

УДК.621.59(075.8)

**С.Н. Пуртов\*, А.И. Ляпин, Л.Б. Лебедев**

ОАО «Криогенмаш», пр-т. Ленина, 67, г. Балашиха Московской обл., РФ, 143907

\*e-mail: purtov@cryogenmash.ru

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ HYSYS ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАСЧЁТАХ КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК

Опыт применения системы химико-технологических расчётов HYSYS фирмы «Aspentech» для проектирования установок разделения воздуха обусловил необходимость уточнения процедур расчёта фазового равновесия. Выполнен подбор значений коэффициентов бинарного взаимодействия для используемого в HYSYS уравнения состояния PRSV с целью обеспечения наилучшего совпадения результатов расчётов с экспериментальными данными и программами предприятия. Приведены результаты внедрения HYSYS для проектирования криогенных ожижителей и рефрижераторов и пример расчёта установки получения жидкого водорода, иллюстрирующий основные приёмы использования HYSYS для расчётов многоступенчатых криогенных установок и его широкие возможности.

**Ключевые слова:** Воздухоразделительная установка. Криогенная установка. Термодинамические свойства. Фазовое равновесие. Уравнение состояния. Криогенные ожижители. Криогенные рефрижераторы. Воздух. Кислород. Водород.

S.N. Purto, A.I. Liapin, L.B. Lebedev

## UPGRADE OF SOFTWARE HYSYS FOR USING IN CALCULATIONS OF CRYOGENIC UNITS

The experience of application on system of chemical-engineering simulation in HYSYS of firm «Aspentech» for designing of air separation units has caused the necessity of more accurate calculation of phase equilibrium. The binary interaction coefficients for the PRSV equation of state were adjusted for the purpose of maintenance of the best concurrence of results of calculations with the experimental data and programs of the enterprise. The results of HYSYS introduction into helium and hydrogen liquefiers and refrigerators simulation and for calculations of multistage cryogenic units are presented.

**Keywords:** Air separation unit. Cryogenic unit. Thermodynamic properties. Phase equilibrium. Equation of state. Cryogenic liquefiers. Cryogenic refrigerators. Air. Oxygen. Hydrogen.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Система HYSYS фирмы «Aspentech», позволяющая производить расчёт произвольной схемы установки и обладающая удобным пользовательским интерфейсом, в настоящее время успешно используется нашим предприятием при проектировании воздухоразделительных установок (ВРУ) [1,2]. На основании опыта применения HYSYS была проведена корректировка процедур расчёта фазового равновесия смесей компонентов воздуха в области параметров, характерных для процессов в установках разделения воздуха. Корректировка заключалась в изменении значений коэффициентов бинарного взаимодействия для смеси  $N_2$ -Ar- $O_2$ . Для обеспечения возможности расчётов в HYSYS установок разделения воздуха с извлечением криптона и ксенона выполнена корректировка процедур расчёта фазового равновесия смесей кислорода с криптоном, метаном и другими углеводородами.

В настоящее время HYSYS применяется также для расчётов криогенных ожижителей и рефрижераторов. Наличие встроенных электронных таблиц и

процедур оптимизации открывает широкие возможности для расчётов и анализа различных криогенных установок. В статье приведен пример расчётной схемы установки для получения жидкого водорода и приёмы, позволяющие использовать HYSYS для расчётов многоступенчатых криогенных установок.

Продолжается работа по подключению к HYSYS программ для расчёта различных аппаратов криогенных установок. Выполнена интеграция с HYSYS программы расчёта многопоточных пластинчато-ребристых теплообменников [3], программ расчёта блоков комплексной очистки воздуха, адсорберов жидкого кислорода и реакторов орто-параконверсии водорода.

### 2. КОРРЕКТИРОВКА ПРОЦЕДУР РАСЧЁТА ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ СМЕСИ $N_2$ -Ar- $O_2$

Основными областями применения HYSYS, как известно, являются химическая и нефтехимическая промышленность, где требования к точности расчёта термодинамических свойств рабочих тел намного ниже, чем в криогенных установках, что связано с отно-

© С.Н. Пуртов, А.И. Ляпин, Л.Б. Лебедев