

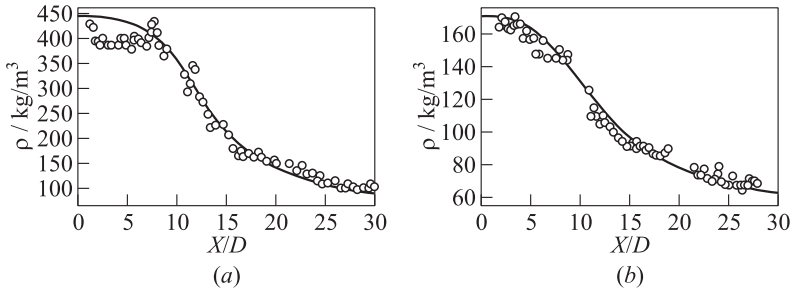
THERMAL AND CALORIC EQUATIONS OF STATE
FOR NITROGEN: APPLICATION TO CRYOGENIC
INJECTION CONDITIONS**N. M. Kuznetsov**¹, **S. N. Medvedev**¹, **S. M. Frolov**¹,
F. S. Frolov¹, **B. Basara**², and **K. Pachler**²¹N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics
of the Russian Academy of Sciences
4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russia²AVL LIST GmbH
Graz, Austria

The real-gas analytical equation of state (EoS) for nitrogen is developed. The applicability domain of the EoS is verified in a wide range of density (from 0 to the value at the triple point, 0.867 g/cm³) and temperature (from 100 to 5000 K). The obtained EoS is introduced into the gasdynamic code for calculating multidimensional turbulent reactive flows. Using the new EoS, the outflow of a dense flooded turbulent jet of cryogenic nitrogen with temperature T_{inj} and velocity U_{inj} into a chamber filled with nitrogen at normal temperature T_0 and elevated pressure P_0 is calculated. The calculation results are compared with available experimental data on the density variation in the jet [1] (see figure). Satisfactory agreement is obtained between the results. The developed EoS makes it possible to separate the regions with liquid and gas states in the jet flow based on the local instantaneous values of density and temperature in the jet without using a two-phase flow model.

Acknowledgments

This work was supported by the subsidy given to the N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences to implement the state assignment on the topic No. 0082-2016-0011 (Registration No. AAAA-A17-117040610346-5)

DOI: 10.30826/NEPCAP9A-44 ©The authors published by TORUS PRESS



Comparison of calculated (curves) and measured (symbols [1]) profiles of nitrogen density along the spray axis for two sets of initial conditions: (a) $T_{\text{inj}} = 126.9$ K, $U_{\text{inj}} = 4.9$ m/s, $P_0 = 3.97$ MPa, and $T_0 = 298$ K; and (b) $T_{\text{inj}} = 137$ K, $U_{\text{inj}} = 5.4$ m/s, $P_0 = 3.98$ MPa, and $T_0 = 298$ K

and to the Scientific Research Institute for System Analysis to implement the state assignment on the topic No. 0065-2019-0005 (Registration No. AAAA-A19-119011590092-6).

References

1. Mayer, W., J. Tellar, R. Branam, G. Schneider, and J. Hussong. 2003. Raman measurement of cryogenic injection at supercritical pressure. *Heat Mass Transfer* 39:709–719.

ТЕРМИЧЕСКОЕ И КАЛОРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЯ
СОСТОЯНИЯ АЗОТА: ПРИМЕНЕНИЕ
К РАСЧЕТАМ ИСТЕЧЕНИЯ КРИОГЕННЫХ СТРУЙ

Н. М. Кузнецов¹, С. Н. Медведев¹, С. М. Фролов¹,
Ф. С. Фролов¹, Б. Басара², К. Пахлер²

¹Федеральный исследовательский центр химической физики
им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук
Россия, Москва 119991, ул. Косыгина, д. 4

²АВЛ Лист ГмбХ
Грац, Австрия

Разработано аналитическое уравнение состояния (УрС) реального газа для азота. Проведена проверка области применимости УрС в широком диапазоне плотности (от 0 до плотности жидкости в тройной точке: $0,867 \text{ г/см}^3$) и температуры (от 100 до 5000 К). Полученное УрС внедрено в газодинамическую программу для расчета многомерных турбулентных реагирующих течений. С использованием нового УрС проведены расчеты истечения плотной затопленной турбулентной струи криогенного азота в камеру, заполненную азотом при нормальной температуре. Проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными по изменению плотности вещества в струе. Получено удовлетворительное согласие результатов. Разработанное УрС позволяет разделять области жидкости и газа по локальным мгновенным значениям плотности и температуры в струе без применения модели двухфазного течения.

Работа выполнена за счет субсидии, выделенной ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания по теме 0082-2016-0011 (номер государственной регистрации АААА-А17-117040610346-5), и субсидии, выделенной ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН по теме 0065-2019-0005 (номер государственной регистрации АААА-А19-119011590092-6).