

О ПРОБЛЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА КОНДЕНСИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ С ОХЛАЖДАЕМОЙ СТЕНКОЙ*

И. В. Семенов¹, Д. А. Сидоренко², С. М. Фролов³

Аннотация: Разработана физико-математическая модель, описывающая тепло- и массообмен при взаимодействии конденсированных продуктов сгорания ракетного двигателя на твердом топливе (РДТТ) с охлаждаемой стенкой. Модель учитывает образование пленки из конденсированных продуктов сгорания на стенке и изменение теплового потока в стенку в зависимости от состояния пленки. Пленка может состоять либо из твердого слоя, либо из твердого и жидкого слоев, при этом модель позволяет учитывать динамическое изменение толщин обоих слоев и профиля температуры внутри них. Разработаны две модификации модели. В первой — профиль температуры принят линейным в твердом и жидком слоях, во второй — профиль температуры линейный в твердом слое и параболический в жидком. Проведена серия расчетов с использованием разработанной модели и модели, основанной на численном решении методом конечного объема модифицированной задачи Стефана с заданными как стационарными, так и нестационарными потоками массы и тепла на одной из границ области и температуры на другой. Результаты расчетов показали хорошее соответствие динамики изменения температуры поверхности пленки и тепловых потоков в стенку и на поверхности пленки.

Ключевые слова: тепло- и массообмен; задача Стефана; двухфазная пленка; течение продуктов сгорания РДТТ; охлаждаемая поверхность; оксид алюминия; теоретическая модель

Литература

1. Yao L. S., Prusa J. Melting and freezing // Adv. Heat Transfer, 1989. Vol. 19. P. 1–95.
2. Rizwan-Uddin. An approximate-solution-based numerical scheme for Stefan problem with time-dependent boundary conditions // Numerical Heat Transfer B, 1998. Vol. 33. No. 3. P. 269–285.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты № 13-01-12072 ОФИ-м и 15-08-00782).

¹ Институт автоматизации проектирования Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, semenov@icad.org.ru

² Институт автоматизации проектирования Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, sidr1234@mail.ru

³ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, smfrol@chph.ras.ru

3. *Thirunavukarasu B. A.* Study of solidification dynamics with liquid mass influx. Oregon State University, 2003. Thesis. 117 p.
4. *Похил П. Ф., Беляев А. Ф., Фролов Ю. В., Логачев В. С., Коротков А. И.* Горение порошкообразных металлов в активных средах. — М.: Наука, 1972. 294 с.
5. *Маурах М. А., Митин Б. С.* Жидкие тугоплавкие окислы. — Металлургия, 1979. 288 с.

Поступила в редакцию 01.11.14