**УДК 008**

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Тимофеев К.А., бакалавр

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Космический»

[KirillTimof33ff@yandex.](mailto:ivanovaii@mail.com)ru

Научный руководитель: Чернова Т.В., ст. преп.

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Высшая математика и физика»

Рассматривая задачу трёх тел (задача Аренстрофа) - эксперимента по проектированию траектории полёта тела по орбитам Луны и Земли(также может встретиться более популярная форма задачи в телах Солнца, Земли и Луны) -, можно вывести несколько интересных закономерностей в численном решении определённых интегралов с заданной точностью. Задача не имеет точного решения, однако уже множество раз в отечественной и зарубежной литературе эксперимент был поставлен успешно и найдены оптимальные начальные условия для желаемого решения системы дифференциальных уравнений, построенной Аренстрофом. Иначе говоря, задачу следует рассматривать как удобную почву для разрешения вопрос оптимизации алгоритмов счисления, исследования численных методов для дифференциальных систем и прочих задач на стыке информатики и математики.

Так, например, метод Эйлера по решению системы дифференциальных уравнений в численном виде не даёт желаемых результатов и явно показывает себя не удовлетворительным для характерных задач, хотя и является наиболее распространённым и удобным с точки зрения численных методов, вычислительных алгоритмов, инженерии и многих других областей. Всё дело в том, что в системы задачи трёх тел является достаточно сложной с точки зрения математики и требует к себе хирургически точного подхода. В поставленном автором эксперименте метод Эйлера используется только в интересах сравнения.

Успешной альтернативой же является продолжение идеи Эйлера в методе Рунге-Кутты 4-ого порядка. Являясь, что не требует доказательства, более точным, а, следовательно, более подходящим к задаче, метод Рунге-Кутты даёт отличные результаты решения системы дифференциальных уравнений системы трёх тел при точностях выше 1е-2.

Однако предыдущий абзац показывает лишь общеизвестные и достаточно популярные идеи. В работе автор не сводится только к описанию алгоритмов вычисления решения системы, а пытается найти объективно удобное и эффективное решение, оптимизированное как в интересах математической точности, так и вычислительной мощности. Для этого выводятся четыре различных решения системы:

* Решение методом Эйлера с постоянным шагом интегрирования
* Решение методом Эйлера с адаптивным шагом интегрирования
* Решение методом Рунге-Кутты с постоянным шагом интегрирования
* Решение методом Рунге-Кутты с адаптивным шагом интегрирования

Под постоянным шагом разумеется подразумевается типичным метод интегрирования с заданным шагом, которым разбивается область интегрирования, в данном случае пространство времени, заданное как период полного облёта телом Луны и Земли. Под адаптивным шагом же понимается алгоритм подбора эффективного шага, сокращающего количество шагов вычисления и не понижающего точность при этом. Важно заметить, что в таких сложных задачах как моделирование космического полёта просто необходимо использование подобных алгоритмов, так как в областях сильного притяжения скорость тела изменятся гораздо быстрее и неравномернее, чем в областях удалённых от тел больших масс.

По результатом всех испытаний были выведены графики траекторий космического полёта при различных заданных требованиях к точности. Анализируя их можно подтвердить вышеизложенные тезисы касаемо использованных методов, а также доказать, что алгоритм адаптивного шага достаточно корректно написан, чтобы не допустить потерь в точности вычислений. Также проведены испытания расчёта Рунге-Кутты 4-ого порядка на адаптивном шаге интегрирования в пространстве точностей от 1е-2 до 1е-5, благодаря чему выведены точные оценки наиболее оптимального решения задачи, куда входит: минимальное количество ошибок выбора шага, минимальное количество полезных шагов вычисления, максимальная точность решения.

Список литературы

1. Д.Е. Охоцимский, Ю.Г. Сихарулидзе, Основы механики космического полёта. М.: Изд-во «НАУКА» 1990. 448с.
2. Principles of Flight for PPL and Beyond (Skills for Flight) (v. 5) L.: Oxford Aviation Training, 2007. 482p.
3. Р. Грэхэм, Д. Кнут, О. Пташник, Конкретная математика. Основание Информатики, в переводе Б.Б. Походзея, А.Б. Ходудёва. М.: Изд-во Мир, 1998. 703 с.