

Они составили содержание статьи, отправленной в печать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черчиньяни К. Теория и приложения уравнения Больцмана. – М.: Наука, 1978. – 496 с.
2. Коган М. Н. Динамика разреженного газа. – М.: Наука, 1967. – 440 с.
3. Гордевский В. Д., Сазонова Е.С. Континуальный аналог бимодальных распределений. // Теорет. и мат. физ. – 2012. – т. 171, №3. – С. 483–492.
4. Гордевский В. Д. Двухпотокное распределение с винтовыми модами // Теорет. и мат. физ. – 2001. – т. 126, №2. – С. 283–300.

### ОПТИМАЛЬНЫЕ ПЕРЕЛЕТЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ЯДЕРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ БОЛЬШОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ ТЯГИ

*\*Дехтярь А. Т., Харитонов О.М.*

Международный математический центр НАНУ,  
Украина,  
Киевский национальный университет  
им. Т. Шевченка, Украина

Расчет маневров на активных участках для двигателей большой тяги традиционно проводят в соответствии с подходом импульсной аппроксимации. Полагают, что на активных участках скорость КА изменяется мгновенно при конечном расходе рабочего тела и неограниченном возрастании силы тяги. Следовательно, полагают, что траектории на активных участках вырождаются в точки, в которых происходит мгновенный переход КА с одной траектории пассивного движения на другую.

Для двигателей нового поколения (ядерные ракетные двигатели) в связи с малыми значениями их тяговооруженности подход ИА неприемлем.

В данной работе сформулирована и проанализирована общая проблема оптимизации параметров, управлений и траекторий КА с ЯРД в постановке ограниченной тяги и применении принципа максимума Понтрягина. При этом используется математическая модель ЯРД [1], учитывающая реальные особенности таких систем, а именно: ограниченность скорости истечения (температурные ограничения) и сравнительно малую тяговооруженность (ограничения по мощности), приводящую к некорректности использования классического подхода импульсной аппроксимации. Результаты предложенного подхода проиллюстрированы на примере оптимизации межпланетного перелета Земля-Марс, выполняемого по схеме перелета Гомана. Соответствующий результат обобщает решение [3] на случай эллиптических орбит.

Применение принципа максимума Понтрягина приводит к необходимости решения двухточечной задачи Коши со всеми известными сложностями, связанными с необходимостью построения начальных приближений для решения задачи методом пристрелки. В данной работе предложена

методика улучшения точности расчета начальных приближений сопряженных функций, выполняемого по правилу пересчета импульсных решений Ильина-Кузмука [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Харитонов А.М. Оптимизация межпланетных траекторий космических аппаратов с двухрежимными ядерными ракетными двигателями. // Проблемы управления и информатики. – 2009. – №4. – С.126–141.
2. Ильин В.А., Кузмяк Г.Е. Оптимальные перелеты космических аппаратов с двигателями большой тяги. – М.: Наука, 1976. – 744 с.
3. Azimov, D.M. and Bishop, H.R., Optimal Transfer between Circular and Hyperbolic Orbits using Analytical Maximum-Thrust Arcs. // Adv. Astronautic Sci. – 2002. –v. 112. –P. 671–689.

### ИНТЕГРИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ КВАЗИРАВНОМЕРНО СХОДЯЩИХСЯ ПОЧТИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

*Димитрова-Бурлаенко С. Д.*

Национальный Технический Университет «ХПИ»  
Харьков, Украина

Рассмотрена последовательность почти периодических [2] функций  $\{f_n(t)\}_{n=1}^{\infty}$ , заданных на оси, со значениями в пространстве Фреше  $Y$ .

**Определение.** [3] Последовательность функций  $\{f_n(t)\}_{n=1}^{\infty}$  квазиравномерно сходится по всем подпоследовательностям к функции  $f(t)$ , если:

1. она сходится поточечно к функции  $f(t)$ ;
2. для любых  $\varepsilon > 0$  и индекса  $N$  найдется индекс  $M$ , так что

$$\min_{N \leq k \leq M} \rho(f_k(t), f(t)) < \varepsilon, \quad \forall t \in (-\infty; \infty),$$

и это условие справедливо для любой подпоследовательности данной последовательности.

Получен следующий результат:

**Теорема:** Если модули показателей Фурье всех почти периодических функций  $f_n(t)$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$  отделены от нуля одним и тем же числом, последовательность  $\{f_n(t)\}_{n=1}^{\infty}$  равномерно ограничена и квазиравномерно сходится к  $f(t)$  по всем подпоследовательностям, то последовательность интегралов  $\int_0^x f_n(t) dt$  квазиравномерно

сходится к  $\int_0^x f(t) dt$  и все интегралы являются почти периодическими функциями.

Построен пример, в котором последовательность числовых почти периодических функций сходится равномерно, интегралы от этих функций

равномерно ограничены и являются почти периодическими функциями, но последовательность интегралов не сходится равномерно. Этот пример показывает, что условие ограниченности от нуля показателей Фурье функций существенно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Димитрова-Бурлаенко С. Д. Необходимые и достаточные условия сходимости почти периодических функций. Сборник статей по результатам международной конференции Тараповские чтения 2012: «Современные проблемы математики, механики и информатики» – ХНУ имени В. Н. Каразина. Механико-математический факультет: Изд-во „Апостроф”, 2012.
2. Левитан Б.М., Почти периодические функции. – М., Гостехиздат, 1953, 397с.
3. Sirvint G. Weak compactness in Banach spaces, *Studia Math.*, 11, 71–94 (1949).

### РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ КОМПАНЕЙЦА ДЛЯ ТОЧЕЧНОГО НЕЦЕНТРАЛЬНОГО ВЗРЫВА В СФЕРИЧЕСКИ СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ СРЕДЕ СО СТЕПЕННЫМ ЗАКОНОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ

Донец (Карнаушенко) А.В.

Радиоастрономический институт НАН Украины,  
Харьков

Эволюция остатков сверхновых (ОСН) и их взаимодействие с неоднородностями межзвездной среды (МЗС) представляет интерес в связи с различными физическими процессами, происходящими в области взаимодействия, и интенсивно изучается в радио, оптическом, рентгеновском и гамма диапазоне [1]. Рентгеновское и гамма-излучение от ОСН может возникать в результате нагрева плазмы ударными волнами, за счет синхротронного механизма, обратного комптоновского рассеяния, неупругих протон-протонных столкновений. Предположительным механизмом мощных гамма-всплесков может быть направленный выброс вещества при взрыве ОСН. Изучение морфологии остатков в различных диапазонах длин волн позволяет делать выводы о взаимодействии ОСН с неоднородностями МЗС и о нецентральности взрыва звезды-предка. Используем уравнение Компанейца (УК) для ударного фронта (УФ) от сильного взрыва в плоско стратифицированной среде ( $\phi(z)$  – закон изменения плотности)

$$\left(\frac{\partial r}{\partial y}\right)^2 - \frac{1}{\phi(z)} \left[ \left(\frac{\partial r}{\partial z}\right)^2 + 1 \right] = 0, \quad (1)$$

где  $r = r(z, y)$  описывает ударный фронт в цилиндрических координатах как функцию  $z$  и «времени» Компанейца  $y$  [2,3].

В [2,3] получено полное аналитическое решение УК для плотности среды, изменяющейся по закону гиперболического тангенса. Это позволило

восстановить УФ и исследовать его эволюцию для различных значений положения точки взрыва  $z_0$ , перепада плотностей  $\gamma = \sqrt{(\alpha - \beta)/(\alpha + \beta)}$  и масштаба неоднородности  $z_*$ . Решение содержит в себе многочисленные частные случаи распределения плотности, рассмотренные ранее (см. ссылки в [2,3]).

Воспользуемся тем, что преобразование  $z = z_0 \ln(R/a)$  [4] позволяет перейти от известного решения при плоской стратификации к решению для нецентрального взрыва при определенной сферической стратификации. В нашем случае закон изменения плотности  $\psi(R)$  для такого решения будет иметь вид:

$$\psi(R) = \alpha \frac{z_0^2}{R^2} - \beta \frac{z_0^2}{R^2} \left( \left( \frac{R}{a} \right)^{2z_0} - 1 \right) \left( \left( \frac{R}{a} \right)^{2z_0} + 1 \right)^{-1}$$

где  $R = a$  – положение точки взрыва в среде со сферической стратификацией.

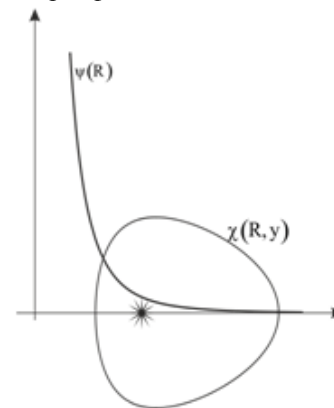


Рис.1. Пример распределения плотности среды и формы фронта при сферической стратификации для нецентрального взрыва.

Общий интеграл уравнения (1) получается методом построения огибающей частных решений, полученных методом разделения переменных. Интегрируя с учетом условия сферичности волны на малых временах и применяя преобразование  $z = z_0 \ln(R/a)$  мы получаем выражения для УФ в сферических координатах (ср. работы Кориканского, цитируемые в [4]) в параметрическом виде (см. рис), где  $\chi = \chi(R, y)$  описывает УФ в сферических координатах.

Полученное решение позволяет восстановить УФ во всех областях и исследовать его эволюцию при любых значениях параметров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. VinkJ. Supernova remnants: the X-ray perspective. // *The Astronomy and Astrophysics Review* – 2012. – v.20. – I. 1.
2. Банникова Е.Ю., Карнаушенко А.В., Конторович В.М. Шульга В.М., Новое точное решение