

УДК 621.59 (075.8)

**Г.К. Лавренченко**, доктор техн. наук, **А.В. Плесной**, аспирант

ООО «Институт низкотемпературных энерготехнологий», а/я 188, г. Одесса, Украина, 65026

e-mail: lavrenchenko@raco.net

## РАЗРАБОТКА ДВУХРЕЖИМНОЙ ВРУ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ПОТОКА ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ДЕТАНДЕР-КОМПРЕССОРНЫЙ АГРЕГАТ

В современных воздуходелительных установках (ВРУ), реализующих циклы среднего давления с циркуляцией потока воздуха, не удаётся эффективно использовать работу его расширения в детандере. Исследования показали, что работу расширения части перерабатываемого воздуха можно преобразовать в дополнительную холодопроизводительность в детандер-компрессорном агрегате (ДКА) специальной конструкции. Анализируются характеристики ВРУ при её работе в режиме выдачи жидкого кислорода или в газожидкостном режиме, когда дополнительно производится ещё и газообразный кислород под давлением. Найдены оптимальные режимные и конструктивные показатели ДКА, отвечающие максимуму его КПД. ДКА разрабатывался для режима выдачи только жидкого кислорода. При одновременном производстве сжатого и жидкого кислорода ДКА работает в нерасчётном режиме. Проведенное исследование показало, что созданный ДКА обеспечивает экономичную работу ВРУ и в газожидкостном режиме. Это подтверждает возможность создания надёжной и достаточно эффективной двухрежимной ВРУ с машинами только динамического принципа действия.

**Ключевые слова:** Воздуходелительная установка (ВРУ). Жидкий кислород. Сжатый кислород. Газожидкостный режим работы. Детандер-компрессорный агрегат (ДКА).

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Воздуходелительные установки (ВРУ) среднего давления обычно создаются для работы в нескольких режимах, например, для получения жидких и сжатых продуктов разделения воздуха.

Режиму производства жидкого продукта отвечает наибольший удельный расход энергии. Вызвано оно тем, что при работе в этом режиме стремятся к существенному повышению холодопроизводительности установки [1]. При получении в ВРУ продуктов разделения воздуха под давлением в результате внутреннего сжатия их в блоке разделения удельные потери хотя и снижаются, но всё же остаются относительно высокими.

Для увеличения холодопроизводительности ВРУ можно повысить давление перерабатываемого воздуха. Однако выгоднее, как показано в [2], использовать в ВРУ прямой поток воздуха с давлением на уровне 4 МПа в случае применения эффективного детандер-компрессорного агрегата (ДКА).

Проведенное исследование показывает, как можно эффективно использовать в составе кислородной ВРУ ДКА для получения в цикле следующих продуктов разделения воздуха при его расходе В:

1. Жидкий кислород (жидкостный режим)

$$K_{ж} = B - A, \quad (1)$$

где  $K_{ж}$  — жидкий кислород;  $A$  — отбросный азот.

2. Газообразный кислород под давлением и жид-

кий кислород (газожидкостный режим)

$$K_{д} + K_{ж} = B - A, \quad (2)$$

где  $K_{д}$  — газообразный кислород под давлением.

Работа ВРУ в указанных режимах обеспечивается применением в ней эффективной схемы с циркуляцией части потока воздуха [3] и использованием работы расширения этого потока в детандерной ступени (ДС) ДКА для его предварительного сжатия в компрессорной ступени (КС) перед расширением. Как показано ранее, такой способ позволяет снизить затраты при производстве жидкого кислорода.

Цель настоящей работы состоит в определении оптимальных параметров ВРУ и используемого в ней ДКА с учётом различных условий эксплуатации. Поскольку разработка ДКА производится для условий его работы с максимальной холодопроизводительностью в режиме получения порядка 1000 кг/ч жидкого кислорода, необходимо для определения показателей ВРУ при её работе во втором режиме решать задачу описания нерасчётных характеристик детандер-компрессорного агрегата.

### 2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ПОТОКА ВОЗДУХА

В ВРУ с включенным в неё ДКА (рис. 1) поток воздуха 1 в количестве  $B = 164 \text{ м}^3/\text{мин}$  сжимается в четырёхступенчатом центробежном компрессоре до