

оптимизации. Ч. 1: Линейные задачи. – Минск: Университетское, 1984.

9. Тятюшкин А.И. Параллельные вычисления в задачах оптимального управления // Сиб. журн. вычисл. математики. 2000. Т. 3, № 2. С. 181-190.

ДИСПЕРСИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ИОНО-МАГНИТОСФЕРЫ, ПОМЕЩЕННОЙ В ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ И СВЧ-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Шестакова Ольга Владимировна

Кандидат технических наук, доцент

МАИ (национальный исследовательский университет)

Москва

DISPERSION EQUATIONS OF POTENTIAL OSCILLATIONS OF THE ION-MAGNETOSPHERE, PLACED IN A PERMANENT MAGNETIC AND MICROWAVE ELECTRIC FIELD

Shestakova Olga Vladimirovna

Candidate of technical Sciences, associate Professor

MAI (national research University),

Moscow

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.1.54.188](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.1.54.188)

Аннотация

В данной статье приводится теоретическое обоснование дисперсионного уравнения потенциальных колебаний ионо-магнитосферы. Это уравнение необходимо для решения актуальной научно-технической задачи по разработке вероятностно-статистического метода моделирования явлений переноса в многокомпонентной, помещенной СВЧ-электрической поле.

Abstract

This article provides a theoretical justification for the dispersion equation of the potential vibrations of the ion-magnetosphere. This equation is necessary for solving the urgent scientific and technical problem of developing a probabilistic-statistical method for modeling transport phenomena in a multicomponent, placed microwave electric field.

Ключевые слова: ионо-магнитосфера, параметры ионо-магнитосферы, радиолокационный импульс, авроральные неоднородности.

Keywords: ion-magnetosphere, state ion-magnetosphere parameters, radar pulse, auroral inhomogeneities.

Расширение масштабов задач, решаемых обеспечивающими космическими системами, а также перспективные планы широкомасштабного использования космоса для размещения ударных систем, решающих задачи поражения наземных, воздушных и космических объектов требуют совершенствования методов и алгоритмов, используемых для обработки траекторных измерений с целью повышения их достоверности и точности определения траекторных параметров движения цели ведет к решению различных научно-технических задач.

Особый интерес представляет собой решение актуальной научно-технической задачи по разработке вероятностно-статистического метода моделирования явлений переноса в многокомпонентной, помещенной СВЧ-электрической поле, построению и анализу на основе полученных результатов математической модели влияния ионо-магнитосферы на характеристики систем электронной техники,

имеющей существенное значение для повышения эффективности функционирования РЛС, широкомасштабного использования космоса для решения различных задач связи, а также для обработки траекторных измерений с целью повышения их достоверности и точности определения траекторных параметров движения различных летательных аппаратов (цели).

Одним из этапов решения поставленной задачи является теоретическое обоснование дисперсионного уравнения потенциальных колебаний ионо-магнитосферы, полученных из бесконечной системы уравнений типа Вольтера для сверх-высокочастотного электрического поля с частотой превосходящей собственные частоты среды.

Для обоснования дисперсионного уравнения потенциальных колебаний многокомпонентной ионо-магнитосферы в качестве исходного пункта используем уравнение Пуассона.

$$\operatorname{div} \delta \vec{E} = 4\pi \sum_{\alpha} \delta n_{\alpha}, \quad (1)$$

где в правой части фигурирует возмущение плотности заряженных частиц, а в левой - возмущение потенциального электрического поля.

$$\delta \vec{E} = -i \sum_{\vec{k}_1 \omega_1 n} \vec{k} \delta \Phi^{(n)} \exp\{-i(\omega + n\omega_0) + i\vec{k}\vec{r}\} \quad (2)$$

где $\delta \Phi^{(n)}$ -амплитуда возмущения электрического потенциала. Возмущение плотности заряженных частиц под воздействием потенциального поля волны

$$\frac{4\pi e_e}{k^2} \delta \tilde{n}_e^{(n)} = -\delta \varepsilon_e^{(n)} \sum_{s=-\infty}^{+\infty} J_{n-s}(a_E) \delta \Phi^{(s)} \quad (3)$$

$$\frac{4\pi e_\alpha}{k^2} \delta \tilde{n}_\alpha^{(n)} = -\delta \varepsilon_\alpha^{(n)} \delta \Phi^{(n)} \quad (4)$$

Для электронов ($\delta \tilde{n}_e^{(n)}$) и ионов ($\delta n_i^{(n)}$), полученные во втором разделе, а так же используем уравнение Пуассона (1)

$$\sum_{s=-\infty}^{+\infty} J_{n-s}(a_E) \delta \Phi^{(s)} = \frac{4\pi}{k^2} (e_e \delta \tilde{n}_e^{(n)} + \sum_{s=-\infty}^{+\infty} J_s(a_E) e_\alpha \delta n_\alpha^{(s)}) \quad (5)$$

записанные относительно возмущения потенциальных колебаний ионо-магнитосфере в потенциала $\delta \Phi^{(n)}$ представляет собой систему однородных уравнений, условие разрешимости которой определяет дисперсионное уравнение для СВЧ – электрическом поле. Упростим систему (3.) – (5), подставим значения для возмущения потенциала из (3), (4)

$$\begin{cases} -\delta \tilde{\rho}_e^{(n)} = -(\delta) \varepsilon_e^{(n)} + \sum_{s=-\infty}^{+\infty} \sum_\alpha J_{n-s}(a_E) \delta \rho_\alpha^{(s)} \\ -\delta \tilde{\rho}_\alpha^{(n)} = -(\delta) \varepsilon_\alpha^{(n)} (\sum_{s=-\infty}^{+\infty} J_{s-n}(a_E)) \delta \tilde{\rho}_\alpha^{(s)} + \sum_\alpha \delta \rho_\alpha^{(n)} \end{cases} \quad (6)$$

где $\delta \tilde{\rho}_e = e_e \delta \tilde{n}_e$ - возмущение плотности заряда ионов, $\delta \rho_e = e_e \delta n_e$ - возмущения плотности зарядов ионов сорта α .

Таким образом (6) представляет собой бесконечную систему алгебраических уравнений типа Вольтера.

Рассмотрим сверхвысокочастотное поле $\vec{E}_0(t)$, считая, что частота ω_0 много больше всех характерных плазменных частот. Поэтому $\delta \varepsilon_{e\alpha}(\omega + n\omega_0) = 0$ при $n \neq 0$. Поэтому система (6) для случая двухкомпонентной системы сводится к двум уравнениям

$$\begin{cases} \rho_e^{(0)} = -\delta \varepsilon_e^{(0)} [\rho_e^{(0)} + J_0(a_E) \rho_\alpha^{(0)}] \\ \rho_\alpha^{(0)} = -\delta \varepsilon_\alpha^{(0)} [\rho_\alpha^{(0)} + J_0(a_E) \rho_e^{(0)}] \end{cases} \quad (7)$$

представляющих собой дисперсионное уравнение электростатических колебаний плазменной среды во внешнем поле.

В высокочастотном пределе, когда фазовая скорость колебаний намного больше тепловых

скоростей носителей ($\omega \gg kV_{Te}$) дисперсионное соотношение (7) приводит в случае среды без магнитного поля к биквадратному уравнению относительно ω , содержащему два корня

$$\begin{cases} \omega_1^2 = \omega_{Le}^2 + \omega_{Li}^2 J_0^2(a_E) \\ \omega_2^2 = \omega_{Li}^2 (1 - J_0^2(a_E)) \end{cases} \quad (8)$$

Первый из них представляет слабое искажение спектра высокочастотных электронных ленгмюровских колебаний холодной плазмы; второй описывает новый спектр, который получил название электрический звук.

В случае трехкомпонентной ионо-магнитосферы, состоящей из электронов и двух сортов ионов дисперсионное уравнение будет иметь следующий вид:

$$(1 + \delta \varepsilon_e^{(0)} + \delta \varepsilon_{i_1}^{(0)} + \delta \varepsilon_{i_2}^{(0)}) + \delta \varepsilon_e^{(0)} (\delta \varepsilon_{i_1}^{(0)} + \delta \varepsilon_{i_2}^{(0)}) (1 - J_0^2(a_E)) = 0 \quad (9)$$

Здесь $\delta \varepsilon_e^{(0)}, \delta \varepsilon_{i_1}^{(0)}, \delta \varepsilon_{i_2}^{(0)}$ - парциальные коэффициенты диэлектрической проницаемости электронов (e) и двух сортов ионов (i_1 и i_2).

Приведенное теоретическое исследование в дальнейшем позволяет решить следующие задачи:

рассчитать влияние сильного СВЧ - электрического поля на потенциальные колебания многокомпонентной горячей ионо-магнитосферы, получить спектры и декременты затухания потенциальных колебаний в низкочастотной

области спектра колебаний, рассчитать влияние СВЧ-электрического поля на потенциальные колебания многокомпонентной холодной ионосферы, получить собственную частоту и декременты затухания в высоко- и низкочастотной областях спектра, что приведет к решению актуальной научно-технической задачи по разработке вероятностно-статистического метода моделирования явлений переноса в многокомпонентной, помещенной СВЧ-электрической поле.

Литература:

1. Annual Report 1980-81. // Geophys.Inst.Univ. - Alaska Fairbanks,1982
2. Hunsucker R.D., Romic G.I., Ecklung W.L. // Structure and dynamics of ionization and auroral luminosity during the auroral evens of March 16,1972. - Radio Sci.,1975,v.10.№8/9. - P.813-820.
3. Акасофц С.И., Чепмен С. Солнечно - земная физика. - М.:Мир,1975. - 509с.
4. Беспрозванный А.С., Горбушина Г.Н. Морфология возмущенной ионосферы высоких широт. - Гидрометеиздат,1965. - 123с.
5. Дриацкий В.М., Смирнов В.Б., Ходжа-Ахмедов Ч.Л. Инструкция по обработке записей интенсивности космического радиоизлучения. - 1965,34с.
6. Александров А.Ф., Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Колебания и волны в плазменных средах. - М.:Московский университет,1990. - 271с.
7. Шестакова О.В. Характеристики основных параметров модели ионо-магнитосферы, определяющих динамику распространения радиолокационного импульса //ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ) Ежемесячный научный журнал № 9(42), 1 часть, 2017.- 77-80с.
8. Шестакова О.В. Дисперсионные уравнения потенциальных колебаний ионо-магнитосферы, помещенной в постоянное магнитное и СВЧ-электрическое поле //НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ "CHRONOS" ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ СБОРНИК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ XXXI Международная научная конференция «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы», 13 июля 2018ю- 33-37с.