

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДВУХПОТОЧНОГО ЦИКЛА ЛИНДЕ ПУТЕМ ИНТЕГРАЦИИ ВНЕШНЕГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОНТУРА.

Ефрюшин Д.М. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент **Зайцев А.В.**
(Университет ИТМО)

Современные технологии сжижения природного газа (СПГ) играют ключевую роль в развитии газовой промышленности, обеспечивая эффективное хранение и транспортировку топлива. Одной из наиболее перспективных технологий является двухпоточный цикл Линде, который сочетает высокую энергетическую эффективность с относительно низкими эксплуатационными и капитальными затратами. Данная схема может быть применена для малотоннажного производства СПГ на газораспределительных станциях (ГРС). Однако существующая схема имеет существенный недостаток — низкий коэффициент ожижения, составляющий около 6%.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что одним из направлений повышения эффективности процесса сжижения газа является его предварительное охлаждение [1,2].

Цель исследования: Разработка и оптимизация технологической схемы двухпоточного цикла Линде с интеграцией дополнительного холодильного контура для повышения коэффициента ожижения природного газа.

Задачи исследования:

1. Исследовать возможность повышения коэффициента ожижения за счет интеграции дополнительного холодильного контура.
2. Разработать математическую модель процесса сжижения газа с учетом внедрения дополнительного холодильного контура.
3. Провести численное моделирование и анализ эффективности предложенной схемы по сравнению с традиционными методами.

Предложенное решение заключается в добавлении внешнего холодильного контура, который обеспечивает предварительное охлаждение газового потока до температуры -30°C . Это позволяет значительно снизить температуру газа перед основным циклом сжижения, что приводит к увеличению коэффициента ожижения с 6% до 10,9 %.

Особенность предлагаемого холодильного цикла заключается в том, что фреон конденсируется не только в воздушном конденсаторе, но и в пластинчатом теплообменнике. Это происходит за счет теплообмена с природным газом, выходящим из цикла ожижения. Данный подход решает проблему с тем, что газ из цикла ожижения выходит с недопустимо низкой температурой для газораспределительной сети города (-31°C). В теплообменнике он нагревается до оптимальной температуры в 5°C . Помимо этого, газ переохлаждает фреон до -30°C , что повышает энергоэффективность холодильного цикла. Также это позволяет сделать воздушный конденсатор менее металлоёмким и энергозатратным.

В результате проведенного исследования было установлено, что интеграция внешнего холодильного контура в двухпоточный цикл Линде позволяет значительно повысить эффективность сжижения природного газа.

Основные результаты:

1. Коэффициент ожижения увеличился с 6,2% до 10,9%.
2. Производительность установки увеличилась на 1,247 тонн в час.
3. Удельные энергозатраты увеличились с 10 кВт/т СПГ [3] до 81,8 кВт/т СПГ, но это оказывает незначительное влияние на себестоимость производства СПГ, поскольку остаются относительно малыми.

Практическое использование результатов исследования заключается в возможности внедрения предложенной схемы на малотоннажных производствах СПГ, где каждый процент увеличения производительности имеет существенное значение. Предложенная технология позволяет сократить срок окупаемости проекта за счет увеличения объемов производства и снижения энергопотребления в холодные периоды года благодаря внедрению технологии плавающего давления конденсации фреона.

Предложения по внедрению:

1. Проведение испытаний предложенной схемы на реальных установках для подтверждения эффективности.
2. Разработка рекомендаций по настройке системы в различных климатических зонах.

Список использованных источников

1. Санавбаров Р. И., Зайцев А. В., Шерматова Ф. М. Анализ технологий малотоннажного производства СПГ с азотным циркуляционным циклом. // Вестник Международной академии холода. 2023. № 1. С. 55–65.
2. Sepehr Sanaye, Seyed Milad Shams Ghoreishi. Energy, exergy and economic analyses of two modified and optimized smallscale natural gas liquefaction (LNG) cycles using N2 and N2/CH4 refrigerants with CO2 precooling. // Cryogenics. 2019. Vol. 102. p. 66–76.
3. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М., Мещерин И.В. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа // Химические технологии и продукты. 2016. № 4. С. 31–36.