

УДК 517.929

© А. А. Белов, А. В. Ким

## ОПТИМАЛЬНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ ТОПЛИВА В ЖИДКОСТНОМ РАКЕТНОМ ДВИГАТЕЛЕ <sup>1</sup>

*Ключевые слова:* стабилизация, управление с обратной связью, последствие.

В докладе обсуждается задача стабилизации процесса сгорания топлива в жидкостном ракетном двигателе. Классическая математическая модель процесса [1] представляет собой систему функционально-дифференциальных уравнений четвертого порядка. Исходная система является неустойчивой, в связи с чем возникает задача построения стабилизирующих управлений.

В работах [3, 4] разработан подход к стабилизации процесса, основанный на методологии аналитического конструирования регуляторов для систем с последствием [2, 5].

В [5] развит подход в теории аналитического конструирования регуляторов для систем с последствием, в рамках которого на основе метода нахождения явных решений обобщенных уравнений Риккати (ОУР) найдено шесть вариантов построения синтеза управлений на основе явных решений ОУР.

В работах [3, 4] реализован один вариант построения синтеза управления, основанный на первом варианте явных решений (ОУР).

В настоящем докладе рассматриваются три типа управлений с обратной связью, построенных на основе явных решений ОУР. Рассмотрены алгоритмические аспекты построения соответствующих управлений и исследования их стабилизирующих свойств. Проводится сравнение характеристик построенных управлений.

### Список литературы

1. Crocco L. Aspects of combustion stability in liquid propellant rocket motors, Part I. Fundamentals – Low frequency instability with monopropellants // J. Amer. Rocket Soc. 1951. Vol. 21. № 6. P. 163–176.
2. Красовский Н.Н. Аналитическое конструирование регуляторов для систем с последствием // Прикладная математика и механика. 1962. Т. 26. С. 39–51.
3. Kim A.V. et al. Explicit numerical methods and LQR control algorithms for time-delay systems // Proc. of the Intern. Conf. on Electrical Engineering. Kyungju. Korea, July 21–25, 1998.
4. Кwon В.Х., Ким А.В., Кормышев В.М., Пименов В.Г., Солодушкин С.И. Аналитическое конструирование регуляторов для систем с последствием. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 170 с.
5. Ким А.В., Волохова Л.Е., Заводников Д.Е. Линейно-квадратичная стабилизация процесса сгорания топлива в жидкостном ракетном двигателе // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. 2011. № 4 (2). С. 172–173.

Поступила в редакцию 09.02.2012

*A. A. Belov, A. V. Kim*

### **Optimal stabilization of the combustion process in liquid rocket motors**

The problem of optimal stabilization of the combustion process in liquid rocket motors is studied.

*Keywords:* stabilization, feedback control, delay.

Mathematical Subject Classifications: 34H15

Белов Алексей Андреевич, математик, Институт математики и механики Уральского отделения РАН, 620990, Россия, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 16. E-mail: veshousis@e1.ru

Ким Аркадий Владимирович, д.ф.-м.н., руководитель группы, Институт математики и механики Уральского отделения РАН, 620990, Россия, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 16. E-mail: avkim@imm.uran.ru

Belov Aleksei Andreevich, Researcher, Institute of Mathematics and Mechanics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. S. Kovalevskoi, 16, Yekateriburg, 620990, Russia

Kim Arkadii Vladimirovich, Doctor of Physics and Mathematics, Head of the Research Group, Institute of Mathematics and Mechanics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. S. Kovalevskoi, 16, Yekateriburg, 620990, Russia

<sup>1</sup>Работа выполнена при поддержке программы президиума РАН «фундаментальные науки — медицине», РФФИ (проекты 09-100141, 10-01-00377) и Урало-сибирского междисциплинарного проекта.