

УДК 536.48.001

**А.В. Троценко\***, **Г.К. Лавренченко\*\***, **А.В. Плесной**

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

\*e-mail: trotalex@rambler.ru

\*\*e-mail: uasigma@paso.net

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОТЫ ДЕТАНДЕРА В КРИОГЕННЫХ УСТАНОВКАХ

*В детандерах криогенных установок, наряду с охлаждением газа, также производится и работа. Использование работы детандера приводит к повышению ряда энергетических показателей криогенных систем. Анализируется характер изменения отношения работы детандера к работе компрессора в простом детандерном цикле. Полученные выводы могут быть распространены на более сложные циклы рефрижераторов и ожижителей. Приводятся результаты термодинамического исследования способов использования работы детандера в криогенных установках. Из эксергетических балансов криогенных установок найдены выражения для максимальных дополнительных величин продуктов рефрижераторных и ожижительных криогенных установок, полученных за счёт использования работы детандера.*

**Ключевые слова:** Криогенная установка. Детандер. Термодинамический цикл. Компрессор. Работа сжатия. Работа расширения. Кислород. Азот. Гелий. Эксергия. Эксергетический баланс. Холодопроизводительность.

**A.V. Trotsenko, G.K. Lavrenchenko, A.V. Plesnoy**

## THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE EXPANDER WORK USAGE IN CRYOGENIC UNITS

*In expander cryogenic units in addition to gas cooling, the work is also produced. The usage of expander work improves some energetic performances of cryogenic systems. The character of the change of the ratio of the expander work to that of compressor in a simple expander cycle is analyzed. The findings can be applied for more complex cycles of refrigerators and liquefier. The results of thermodynamic researches of ways to use the expander work in cryogenic units are given. Based on exergic balances in case of use of expander work, the expressions for the maximal additional amounts of cryogenic units products are obtained.*

**Keywords:** Cryogenic units. Expander. Thermodynamic cycle. Compressor. Compression work. Expansion work. Oxygen. Nitrogen. Helium. Exergy. Exergic balance. Refrigerating capacity.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Один из возможных и очевидных путей повышения термодинамической эффективности в детандерных и детандерно-дрессельных циклах криогенных установок — использование работы, производимой в детандере.

Детандеры находят широкое применение в криогенных и вообще низкотемпературных установках. В детандере производится расширение газа с понижением его температуры и одновременным совершением внешней работы. Отношение работы расширения в детандере к работе сжатия компрессора — важная характеристика обратных газовых циклов [1]. Её использовал В.С. Мартыновский для оптимизации па-

раметров воздушных холодильных машин.

Работу детандера в обратных циклах зачастую расходуют для снижения общих затрат энергии. Однако такой подход возможен в случаях, когда компрессорная и расширительная машины связаны механически. Примером является воздушная турбохолодильная машина, работающая по регенеративному циклу с разомкнутым процессом [2]. В ней имеется компрессорно-детандерный агрегат с осевыми турбомашинами, размещенными на общем валу.

Работа расширения может также передаваться на общий с компрессором кривошипно-шатунный механизм. Такие достаточно эффективные решения реализуются в криогенных газовых машинах, работающих по обратному циклу Стирлинга [3].