

Г.К. Лавренченко, А.В. ПлеснойОдесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082
e-mail: uasigma@paso.net**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИОГЕННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА**

Наблюдается рост интереса к энтропийному методу термодинамического анализа. На его основе проведено исследование особенностей криогенного разделения воздуха. В качестве объекта выбрана воздухоразделительная установка (ВРУ) с колонной однократной ректификации. Определены значения эксергетических потерь в основных элементах ВРУ. Изложена процедура вывода нескольких выражений для минимальной работы разделения воздуха. Предложена термодинамическая модель для объяснения процессов, реализуемых при обратимом разделении воздуха с целью производства чистых кислорода и азота или этих газов с примесями друг друга. Проведен анализ потерь в ректификационной колонне однократной ректификации. Показано, что основной вклад в потери вносит необратимый теплообмен в испарителе колонны.

Ключевые слова: Воздух. Кислород. Азот. Колонна. Ректификация. Необратимость. Эксергетическая потеря. Минимальная работа разделения. Энтропия. Эксергетический КПД.

G.K. Lavrenchenko, A.V. Plesnoy**THERMODYNAMIC ANALYSIS OF CRYOGENIC AIR SEPARATION**

There is a growth of interest in entropy method of thermodynamic analysis. On its basis investigated characteristics of cryogenic air separation. As an object is selected air separation unit (ASU) with a single column rectification. The values of the exergy losses in key elements of ASU are determined. The process the output of several expressions for the minimum work of air separation sets out. The thermodynamic model is proposed to explain the processes implemented with the reversible air separation to produce pure oxygen and nitrogen gases or with impurities of each other. The analysis is made of losses in a single rectification column. It is shown that the main contribution to the loss making irreversible heat transfer in the evaporator of the column.

Keywords: Air. Oxygen. Nitrogen. Column. Rectification. Irreversibility. Exergy loss. Minimum work of separation. Entropy. Exergy efficiency.

1. ВВЕДЕНИЕ

Термодинамическому анализу процессов криогенного разделения воздуха посвящен ряд публикаций, как например, [1-5]. Однако исследования в них сводятся либо к определению эксергетического КПД воздухоразделительной установки (ВРУ), либо к нахождению различных потерь от необратимости без строго обоснования необходимых для их расчётов соотношений.

В связи с появлением публикаций А.М. Архарова и В.В. Сычева с соавторами [6,7], в которых раскрываются большие возможности энтропийного метода термодинамического анализа, актуальным является его применение для углубленного исследования ряда характеристик холодильных и криогенных систем [8,9].

В настоящей статье изложим процедуру нахождения потерь, рассмотрим источники потерь от необратимости в криогенных ВРУ и определим их значения. Остановимся также на некоторых термодинамических особенностях криогенной ВРУ.

2. БАЛАНСОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ

В качестве объекта исследования выберем ВРУ с колонной однократной ректификации, в которой используется термодинамический регенеративный дроссельный квазицикл, реализуемый на воздухе и его компонентах — кислороде и азоте (рис. 1). Количество перерабатываемого воздуха — 1 кмоль. Воздух рассматривается как бинарная смесь, состоящая из 0,21 объёмных долей кислорода и 0,79 азота.

Зададимся составами получаемых в ВРУ кисло-