

УДК 517.91

## НОВЫЙ МЕТОД ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РАКЕТОНОСИТЕЛЕЙ, КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И РЕШЕНИЯ НАУЧНОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Воронин В. В., Рожков В. А., Шулепов А. И., Степанцов И. С.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

В результате проведённых исследований разработан новый метод численного моделирования движения ракетносителей, космических аппаратов и решения некоторых научно-технических задач. Введены понятия: «Мажорантная сетка», «Расчётный шаг». Каждый последующий шаг начинается в середине прошедшего расчётного шага. Решение ОДУ строится по информации прошедшего и текущего расчётных шагов и уточняется на каждом шаге. Метод на двадцать пять процентов по времени работает быстрее относительно метода Рунге-Кутты четвёртого порядка точности. На рис. 1,2 приведены: вид мажорантной сетки с расчётным ( $H$ ) и заданным ( $h$ ) шагами и иллюстрация положения точек расчёта производных ( $K_i$ ) на шаге.

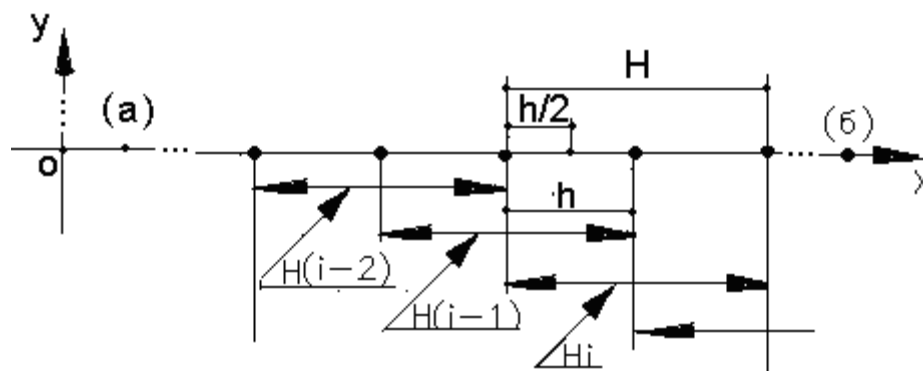


Рис. 1. Иллюстрация мажорантной сетки

Обозначения: ОДУ – обыкновенные дифференциальные уравнения,  
РК-4 – классический метод численного решения ОДУ, СК-3 – метод численного решения ОДУ.

Многokратное обращение на шаге к правым частям ОДУ приводит к увеличению времени решения задачи, округлению результатов многократного выполнения арифметических операций, затрудняет процесс разработки цифровой системы управления в плане диспетчирования. Новый метод СК3 (алгоритм решения ОДУ) имеет вид:

$$Y = Y_0 + H \cdot (1/6 K_1 + 2/3 \cdot K_2 + 1/3 K_3^* + 1/6 \cdot K_4^*)$$

Производные  $K_3^*$  и  $K_4^*$  уточняются на каждом шаге по предварительному решению ОДУ.

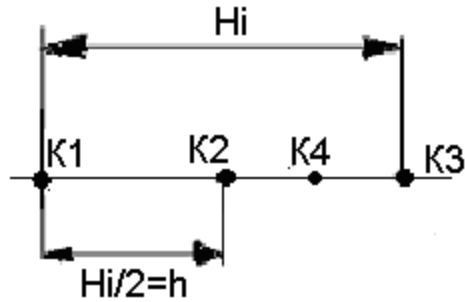


Рис.2. Иллюстрация положения производных на расчетном шаге

Оценка метода. Имеем дифференциальное уравнение вида:  $Y'-1 + Y = 0$  на отрезке  $[0, 1]$ . Аналитическое решение:  $Y=1+e^x$  Начальные условия:  $X_0 = 0, Y(x_0) = 2$ .

Таблица 1- численная оценка метода СК3.

Метод решения	Шаг интерприрования	Результаты решения в узловых точках		
		0,2	0,6	1,0
Аналитический	—	1,8187307	1,5488116	1,3678794
РК-4	$h=0,0025$	1,8187307	1,5488116	1,3678795
СК-3	$H=0,005$	1,8187307	1,5488116	1,3678795

Таблица 2. Оценка метода СК3 по быстродействию.

Метод численного решения ОДУ	Число обращений к правой частям ОДУ на интервале 5400 сек. с шагом $h=15$ сек.	Примечание
РК-4	1440	-
СК-3	1084	-

Вывод: Рекомендуется использовать численный метод СК-3.

#### Библиографический список

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы. Учеб. пособие для вузов [Текст]/ Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков // М.: Гл. ред. физ-мат лит. – 1987. -600с.
2. Хайрер, Эрнст. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. [Текст]/ Э. Хайрер, С. П. Нёрсетт, Г. Ваннер// М: Мир - 1990.- 512с.- ISBN 5-03-001179-X.
3. Березин, И. С. Методы вычислений: учеб. пособие для вузов [Текст]/ И. С. Березин, Н. П. Жидков// 2-е изд., перераб. М.: Физматгиз. - Т2. – 1962.- 639с.