Распараллеливание алгоритмов численного решения функционально-дифференциальных уравнений при решении задачи стабилизации сгорания топлива в жидкостном ракетном двигателе*

А.В. Ким, В.М. Кормышев, М.А. Сафронов

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Классическая математическая модель процесса сгорания топлива в жидкостном ракетном двигателе представляет собой систему функционально-дифференциальных уравнений (ФДУ), которую можно привести к виду [1]:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + A_\tau x(t-1) + Bu(t).(1)$$

В работе [2] разрабатываются теоретические аспекты аналитического конструирования регуляторов в системах с запаздыванием, основанные на методе явных решений Обобщенных Уравнений Риккати (ОУР), а также рассматриваются способы нахождения параметров оптимального стабилизирующего управления для систем ФДУ. В [3] описываются разработанные методы численного решения дифференциальных уравнений с последействием.

Задача состоит в исследовании возможности распараллеливания численных алгоритмов решения системы (1), а также построения оптимального стабилизирующего управления на современных высокопроизводительных системах, используя управление с обратной связью, основывающееся на втором варианте явных решений системы обобщенных уравнений Риккати. При этом требуется решение специального экспоненциального матричного уравнения (ЭМУ), которое приближенно находится методом установившихся решений с использованием разработанного алгоритма.

Возможные подходы к распараллеливанию методов Рунге-Кутта для решения дифференциальных уравнений описаны, например, в [4]. Для численного расчета ЭМУ и ФДУ разработана специальная модификация данного алгоритма.

Литература

1. *Сафронов М.А.* Математическое моделирование процесса сгорания топлива в жидкостном ракетном двигателе // Международный научн.-техн. журнал "Информационные технологии моделирования и управления". 2011. №7(72). С. 806-811.

2. *Квон В.Х., Ким А.В., Кормышев В.М., Пименов В.Г., Солодушкин С.И.* Аналитическое конструирование и синтез регуляторов для систем с последействием. — Екатеринбург: УрФУ, 2010. — 170 с.

3. *Ким А.В., Пименов В.Г.* i-Гладкий анализ и численные методы решения ФДУ. — М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. — 256 с.

4. *Van Der Houwen P.J., Sommeijer B.P.* Parallel iteration of high-order Runge-Kutta methods with stepsize control // Journal of Computational and Applied Mathematics. 1990. Vol. 29. Pp. 111-127.

*Работа выполнена при поддержке программы президиума РАН «Фундаментальные науки — медицине», РФФИ (проекты 08-0100141, 10-01-00377) и Урало-сибирского междисциплинарного проекта 12-С-1-1017.