

УДК 621.593

И.Ф. Кузьменко

ОАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской области, РФ, 143907

e-mail: kuzmenko@cryogenmash.ru

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПГ-УСТАНОВОК СРЕДНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

На основе аналитического обзора публикаций отмечены преимущества и недостатки детандерных холодильных циклов и выявлены тенденции развития СПГ-установок средней производительности (10-100 т/ч). Они предназначены для децентрализованного газоснабжения регионов, не имеющих транспортных газовых сетей. Установки могут производить СПГ также для покрытия пиковых нагрузок.

Ключевые слова: Природный газ. Сжиженный природный газ. Удельный расход энергии на получение СПГ. Детандерный азотный цикл. Детандерная ступень. Турбодетандер-компрессорный агрегат. Теплообменник. Q-T-диаграмма. Потери от необратимости теплообмена.

I.F. Kuzmenko

DEVELOPMENT TENDENCIES OF LNG-PLANTS OF AVERAGE PRODUCTIVITY FOR THE ORGANIZATION OF GAS SUPPLY

On the basis of the analytical survey of publications the advantages and lacks of expander refrigerating cycles are marked and tendencies of development of LNG-plants of average productivity (10-100 t/h) are revealed. They are intended for decentralized of gas supply of the regions which are not having transport gas networks. The plants also can make LNG for covering of peakshaving.

Keywords: Natural gas. Liquefied natural gas. Specific power consumption on reception of LNG. Expander nitric cycle. Expander step. Turbo-expander compressor unit. Heat exchanger. Q-T-diagram. Losses of irreversibility of heat exchange.

1. ВВЕДЕНИЕ

Производство сжиженного природного газа (СПГ) для межконтинентальных перевозок имеет более чем 50-летнюю историю. Для него характерны большие производительности и высокая энергетическая эффективность в связи с использованием смесевых и каскадных циклов для ожижения газа.

Термодинамически высокая эффективность смесевых циклов (MR-mixed refrigerant) заключается в том, что с помощью специально сформированных хладагентов — смесей азота и углеводородов, удаётся существенно снизить потери от необратимости теплообмена при охлаждении, конденсации и переохлаждении природного газа за счёт минимизации температурных напоров в холодной части теплообменника. В таких установках удельный расход энергии на получение СПГ, как правило, не превышает 0,3-0,35 кВт·ч/кг. Близкие к этому показатели достигаются и в каскадных циклах, сочетающих в себе смесевые циклы многоступенчатого охлаждения.

В последние годы, наряду с бурным ростом круп-

номасштабных СПГ-установок производительностью до 600-800 т/ч для межконтинентальной перевозки газа, появилась потребность в установках значительно меньшей производительности для целей удаленного газоснабжения, покрытия пиковых нагрузок, обратной конденсации паров на терминалах и танкерах, обеспечения объектов резервным топливом, а также для оффшорной и удалённой переработки природного и попутного нефтяного газа в товарные продукты, транспортируемые в жидком состоянии.

Вследствие сравнительно малого масштаба и особенностей применения к установкам данного типа помимо энергетической эффективности предъявляются и другие требования, которым невозможно удовлетворить в установках классического каскадного и смесевых типа. В ряде недавних публикаций [1-5] анализируются преимущества детандерных холодильных циклов применительно к СПГ-установкам рассматриваемого применения и диапазона производительности. В наиболее наглядной форме эти преимущества сформулированы в работе [1] (см. табл. 1).

Как видно из табл. 1, детандерные холодильные

© И.Ф. Кузьменко