71-й Международной молодежной научной конференции «Нефть и газ – 2017». Москва. 2017. Т. 2. С. 176–181.
3. Жагфаров Ф.Г., Карпов А.Б., Григорьева Н.А. Инновационные технологии при подготовке природного газа в проектах производства сжиженного природного газа // Технологии нефти и газа. 2017. № 6 (113). С. 14–19.
4. 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.
5. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М. Разработка комбинированного способа предварительной подготовки природного газа перед сжижением // Материалы конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Санкт-Петербург. 2017. С. 132–134.
6. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Мещерин И.В. Разработка технологии подготовки природного газа к сжижению для получения СПГ высокого качества // Материалы Всероссийской молодежной научно-технической конференции нефтегазовой отрасли «Молодая нефть». Красноярск. 2017. С. 239–242.

KEYWORDS: oil and gas deposits, deposits of the East European platform, Scythian plate.

РАСТУЩИЕ ЦЕНЫ НА НЕФТЬ ОЖИВЛЯЮТ РОССИЙСКУЮ ЭКОНОМИКУ, НЕСМОТЯ НА САНКЦИИ

The New York Times

Эндрю Крамер

Goldman Sachs предсказал рост экономики на 3,3% в 2018 г., потребительские расходы увеличиваются, инфляция упала до 2 %.

Безусловно, никто не предсказывает возвращение времен нефтяного бума, а санкции, введенные Евросоюзом, США и другими странами, создали



препятствия для немаловажных государственных компаний и банков. Тем не менее, если рост цен на нефть, наблюдавшийся в начале года, сохранится, он может изменить для России экономический ландшафт и перевесить негативные последствия санкций.

В прошлом году российская экономика росла, несмотря на соглашение с ОПЕК о сокращении добычи.

Исторические периоды низких цен на нефть ассоциировались с рыночной либерализацией в России, в то время как высокие цены соотносились с политическими репрессиями и напористыми внешнеполитическими действиями. В пример автор статьи приводит вторжение в Афганистан, войну в Грузии и вмешательство на Украине.

К сожалению, с точки зрения Запада эта корреляция в последнее время, похоже, перестала работать.



ШРЕДЕР, СЕЧИН И ПУТИНСКАЯ НЕФТЬ

Frankfurter Allgemeine

Андреас Мим

В ходе рабочего визита на НПЗ «Шведт» И. Сечин дал интервью изданию FAZ.

На вопрос, как И. Сечин оценивает себя, как политика или как менеджера? Он ответил, «скорее, как менеджера». Звучит скромно для главы концерна, который осуществляет свою деятельность в десятке стран мира и доходы которого являются важнейшими источниками финансирования для Москвы. И, тем не менее, он не считает нефтяной бизнес «политическим».



«Нам кое-что удастся. Когда мы начинали 18 лет назад, мы производили 4 млн тонн нефти в год. Сегодня мы производим 281 млн тонн в год в жидком эквиваленте», — подчеркивает он.

«Роснефть» была построена на обломках других частных концернов. Нельзя сказать, что к политике это не имело никакого отношения. За одну только компанию ТНК «Роснефть» заплатила 55 млрд долларов — практически столько же, сколько сегодня стоит весь концерн.

«Причины последующей потери стоимости концерна носят не экономический, а политический характер, — уверен Сечин. — Истинная стоимость «Роснефти» гораздо выше. Мы исходим из того, что объективно она составляет 130 млрд долларов, к тому же следует учитывать качество и объемы наших резервов и ресурсов».

ЧТО ЗАСТАВИЛО РОССИЮ ПОСТАВЛЯТЬ ГАЗ В АМЕРИКУ?

DW Deutsche Welle

Американские компании стремятся вытеснить Россию с европейского газового рынка. Однако сегодня российский СПГ напрямую поставляется в Америку. Как это стало возможно?

На деле все не так противоречиво. Цены на энергоресурсы в Америке временно подскочили из-за холодов. Стране внезапно понадобился природный газ, чтобы пережить непогоду, поэтому она обратилась к международному рынку.

Вполне возможно, что в будущем Америка примет еще один танкер с СПГ из России. Но эксперты в Москве полагают, что речь идет об относительно малых объемах.

Сотрудничество Америки и России позволяет судить о том, как изменился рынок энергоресурсов во всем мире. Использование газопроводов подразумевает, что торговля ведется в пределах региона. Теперь же с помощью танкеров и СПГ этот бизнес становится все более глобальным. Конкуренция обостряется. Потребителям это выгодно, так как цены остаются на низком уровне. ●