

УДК 621.565

<sup>1</sup>А.А. Вассерман, доктор техн. наук; <sup>2</sup>А.Г. Слынько, кандидат техн. наук; <sup>3</sup>О.А. Россомаха, аспирант  
Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г.Одесса, Украина, 65029  
e-mail: <sup>1</sup>avas@paco.net; <sup>2</sup>asg\_37@ukr.net  
ORCID: <sup>1</sup>http://orcid.org/0000-0001-8147-8417; <sup>2</sup>http://orcid.org/0000-0002-5310-4335;  
<sup>3</sup>orcid.org/0000-0002-0230-9453

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ УСТАНОВОК РЕКОНДЕНСАЦИИ ПАРА СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ

*Предлагается в цикле каскадных установок реконденсации пара сжиженных газов перед каждым компрессором регенеративно перегревать пар рабочего вещества до соответствующей температуры конденсации, а затем изотермически сжимать его до давления конденсации. Это уменьшает необходимую мощность установки, снижает температуру пара после компрессора и позволяет глубже охлаждать рабочее вещество перед дросселированием. Благодаря этому увеличивается холодильный коэффициент установки и улучшаются условия работы компрессоров. Модернизация цикла каскадной установки реконденсации для газовеоза грузовой вместимостью 75000 м<sup>3</sup> уменьшит её эффективную мощность на 22 %. Это позволит экономить при перевозке этилена до 5400 кВтч, а при перевозке этана — до 3100 кВтч электроэнергии в сутки.*

**Ключевые слова:** Сжиженные газы. Установки реконденсации. Регенеративный теплообмен. Адиабатное и изотермическое сжатие. Удельная массовая холодопроизводительность. Холодильный коэффициент.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Основным недостатком газовеозов, перевозящих сжиженные газы (СГ) при давлении, близком к атмосферному, является большая затрата энергии на реконденсацию пара, образующегося при транспортировке СГ вследствие неизбежных теплопритоков в грузовые танки. Поэтому усилия, направленные на снижение этой затраты, являются актуальными.

Уменьшить потребление энергии в обычной одноступенчатой холодильной установке позволяет замена адиабатного сжатия хладагента изотермическим. В работе [1] на основании теоретического анализа и расчётов для 10-ти хладагентов показано, что холодильный цикл с изотермическим сжатием хладагента имеет существенные преимущества перед циклом с адиабатным сжатием.

В настоящей работе на примере перевозки сжиженных этилена и этана показана возможность повышения экономичности работы каскадных установок реконденсации путём аналогичной замены наиболее энергетически затратных адиабатных процессов сжатия пара рабочих веществ в этих установках изотермическими процессами.

### 2. БАЗОВАЯ И МОДИФИЦИРОВАННАЯ УСТАНОВКИ РЕКОНДЕНСАЦИИ. СОПОСТАВЛЕНИЕ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ ЦИКЛОВ УСТАНОВОК РЕКОНДЕНСАЦИИ

При перевозке и хранении сжиженных этилена и этана при давлении, близком к атмосферному, используются каскадные установки реконденсации пара [2]. Принципиальная схема базового варианта такой установки приведена на рис. 1. В нижней ветви каскада размещается двухступенчатая холодильная установка открытого типа с неполным промежуточным охлаждением пара перевозимого сжиженного газа. В верхней ветви каскада также используется двухступенчатая холодильная установка с неполным промежуточным охлаждением, работающая на хладагенте R22. В нижних ступенях каждой ветви каскада применяется регенеративный теплообмен между жидкостью и паром.

На принципиальной схеме указаны не только элементы холодильной установки, но и положение точек, соответствующих состояниям сжиженного газа и R22, отмеченным на холодильном цикле установки (рис. 2). Схема и цикл выполнены двухцветными для отличия верхней ветви каскада от нижней.

Анализируя схему, отметим, что в вентиле II дросселируется жидкость, получаемая при реконденсации пара перевозимого СГ, при её возвращении в танк. В регенеративном теплообменнике III переохлаждается указанная жидкость и перегреваются пары СГ, образующиеся в танке. В промысосуде IV происходит разделение жидкости и пара после дросселирования СГ в первом дроссельном вентиле V. В конденсаторе-испарителе VI охлаждается и реконденсится пар СГ и кипит хладагент R22. Во втором дроссельном вентиле