

**Г.К. Лавренченко\*, М.Б. Кравченко\*\***

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

\*e-mail: uasigma@paso.net

\*\*e-mail: kravtchenko@i.ua

## ТЕПЛОВАЯ МАШИНА КАК СТУПЕНЬ ОХЛАЖДЕНИЯ В ЦИКЛАХ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ

*Предложен новый способ улучшения характеристик криогенных систем, основанный на использовании ступени с тепловой машиной. Работа машины организуется в области криогенных температур. С помощью тепловой машины производится дополнительное охлаждение потока рабочего тела с целью снижения потерь при его дросселировании. На примере рефрижератора и ожижителя Линде подтверждена возможность существенного увеличения их характеристик. Показано, что холодопроизводительность рефрижератора возрастает на величину, равную работе тепловой машины. Рост коэффициента ожижения в ожижителе Линде эквивалентен работе, производимой тепловой машиной. При использовании тепловой машины можно холодопроизводительность и эксергетический КПД азотного рефрижератора Линде увеличить в 2,4 раза.*

**Ключевые слова:** Криогенная система. Ступень криогенной системы. Рефрижератор. Ожижитель. Тепловая машина. Дросселирование. Холодопроизводительность. Эксергетический КПД.

**G.K. Lavrenchenko, M.B. Kravchenko**

## THE HEAT MACHINE AS THE COOLING STEP IN CYCLES OF CRYOGENIC SYSTEMS

*A new method for improving the characteristics of cryogenic systems, based on the use of step with the heat machine is offered. The machine work is organized in the field of cryogenic temperatures. An additional cooling stream of an actuating medium with the help of a heat machine is made for the purpose of decrease in losses at its throttling. The possibility of a substantial increase their characteristics is confirmed on the example of the refrigerator and liquefier Linde. It is shown that cold production of refrigerator increases on the size equal to work of the heat machine. The growth rate of liquefaction in the Linde liquefier is equivalent to the work made by heat machine. It is possible cooling and exergy efficiency of the nitrogen refrigerator Linde increase in 2,4 times when using a heat machine.*

**Keywords:** Cryogenic system. Step of cryogenic system. Refrigerator. Liquefier. Heat machine. Throttling. Refrigerating capacity. Exergy efficiency.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Структура криогенных систем базируется на концепции ступеней охлаждения [1,2]. К ним, например, в соответствии с классификацией [1], относятся ступени предварительного охлаждения, использования эффекта охлаждения и окончательного охлаждения. В криогенных системах, использующих термомеханические принципы охлаждения, можно выделить ступени, в которых реализуются такие эффекты внутреннего охлаждения, как дросселирование рабочего тела или расширение его с совершением внешней работы [3].

В данной работе рассматривается новый вид ступени — ступень с тепловой машиной (СТМ), все про-

цессы в которой осуществляются в области криогенных температур. Предложенный тип ступени не заменяет, а наоборот дополняет известные ступени. В ряде случаев СТМ позволяет улучшить характеристики низкотемпературных установок. Покажем, каким образом с помощью СТМ можно повысить эффективность регенеративных дроссельных циклов — так называемых циклов Линде. Однако вначале проанализируем характеристики традиционных рефрижераторов (R) и ожижителей (L) Линде.

### 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕФРИЖЕРАТОРОВ И ОЖИЖИТЕЛЕЙ ЛИНДЕ

Цикл Линде — один из наиболее простых циклов