

УДК 621.592

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИКЛА ПРЕВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА

Санавбаров Р. И. (Университет ИТМО), Зайцев А. В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент, к.т.н. Зайцев А. В. (Университет ИТМО)

В докладе приведены результаты исследования влияния температуры теплоносителя в цикле предварительного охлаждения (холодильной машины) на эффективность процесса с азотным циркуляционным контуром. Исследования приведены для холодильных машин с рабочими веществами R410a и пропан. Результаты показывают, что эффективность процесса сжижения газа непосредственно зависит от температуры в цикле предварительного охлаждения.

Введение. Спрос на производство СПГ, в частности малотоннажное, по данным Международного Энергетического Агентства (IEA) ежегодно растет. Различные исследования показывают, что в абсолютном выражении удельные капиталовложения для малотоннажного производства СПГ на 30 % меньше по сравнению с крупнотоннажным производством. Другим преимуществом малотоннажного производства СПГ является малый срок окупаемости. Строительство мини-завода длится до 3 лет, а крупных заводов – около 5 лет. Размещение мини-заводов экономически выгодно в районах небольших месторождений природного газа. Специалисты в своих исследованиях пишут о широком развитии малотоннажного производства СПГ и отмечают тенденцию перехода к нему от крупнотоннажного производства. Согласно данных исследователей, ежегодная динамика роста количества мини заводов составляет примерно 10 %.

В предлагаемом анализе рассматривается процесс сжижения природного газа с циклом предварительного охлаждения и азотным контуром, где природный газ охлаждается за счет азотного цикла. В азотном контуре для охлаждения газа используются детандеры низкого давления. В данном процессе достигается максимальный объем сжижения природного газа. Подаваемый газ сжижается в количестве до 100 %. Капиталовложения в этой технологии относительно других минимальные. Технология отличается своей простотой, удобством в эксплуатации и считается наиболее перспективной в сегменте малотоннажного производства. Также процесс сжижения природного газа по схеме с азотным контуром является надёжным, а требования по безопасности минимальные. Для внедрения технологии требуются минимальные площади, что позволяет производить строительство практически в любой местности. Единственным недостатком этого процесса является высокое потребление электрической энергии.

Основная часть. Удельные энергозатраты наиболее перспективной системы малотоннажного производства СПГ с азотным контуром могут быть уменьшены за счет включения в процесс цикла предварительного охлаждения и соответствующего подбора его конструкции и параметров. Результаты расчетов показывают, что в установке сжижения газа использование в цикле предварительного охлаждения холодильной машины увеличивает энергоэффективность процесса на 20 %, при этом коэффициент сжижения газа возрастает до 25–40 %.

Температура испарения в холодильной машине может существенно снизить тепловую нагрузку азотного контура, что имеет значительное влияние на производительность процесса. Результаты показывают, что рабочее вещество в холодильной машине (хладагент) может отводить от процесса больше тепловой нагрузки при понижении температуры испарения. Это приводит к уменьшению молярного расхода азота в основном цикле охлаждения. В результате снижается работа, производимая азотными компрессорами, и уменьшается удельная энергоёмкость процесса.

В настоящем исследовании в качестве хладагента в холодильной машине используются R410a, CO₂, пропан и др. Результаты показывают, что включение

соответствующего цикла предварительного охлаждения может снизить энергозатраты от 10 до 20 % в зависимости от сложности конструкции процесса и количества единиц используемого в нем основного оборудования.

Полученные результаты показывают, что удельный расход энергии процесса напрямую зависит от температуры: чем ниже температура испарителя холодильной машины, тем меньше энергетические затраты.

Выводы. В итоге исследования можно сделать вывод, что при помощи цикла предварительного охлаждения можно существенно снизить энергозатраты. Удельный расход энергии снижается с уменьшением температуры испарения. Для наиболее значительного повышения энергоэффективности следует провести правильный выбор хладагента.