

УДК 62-97/-98

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СПГ НА БАЗЕ ЦИКЛОВ ПОЛНОГО ОЖИЖЕНИЯ С ВНЕШНИМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Королёв А.А. (ИТМО)

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

Введение. В настоящее время остается актуальной в нашей стране проблема производства малотоннажных и среднетоннажных установок сжижения природного газа. Создание комплексов СПГ решает ряд важных задач, связанных с децентрализацией газопотребления, сглаживания пиков потребления и переход транспорта и силовой техники на газомоторное топливо.

Для строительства и введения в эксплуатацию установок сжижения газа необходима объективная оценка экономической рентабельности проекта. В ходе изысканий выбирается оптимальная технология получения СПГ для конкретных условий. Энергоэффективность установки играет важную роль в формировании конечной стоимости получаемого продукта. Оценка величины отношения удельных энергозатрат к полученному количеству СПГ (кВт·ч/кг) является ключевым критерием при разработке новых технологических схемных решений. В исследовании производится подробный анализ технологий получения СПГ на базе циклов полного ожижения с внешним охлаждением, а также приводятся пути совершенствования технологических схем для снижения удельных энергозатрат и затрат на оборудование.

Основная часть. Циклы с внешним охлаждением различаются по следующим показателям:

1. По теплоносителю, применяемом во внешнем контуре. Это могут быть:

- однокомпонентные теплоносители – азот, аммиак, пропан (последние два используются для предварительного охлаждения);
- многокомпонентные теплоносители (многокомпонентные рабочие тела – МКРТ). МКРТ оптимизируются под целый ряд параметров процесса сжижения и, чаще всего, встречаются в виде комбинаций таких веществ как: метан, азот, этан, пропан, бутан и пентан, в том числе изомеры. Основной их недостаток – необходима сложная, дорогостоящая система контроля и поддержания состава МКРТ, поскольку продолжительная работа криогенных установок приводит к деградации компонентного состава рабочего тела [1].

2. По типу внешнего цикла. Различают:

- простой пароконденсационный цикл. Надежный, но имеет низкий холодильный коэффициент. Применяются, в основном, с МКРТ;
- модификации цикла Брайтона-Клода с детандером. Имеют высокий холодильный коэффициент в совокупности с усложнением и удорожанием машинного оборудования. Применяются, в основном, с чистыми компонентами.

Наиболее перспективными являются установки, работающие по азотному детандерному циркуляционному циклу. Если в европейской части России с развитой газотранспортной системой наиболее целесообразно размещать малотоннажное производство СПГ на ГРС и АГНКС, то в азиатской части РФ, особенно на Севере, где сеть трубопроводного транспорта не развита, ресурсной базой производства СПГ могут стать малые и средние месторождения природного газа. Для таких месторождений необходимы эффективные и недорогие технологии производства СПГ со 100% ожижением [2].

Кроме того, при применении технологии с низким коэффициентом ожижения из газа в первую очередь конденсируются более высококипящие углеводороды, что в результате приводит к их высокому содержанию в сжиженном газе. Это снижает энергоэффективность использования СПГ и ограничивает область его применения [2].

Азотные холодильные циклы, патентованные и применяемые различными компаниями: Air Products and Chemicals Inc. (США), CH-IV Cryogenics (США), Chicago Bridge & Iron Company (США), Chart (США), Cryogenics (США), Hamworthy KSE (Норвегия), Kryopak Inc. (США), Linde (Германия), АО «Криогенмаш» (Россия), отличаются друг от друга только незначительными деталями. Исходя из анализа накопленного производителями опыта повышение энергоэффективности технологических схем может быть достигнуто увеличением числа ступеней расширения в детандерах на различных температурных уровнях. Это позволяет приблизить кривые охлаждения-нагрева и уменьшить кратность циркуляции внешнего хладагента. Так же повышение эффективности достигается предварительным охлаждением (пропановым или фреоновым) [3].

Выводы. Отечественное криогенное машиностроение имеет большой опыт разработок эффективного технологического оборудования крупных криогенных систем и установок и, прежде всего, воздухоразделительных установок на базе детандерных циклов. Поэтому остается актуальным проектирование мало- и среднетоннажных комплексов СПГ на базе внешних азотных циклов с применением турбодетандерных агрегатов. В результате анализа существующих технологических схем современных предприятий были сформулированы способы повышения их энергоэффективности и произведено моделирование рассматриваемых решений в программном продукте Aspen HYSYS.

Список использованных источников:

1. Федорова Е.Б. Перспективы развития малотоннажного производства сжиженного природного газа в России / Е.Б. Федорова, В.Б. Мельников // НефтеГазоХимия. - 2015. - № 3. - С. 44-51.
2. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа / А.Д. Кондратенко, А.Б. Карпов, А.М. Козлов, И.В. Мещерин // Нефтегазохимия. – 2016. – № 4. – С. 31-36;
3. И.Ф. Кузьменко, В.А. Передельский, А.Л. Довбиш. Установки сжижения природного газа на базе детандерных азотных циклов// Технические газы. – 2010. – № 2. – С. 45-49;