где $\mu_i(x) = \exp\{2\bar{u}_{oi}x\}$, $i = 1,2$.

Следствие:*Пусть в формуле (2) параметры* n_i, $i = 1,2$ *удовлетворяют неравенству* $n_i \geq 1$. *Кроме этого, пусть выполняется дополнительное условие* $\bar{u}_i \perp \bar{v}_i$, $i = 1,2$, *и сохраняется предположение (1). Представим* ψ_i *в следующем виде:* $\psi_i = C_i(x - \bar{v}_i t)$ *или* $\psi_i = C_i\left(\left[x \times \bar{v}_i\right]\right)$, $i = 1,2$, *где* $C_i \geq 0$ *– финитные гладкие функции.*

Тогда: 1) если C_1, C_2, $\bar{v}_1$, $\bar{v}_2$ *удовлетворяют следующим условиям* $\operatorname{supp} C_1 \cap \operatorname{supp} C_2 = \varnothing$ *или* $\bar{v}_1 = \bar{v}_2$, *то* $\lim\limits_{\beta_1,\beta_2 \to +\infty} \tilde{\Delta} = 0$;

2) при произвольных C_1, C_2, $\bar{v}_1$, $\bar{v}_2$ *имеем* $\lim\limits_{d \to 0} \lim\limits_{\beta_i \to +\infty, i=1,2} \tilde{\Delta} = 0.$

ЛИТЕРАТУРА

1. Черчиньяни К. Теория и приложения уравнения Больцмана. – М.: Мир, 1978. – 495 с.
2. Gordevskyy V.D., Andriyasheva N.V. Interaction between «accelerating-packing» flows in a low-temperature gas. // Math. Phys., Anal., Geom. – 2009. – v. 5, No. 1.–P. 38–53.
3. ГордевськийВ.Д., ЛемешеваН.В. Перехіднийрежимміж течіями типу «прискорення-згущення». // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2010. – №931. – С.49–58.

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ ПРИБЛИЖЕННЫХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ БОЛЬЦМАНА

*Гордевский В. Д., *Сазонова Е. С.*

Харьковский национальный университет
имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина.

Для описания взаимодействия между потоками газа из твердых сфер используется нелинейное интегро-дифференциальное Больцмана. Единственными известными точными решениями для модели твердых сфер являются глобальные и локальные максвеллианы, характеризующее газ, находящийся в равновесии. В связи с этим возникает интерес к поиску приближенных явных решений нелинейного уравнения Больцмана, удовлетворяющих ему лишь с произвольной степенью точности.

Само уравнение Больцмана для модели твердых сфер [1–3] имеет вид:

$$D(f) = Q(f,f), \tag{1}$$

$$D(f) = \frac{\partial f}{\partial t} + v\frac{\partial f}{\partial x}, \tag{2}$$

$$Q(f,f) = \frac{d^2}{2}\int\limits_{R^3} dv_1 \int\limits_{\Sigma} d\alpha\, |(v - v_1, \alpha)| \times \\ \times[f(t,v_1',x)f(t,v',x) - f(t,v_1,x)f(t,v,x)] \tag{3}$$

В работе [3] был предложен новый подход к поиску явных приближенных решений уравнения (1)–(3), а именно континуальный вид функции распределения. При этом предполагается, что массовая скорость максвеллиана принимает не фиксированные дискретные значения, а становится произвольным параметром, принимающим любые значения из R^3.

Целью данной работы является изучение поведения континуального распределения, в которое входят локальные максвеллианы частного вида, описывающие винтообразные стационарные равновесные состояния газа (или просто винты). Каждый такой максвеллиан задается формулой [4]

$$M(v,u,x) = \rho_0 e^{\beta\omega^2 r^2}\left(\frac{\beta}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\beta(v-u-[\omega\times x])^2}, \tag{4}$$

Будем рассматривать континуальное распределение следующего вида:

$$f = \int\limits_{R^3} \phi(t,x,u)M(v,u,x)du, \tag{5}$$

Предполагается, что коэффициентная функция $\phi(t,x,u)$ является неотрицательной и принадлежащей $C^1\left(R^7\right)$. Требуется найти такие функции $\phi(t,x,u)$ и такое поведение всех имеющихся параметров, чтобы интегральная невязка Δ_1, которая имеет вид

$$\Delta_1 = \int\limits_{R^1} dt \int\limits_{R^3} dx \int\limits_{R^3} |D(f) - Q(f,f)|\, dv, \tag{6}$$

стремилась при этом к нулю.

Для удобства положим:

$$\phi(t,x,u) = \psi(t,x,u)e^{-\beta\omega^2 r^2}, \quad i = 1,2, \tag{7}$$

где функции $\psi(t,x,u)$ гладкие и неотрицательные.

Теорема.*Пусть выполнены условия (4) и (7), а также*

$$\omega = \frac{\omega_0 s}{\beta^k}, \tag{8}$$

где $s > 0$ *– любая постоянная величина,* ω_0 *– произвольный фиксированный вектор. Тогда, если следующие функции принадлежат пространству* $L_1(R^7)$*:*

$$\psi,\ |u|\psi,\ \frac{\partial\psi}{\partial t},\ \frac{\partial\psi}{\partial x}, \\ u\frac{\partial\psi}{\partial x},\ \left|[\omega_0 \times x]\right|\psi,\ \left([\omega_0 \times x], \frac{\partial\psi}{\partial x}\right), \tag{9}$$

то определенная в соответствии с (6) величина Δ_1 *имеет смысл и существует такое* Δ_1', *что* $\Delta \leq \Delta_1'$. *Причем, если* $1/2 < k \leq 1$, *то существует конечный предел*

$$\lim_{\beta\to+\infty} \Delta_1' = \int\limits_{R^1} dt \int\limits_{R^3} dx \left[\rho \int\limits_{R^3} \left|\frac{\partial\psi}{\partial t} + u\frac{\partial\psi}{\partial x}\right| du + \right. \\ \left. +2\pi^3 d^2 \rho^2 \int\limits_{R^6} \psi(t,x,u_1)\psi(t,x,u_2)\,|u_1 - u_2|\, du_1 du_2 \right]$$

Получены некоторые достаточные условия стремления невязки Δ_1 к нулю, которые оформлены в виде следствия из теоремы.

Все полученные результаты являются новыми и могут быть использованы при исследовании неравновесных состояний в газе из твердых сфер.

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. Двухпотоковое 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., Кузмак Г.Е. Оптимальные перелеты космических аппаратов с двигателями большой тяги. – М.: Наука, 1976. – 744 с.
3. Azimov, D.M. andBishop, H.R., OptimalTransferbetweenCircularandHyperbolicOrbitsusingAnalyticalMaximum-ThrustArcs. // Adv. AstronauticSci. – 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 Nнайдется индекс M, так что*

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

и это условие справедливо для любой подпоследовательности данной последовательности.

Получен следующий результат:

Теорема: *Если модули показателей Фурье всех почти периодических функций* $f_n(t),\ n = 1,2,3,\ldots$ *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