

УДК 546.291:621.59

А. А. Вассерман

Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, 65029, г. Одесса, Украина

С. В. Бодюл

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, 65026, г. Одесса, Украина

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕЛИЯ

Для расчета и проектирования различных криогенных и энергетических систем, в которых применяется гелий, необходимо использовать его теплофизические свойства. Сообщается о разработке автоматизированной системы для определения теплофизических свойств гелия, обеспечивающей расчеты плотности, энтальпии, энтропии, изохорной и изобарной теплоемкостей, скорости звука, вязкости, теплопроводности. Эти величины могут рассчитываться в однофазной и двухфазной областях и на линиях фазового равновесия при температурах от 2,2 до 1500 К и давлениях до 100 МПа и задании девяти комбинаций независимых переменных. Модули расчета свойств, входящие в систему, можно включать в программы, предназначенные для решения прикладных задач.

Ключевые слова: автоматизированная система; гелий; теплофизические свойства.

For account and designing of different cryogenic and power systems, in which the helium is applied, it is necessary to use its thermophysical properties. An automated system for calculating the thermodynamic properties of helium has been created. It allows the calculation of the density, enthalpy, entropy, isochoric and isobaric specific heats, speed of sound, viscosity, thermal conductivity and other properties. These values can be determined in the single-phase and two-phase regions and on the phase-equilibrium lines at temperatures from 2,2 up to 1500 K and at pressures up to 100 MPa for nine combinations of independent variables. The modules for calculating properties that are included into system can be also included into the programs intended for the decision of applied tasks.

Keywords: automated system; helium; thermophysical properties.

I. ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в связи с появлением и интенсивным развитием новых отраслей техники непрерывно возрастает применение гелия. Например, его используют для охлаждения сверхпроводящих устройств, создания глубокого вакуума, в атомной энергетике, ракетной технике.

Рост потребности в гелии и его малая распространенность обусловили высокие требования к достоверности данных. Для проектирования установок, а также машин и аппаратов криогенной техники необходимы данные о теплофизических свойствах гелия в широкой области параметров состояния.

Исследованиям физических свойств гелия, в том числе его теплофизических свойств, посвящено большое число работ, выполненных в лабораториях различных стран. Оригинальные опытные данные о теплофизических свойствах гелия обобщены в ряде монографий и справочников, среди которых наиболее известны [1–7]. В большинстве указанных монографий на основании экспериментальных данных составлены таблицы теплофизических свойств гелия. Позднее, благодаря использованию возможностей современных ЭВМ, разработаны автоматизированные информационные системы, обеспечива-

ющие пользователей данными о свойствах гелия. Однако эти системы, например, описанные в [8–10], успешно выполняющие информационные функции, не могут быть непосредственно связаны с реализацией прикладных программ, предназначенных для решения разнообразных технических задач. Поэтому актуальна разработка автоматизированных систем, позволяющих включать в программы пользователей универсальные модули расчета теплофизических свойств на основе соответствующих уравнений. Изложению результатов такой работы посвящается данная статья.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ

1. Источники данных о свойствах

Наиболее обстоятельным зарубежным изданием, посвященным термодинамическим свойствам газообразного и жидкого гелия, являются Международные таблицы [5]. Эти таблицы содержат ряд свойств, включая теплоемкость и скорость звука, и охватывают практически весь диапазон температур и давлений, представляющий интерес для науки и техники. Недостатком работы [5] является наличие трех уравнений состояния, по которым рассчитаны таблицы для трех различных областей параметров. Это создает определенные неудобства при использовании уравнений для расчета процессов и тер-