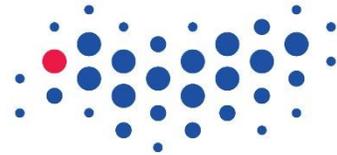


Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики»



ITMO UNIVERSITY

**МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА СПГ
ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
ПОДГОТОВКИ ИСХОДНОГО ГАЗА**

Автор: Мигай С. А. гр. W4105
Научный руководитель: проф. Баранов А. Ю.

2019 год

Цели и задачи

- Определение основных технологических проблем, тормозящих внедрение малотоннажного производства СПГ в России.
- Сбор сведений и анализ оптимизационных технологий подготовки исходного газа для малотоннажного производства сжиженного природного газа (СПГ) на газораспределительных станциях (ГРС) и автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС).
- Разбор технологических процессов и физических основ, на которых базируются данные технологии.
- Анализ экономической эффективности внедрения таких технологий при современном состоянии газовой отрасли РФ.

Актуальность внедрения малотоннажного производства СПГ в РФ

- энергообеспечение регионов, удаленных от газопроводов;
- создание резервов газа для покрытия пиковых нагрузок газопотребления (так называемые, «peak-shaving plants»);
- производство топлива, выступающего эффективной альтернативой традиционным нефтепродуктам;
- обеспечения объектов резервным топливом;
- низкие начальные капитальные вложения;
- простота пуска-остановки;
- возможность регулировать производительность станции и подстраивать ее к динамике потребления СПГ.

Основные технологические проблемы подготовки исходного газа для сжижения

- Высокая стоимость оборудования очистки исходного газа для получения СПГ высокого качества.
- Возможность образования гидратов в газе, подающимся обратно в распределительный трубопровод при достаточно низкой температуре.
- Накапливание низкокипящих компонентов (НКК) таких как азот, гелий и водород, закупоривающих оборудование СПГ-установок.

Данные проблемы значительно осложняют производство СПГ на ГРС и АГНКС и ведут к увеличению себестоимости и снижению рентабельности производства.

Технологии малотоннажного производства СПГ

В настоящее время существуют два принципиально разных технологических процесса малотоннажного производства СПГ:

- Технологические процессы сжижения природного газа внешним источником охлаждения.
- Технологические процессы сжижения, основанные на расширении потока или части потока природного газа.

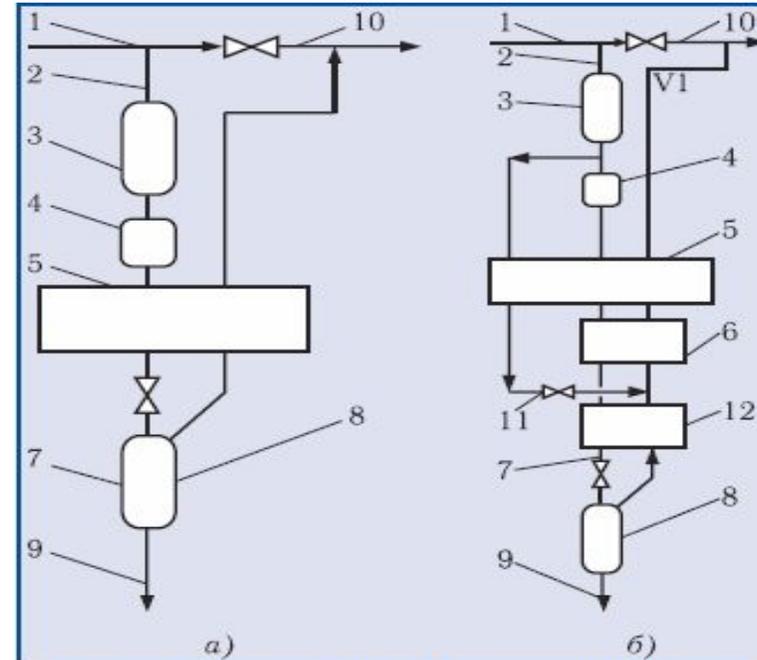
В работе рассмотрены процессы сжижения, основанные на расширении потока природного газа, так как именно они имеют наибольшую значимость для объектов на территории Российской Федерации.

ТЕХНОЛОГИИ МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПОДГОТОВКУ ИСХОДНОГО ГАЗА ДЛЯ СЖИЖЕНИЯ

Двухпоточная схема

Двухпоточная схема сжижения природного газа на ГРС, основана на разделении потока газа, поступающего на установку, на две части: на производственный поток, который, собственно, сжижается, и на технологический поток, который предназначен для получения холода.

Использование двухпоточной схемы позволяет отказаться от очистки технологического потока, значительно снизив стоимость производства СПГ, получая при этом достаточно высокий коэффициент сжижения и СПГ высокого качества.



Однопоточная (а) и двухпоточная (б) схемы дроссельного цикла

1 – магистральный трубопровод; 2 – трубопровод прямого потока; 3 – блок осушки потока; 4 – блок очистки; 5 – предварительный теплообменник; 6 – основной теплообменник;
7 – дроссельный вентиль; 8 – сборник-сепаратор сжиженного газа; 9 – трубопровод выдачи сжиженного газа из установки;

Двухпоточная схема

За счёт перехода к неоптимальным режимам работы СПГ-установки (повышение давления после детандера и увеличение температуры перед детандером) можно добиться сокращения стоимости системы очистки в 5-6 раз при содержании диоксида углерода в газе вплоть до 5%.



Растворимость диоксида углерода в газе после расширения в детандере при оптимальных параметрах технологического потока и различных давлениях газа после детандера, МПа: 1 – 0,6; 2 – 0,2



Коэффициент сжижения (1) и растворимость диоксида углерода в газе (2) в зависимости от температуры перед детандером при давлениях прямого потока 3,5 МПа и обратного 0,6 МПа

Технология использования эффекта газодинамического энергоразделения при одновременном охлаждении природного газа, идущего на сжижение

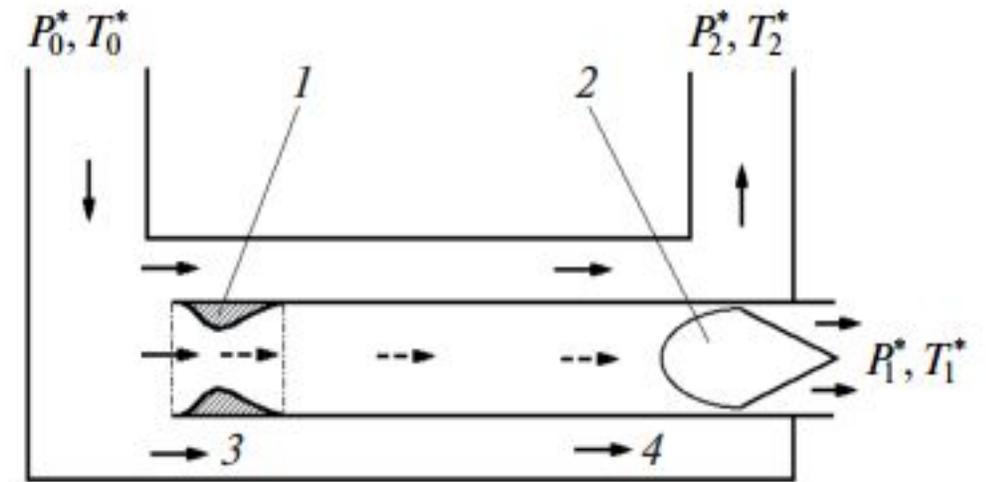
Замена обычного дросселя ГРС на установку газодинамического энергоразделения позволяет:

- Отказаться от подогрева идущего в распределительный трубопровод газа на ГРС огневым методом и сэкономить 1% газа.
- Газ, идущий по внешнему контуру при значительно низкой температуре и своём начальном давлении направить на установку сжижения газа.
- Получить коэффициент сжижения не менее 20% круглогодично.

В результате соотношения температур и давлений на входе и выходах из устройства

энергоразделения составляют:

$$T_2^* < T_0^* < T_1^* \text{ и } P_2^* \approx P_0^* > P_1^*$$



Принципиальная схема

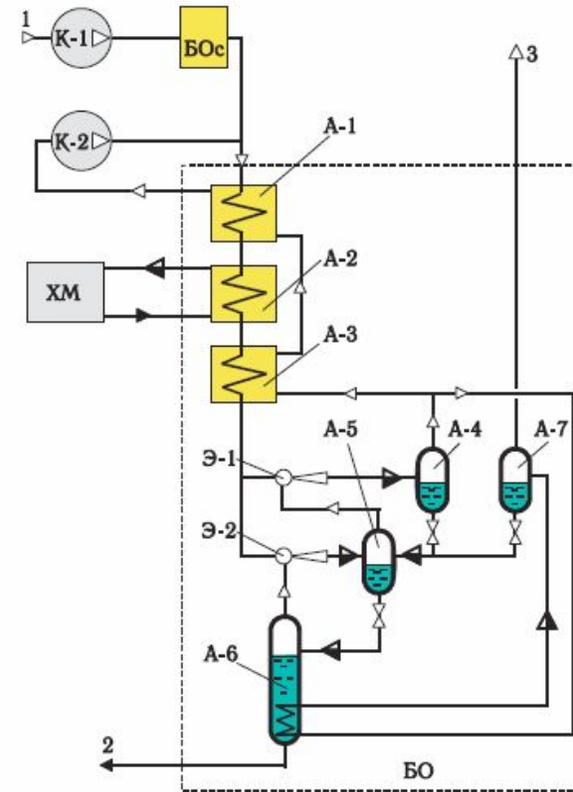
устройства газодинамического энергоразделения:

- 1 – сопло Лаваля; 2 – сверхзвуковой диффузор;
3 – дозвуковой поток газа; 4 – сверхзвуковой поток газа.

Дроссельный цикл высокого давления с предварительным охлаждением на базе оборудования АГНКС

Данная установка обеспечивает:

- рациональное использование блока осушки и высокое давление компрессоров АГНКС для производства СПГ;
- увеличение загруженности комплекса АГНКС РФ;
- низкие начальные капитальные вложения;
- производительность 1,5 т /ч СПГ
- отдувку низкокипящих компонентов (водород, гелий, азот) при низком расходе отбросного газа



1 – вход ПГ в установку; 2 – выдача СПГ в систему хранения; 3 – отбросный газ из установки; К1 – компрессор охлаждаемого потока ПГ; ХМ – холодильная машина;

К2 – компрессор циркуляционного потока ПГ; А1, А2, А3 – рекуперативные теплообменники; А4, А5, А6, А7 – сепараторы; БО – блок охижения; Бос – блок осушки; Э1, Э2 – эжекторы

Выводы и результаты

- На раннем этапе внедрения малотоннажного производства СПГ в России необходимо, чтобы производство имело рентабельность, что сильно ограничивается высокой стоимостью подготовки исходного газа.
- Рассмотренные технологии позволяют значительно сократить затраты на подготовку исходного газа и снизить стоимость производства.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!