УДК 514.75

Ю. И. Попов

ПОСТРОЕНИЕ НОРМАЛИЗАЦИЙ НОРДЕНА *L*-, *E*-ПОДРАССЛОЕНИЙ $\mathcal{SH}$-РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА

Дано построение полей внутренних нормалей 1-го и 2-го рода Нордена L-, E-подрасслоений специального класса ($\mathcal{SH}$-распределения) регулярных трехсоставных распределений ($\mathcal{H}$-распределений) проективного пространства.

Norden 1st and 2nd kind inner normals of the L-, E-subbundle of a special class ($\mathcal{SH}$-distribution) of the regular threefold distributions ($\mathcal{H}$-distributions) of the projective space are constructed.

Ключевые слова: распределение, подрасслоение, квазинормаль, сопряженная система плоскостей, нормаль, нормализация.

Key words: distribution, subbundle, quasinormal, adjoint surface system, normal, normalization.

В статье использована схема индексов и терминология работ [1; 2].

1. Известно [2], что сильно сопряженное трехсоставное распределение проективного пространства ($\mathcal{SH}$-распределение) задается в репере 1-го порядка R_1 уравнениями

$$\omega_p^n = \Lambda_{p\hat{q}}^n \omega_0^{\hat{q}}, \ \ \omega_p^\alpha = \Lambda_{p\hat{A}}^\alpha \omega_0^{\hat{A}}, \ \ \omega_\alpha^p = \Lambda_{\alpha\hat{A}}^p \omega_0^{\hat{A}},$$

$$\omega_i^n = \Lambda_{i\hat{j}}^n \omega^{\hat{j}}, \ \ \omega_p^i = \Lambda_{p\hat{a}}^i \omega_0^{\hat{a}}, \ \ \omega_i^p = \Lambda_{i\hat{a}}^p \omega_0^{\hat{a}},$$

$$\omega_\alpha^n = \Lambda_{\alpha\hat{\beta}}^n \omega_0^{\hat{\beta}}, \ \ \omega_i^\alpha = \Lambda_{i\hat{v}}^\alpha \omega_0^{\hat{v}}, \ \ \omega_\alpha^i = \Lambda_{\alpha\hat{v}}^i \omega_0^{\hat{v}},$$

где компоненты фундаментального объекта второго порядка $\Gamma_2 = \{\Gamma_1;\ \Lambda_{\alpha\hat{A}}^p,\ \Lambda_{i\hat{a}}^p,\ \Lambda_{\alpha\hat{v}}^i\}$ удовлетворяют уравнениям

$$\nabla\Lambda_{pq}^n + \Lambda_{pq}^n \omega_0^0 = \Lambda_{pqL}^n \omega_0^L,$$
$$\nabla\Lambda_{pn}^n + \Lambda_{pn}^n \omega_0^0 - \Lambda_{pq}^n \omega_n^q - \omega_p^0 = \Lambda_{pnL}^n \omega_0^L,$$
$$\nabla\Lambda_{ij}^n + \Lambda_{ij}^n \omega_0^0 = \Lambda_{ijL}^n \omega_0^L,$$
$$\nabla\Lambda_{in}^n + \Lambda_{in}^n \omega_0^0 - \Lambda_{ij}^n \omega_n^j - \omega_i^0 = \Lambda_{inL}^n \omega_0^L,$$
$$\nabla\Lambda_{\alpha\beta}^n + \Lambda_{\alpha\beta}^n \omega_0^0 = \Lambda_{\alpha\beta L}^n \omega_0^L,$$

$$\nabla\Lambda^n_{\alpha n}+\Lambda^n_{\alpha n}\omega^0_0-\Lambda^n_{\alpha\beta}\omega^\beta_n-\omega^0_\alpha=\Lambda^n_{\alpha nL}\omega^L_0,$$
$$\nabla\Lambda^\alpha_{p\hat{A}}+\Lambda^\alpha_{p\hat{A}}\omega^0_0+\Lambda^n_{p\hat{q}}\delta^{\hat{q}}_{\hat{A}}\omega^\alpha_n-\delta^\alpha_{\hat{A}}\omega^0_p=\Lambda^\alpha_{p\hat{A}L}\omega^L_0,$$
$$\nabla\Lambda^p_{\alpha\hat{A}}+\Lambda^p_{\alpha\hat{A}}\omega^0_0+\Lambda^n_{\alpha\hat{A}}\omega^p_n-\delta^p_{\hat{A}}\omega^0_\alpha=\Lambda^p_{\alpha\hat{A}L}\omega^L_0,$$
$$\nabla\Lambda^\alpha_{i\hat{v}}+\Lambda^\alpha_{i\hat{v}}\omega^0_0+\Lambda^n_{i\hat{j}}\delta^{\hat{j}}_{\hat{v}}\omega^\alpha_n-\delta^\alpha_{\hat{v}}\omega^0_i=\Lambda^\alpha_{i\hat{v}L}\omega^L_0,$$
$$\nabla\Lambda^i_{\alpha\hat{v}}+\Lambda^i_{\alpha\hat{v}}\omega^0_0+\Lambda^n_{\alpha\hat{v}}\omega^i_n-\delta^i_{\hat{v}}\omega^0_\alpha=\Lambda^i_{\alpha\hat{v}L}\omega^L_0,$$
$$\nabla\Lambda^i_{p\hat{a}}+\Lambda^i_{p\hat{a}}\omega^0_0+\Lambda^n_{p\hat{q}}\delta^{\hat{q}}_{\hat{a}}\omega^i_n-\delta^i_{\hat{a}}\omega^0_p=\Lambda^i_{p\hat{a}L}\omega^L_0,$$
$$\nabla\Lambda^p_{i\hat{a}}+\Lambda^p_{i\hat{a}}\omega^0_0+\Lambda^n_{i\hat{a}}\omega^p_n-\delta^p_{\hat{a}}\omega^0_i=\Lambda^p_{i\hat{a}L}\omega^L_0.$$

Имеет место теорема существования [2]:

Теорема 1. *В n-мерном проективном пространстве P_n $\mathscr{SH}$-распределение существует с произволом $2r(n-m-1)$ функций $(n-s)$ аргументов, $2rs$ функций $(m+1)$ аргументов и $2(n-m-1)(m-r)$ функций $(n-r)$ аргументов.*

2. Следуя работам [3—5], систему величин $\{K_\sigma\}$ назовем *квазинормалью* $\mathscr{SH}$-распределения, если в выбранном репере R_1 [2] при преобразованиях стационарной подгруппы элемента $\mathscr{SH}$-распределения имеем один из следующих законов преобразования величин $\{K_\sigma\}$:

$$\nabla_\delta K_\sigma+K_\sigma\pi^0_0=\varepsilon\Lambda^n_{\sigma\rho}\pi^\rho_n+\mu\pi^0_\sigma, \quad (1)$$
$$\nabla_\delta K_\sigma+K_\sigma\pi^0_0=\varepsilon\Lambda^n_{\rho\sigma}\pi^\rho_n+\mu\pi^0_\sigma, \quad (2)$$
$$\nabla_\delta K_\sigma+K_\sigma\pi^0_0=\varepsilon b^n_{\sigma\rho}\pi^\rho_n+\mu\pi^0_\sigma, \quad (3)$$

где ε, μ — константы, отличные от нуля; $b^n_{\sigma\rho}$ — симметрический тензор:

$$b^n_{\sigma\rho}=\frac{1}{2}(\Lambda^n_{\sigma\rho}+\Lambda^n_{\rho\sigma}),\ \nabla b^n_{\sigma\rho}+b^n_{\sigma\rho}\omega^0_0=b^n_{\sigma\rho K}\omega^K_0.$$

Заметим, что если в (1)—(3) σ положить равным p, i, α, v, a, A, то уравнения (1)—(3) задают квазинормали, соответствующие основным структурным подрасслоениям (Λ-, L-, E-, Φ-, M-, Ψ-подрасслоениям [2]) данного $\mathscr{SH}$-распределения. Каждая из трех типов квазинормалей устанавливает биекцию между нормалями 1-го и 2-го рода Нордена соответствующего основного структурного подрасслоения таким образом:

$$\text{а)}\ \nu^0_\sigma=-\frac{1}{\mu}(K_\sigma+\varepsilon\Lambda^n_{\sigma\rho}\nu^\rho_n),\ \nu^\rho_n=-\frac{1}{\varepsilon}\Lambda^{\rho\sigma}_n(K_\sigma+\mu\nu^0_\sigma), \quad (4)$$

если квазинормаль 1-го типа (1);

$$\text{б)}\ \nu^0_\sigma=-\frac{1}{\mu}(K_\sigma+\varepsilon\Lambda^n_{\rho\sigma}\nu^\rho_n),\ \nu^\rho_n=-\frac{1}{\varepsilon}\Lambda^{\sigma\rho}_n(K_\sigma+\mu\nu^0_\sigma), \quad (5)$$

если квазинормаль 2-го типа (2);

$$\text{в)}\ \nu_\sigma^0 = -\frac{1}{\mu}(K_\sigma + \varepsilon b_{\sigma\rho}^n \nu_n^\rho),\ \nu_n^\rho = -\frac{1}{\varepsilon} b_n^{\rho\sigma}(K_\sigma + \mu\nu_\sigma^0), \qquad (6)$$

если квазинормаль 3-го типа (3).

Используя результаты работ [1; 2], введем в рассмотрение в разных дифференциальных окрестностях квазинормали L-подрасслоения:

а) в окрестности 1-го порядка квазинормаль 1-го типа

$$K_i^1 = \Lambda_{in}^n \overset{def}{=} t_i,\ \nabla_\delta t_i + t_i \pi_0^0 = \Lambda_{ij}^n \pi_n^j + \pi_i^0;$$

б) в окрестности 2-го порядка квазинормали 2-го типа

$$K_i^2 \overset{def}{=} \frac{1}{r}\Lambda_i,\ K_i^3 \overset{def}{=} \frac{1}{s+2} L_i,\ K_i^4 \overset{def}{=} \frac{1}{n-m-1} E_i,\ K_i^5 \overset{def}{=} \frac{1}{m+2}\tilde{M}_i,\ K_i^6 \overset{def}{=} \frac{1}{n-r+1}\Phi_i,$$
$$K_i^7 \overset{def}{=} \frac{1}{n-s-1}\Psi_i,\ K_i^8 \overset{def}{=} \frac{1}{n+1}\tilde{H}_i,\ K_i^9 \overset{def}{=} \varepsilon_i,\ K_i^{10} \overset{def}{=} \zeta_i = \frac{1}{r} b_{pqi}^n b_n^{pq},$$

каждая из которых удовлетворяет уравнению вида

$$\nabla_\delta K_i + K_i \pi_0^0 = \Lambda_{ji}^n \pi_n^j - \pi_i^0,$$

и квазинормаль 3-го типа

$$K_i^{11} \overset{def}{=} b_i = \frac{1}{s+2} b_{ijk}^n b_n^{jk},\ \nabla_\delta b_i + b_i \pi_0^0 = b_{ik}\pi_n^k + \pi_i^0;$$

в) в окрестности 3-го порядка квазинормали 3-го типа [4; 5]

$$K_i^{12} \overset{def}{=} D_i,\ \nabla_\delta D_i + D_i \pi_0^0 = -\Lambda_{ji}^n \pi_n^j - \pi_i^0,$$
$$K_i^{13} \overset{def}{=} D_i + 3B_i,\ \nabla_\delta K_i^{13}{}_i + K_i^{13}\pi_0^0 = 2b_{ij}^n \pi_n^j - 4\pi_i^0.$$

3. Будем определять нормали $\{\nu_n^i\}$ и $\{\nu_i^0\}$ соответственно 1-го и 2-го рода в смысле Нордена [6] элемента L-подрасслоения, используя способ нахождения общих нормалей двух квазинормалей [4; 5].

3а. В окрестности 2-го порядка пара квазинормалей $(K_i^1\ K_i^2)$ задает в каждом центре A_0 нормаль 1-го рода $\{\mathscr{P}_n^i\}$ L-подрасслоения:

$$\mathscr{P}_n^i = -\frac{1}{2} b_n^{ij}(K_j^1 + K_j^2).$$

Однако общей нормали 2-го рода они не имеют, а при $r_{ij}^n = 0$, где $\{r_{ij}^n\}$ — подтензор тензора $\{r_{ij}^{\hat{A}}\}$ неголономности L-подрасслоения, для этой пары существует нормаль 2-го рода $\{\mathscr{P}_i^0\}$, где

$$\mathscr{P}_i^0 = \frac{1}{2}(K_i^2 - K_i^1).$$

В дальнейшем это соответствие будем обозначать кратко следующим образом:

$$(K_i^1, K_i^\varepsilon) \to \left(\mathscr{P}_n^i = -\frac{1}{2} b_n^{ij} (K_j^1 + K_j^2), \mathscr{P}_i^0 = \frac{1}{2} (K_i^2 - K_i^1) \right).$$

Аналогично получаем следующие соответствия $(\varepsilon = \overline{2, 10})$ при $r_{ij}^n = 0$ на L-подрасслоении в дифференциальной окрестности 2-го порядка:

$$(K_i^1, K_i^\varepsilon) \to \left(\underset{(\varepsilon)}{\mathscr{P}_n^i} = -\frac{1}{2} b_n^{ij} (K_j^1 + K_j^\varepsilon), \underset{(\varepsilon)}{\mathscr{P}_i^0} = \frac{1}{2} (K_i^\varepsilon - K_i^1) \right).$$

3b. В окрестности 3-го порядка имеем соответствия

$$(K_i^{12}, K_i^\varepsilon) \to \left(\underset{(\varepsilon)}{Q_n^i} = \frac{1}{2} \Lambda_n^{ij} (D_j - K_j^\varepsilon), \underset{(\varepsilon)}{Q_i^0} = \frac{1}{2} (D_i + K_i^\varepsilon) \right),$$

$$(K_i^{11} \overset{def}{=} b_i, K_i^{13}) \to \left(\Phi_n^i = \frac{1}{2} b_n^{ij} (K_j^{13} - 4K_j^{11}), \Phi_i^0 = \frac{1}{2} (K_i^{13} - 2K_i^{11}) \right). \qquad (7)$$

Заметим, что в случае регулярной гиперполосы [7], гиперполосного распределения [4] и трехсоставного распределения [5] эти нормали (7) являются аналогами нормалей Фубини. Учитывая это замечание, пару нормалей (Φ_n^i, Φ_i^0) в каждом центре A_0 назовем *первыми аналогами* нормалей Фубини L-подрасслоения данного $\mathscr{SH}$-распределения.

4. В работе [2] нами построены для L-подрасслоения $\mathscr{SH}$-распределения нормали 1-го рода Фубини $\{F_n^i\}$ и Вильчинского $\{W_n^i\}$. В биекции (6), определяемой квазинормалью $K_i^{11} \overset{def}{=} b_i$, находим им соответствующие нормали 2-го рода:

$$F_i^0 = b_i + b_{ij}^n F_n^j, W_i^0 = b_i + b_{ij}^n W_n^j. \qquad (8)$$

Таким образом, пара нормалей (F_n^i, F_i^0) (8) Λ-подрасслоения задает *второй аналог* нормалей Фубини (в отличие от первого аналога (Φ_n^i, Φ_i^0)), а пара нормалей (W_n^i, W_i^0) задает в каждом центре A_0 нормализацию Вильчинского [5; 7].

5. На L-подрасслоении $\mathscr{SH}$-распределения в дифференциальной окрестности 2-го порядка введем, согласно [8], поле квазитензора

$$M_n^i = -\frac{1}{r(r+2)} \Lambda_n^{il} b_n^{jk} (\Lambda_{ljk}^n + \Lambda_{lj}^n K_k^1 + \Lambda_{lk}^n K_j^1 + \Lambda_{kj}^n K_l^1). \qquad (9)$$

Для гиперплоскостных линейных элементов [8] и для гиперполосных распределений проективного пространства [7] нормаль (9) является нормалью Михэйлеску 1-го рода. Имея это в виду, мы за нормалями

$N_{n-s-1}(M_n^i)$ сохраним название *нормалей Михэйлеску* 1-го рода L-подрасслоения (не обязательно сильно сопряженного или взаимного). Используя биекцию (4), определенную квазинормалью $\{K_i^1\}$, найдем нормаль Михэйлеску 2-го рода L-подрасслоения:

$$M_i^0 = -(K_i^1 + \Lambda_{ij}^n M_n^j).$$

Таким образом, нормализация (M_n^i, M_i^0) L-подрасслоения определена первыми аналогами нормалей Михэйлеску в дифференциальной окрестности 2-го порядка. Для L-подрасслоения при $r_{ij}^n = 0$ нормали Михэйлеску 1-го и 2-го рода примут вид

$$m_n^i = -\frac{1}{2} b_n^{ij}(b_j + K_j^1),\ m_i^0 = \frac{1}{2}(b_i - K_i^1).$$

Будем говорить, что нормализация (m_n^i, m_i^0) L-подрасслоения определена вторыми аналогами нормалей Михэйлеску [5; 7].

Итак, имеет место

Теорема 2. *На L-подрасслоении $\mathcal{SH}$-распределение порождает 23 внутренние нормализации в смысле Нордена:*

а) $(\underset{(\varepsilon)}{\mathcal{P}_n^i}, \underset{(\varepsilon)}{\mathcal{P}_i^0})$, (M_n^i, M_i^0), (m_n^i, m_i^0) *в дифференциальной окрестности 2-го порядка;*

б) $(\underset{(\varepsilon)}{Q_n^i}, \underset{(\varepsilon)}{Q_i^0})$, (Φ_n^i, Φ_i^0), (F_n^i, F_i^0), (W_n^i, W_i^0) *в дифференциальной окрестности 3-го порядка.*

6. Рассмотрим квазинормали E-подрасслоения [1; 2]:

а) в окрестности 1-го порядка

$$K_\alpha^1 = \Lambda_{\alpha n}^n \overset{def}{=} t_\alpha; \tag{10}$$

б) в окрестности 2-го порядка

$$K_\alpha^2 = \frac{1}{r}\Lambda_\alpha,\ K_\alpha^3 = \frac{1}{s}L_\alpha,\ K_\alpha^4 = \frac{1}{n-m+1}E_\alpha,\ K_\alpha^5 = \frac{1}{m}\tilde{M}_\alpha,$$

$$K_\alpha^6 = \frac{1}{n-r+1}\Phi_\alpha,\ K_\alpha^7 = \frac{1}{n-s+1}\Psi_\alpha,\ K_\alpha^8 = \frac{1}{n+1}\tilde{H}_\alpha, \tag{11}$$

$$K_\alpha^9 = \zeta_\alpha \overset{def}{=} \frac{1}{r}\Lambda_{pq\alpha}^n b_n^{pq},\ K_\alpha^{10} = \xi_\alpha \overset{def}{=} \frac{1}{s}\Lambda_{ij\alpha}^n b_n^{ij},\ K_\alpha^{11} = b_\alpha;$$

в) в окрестности 3-го порядка

$$K_\alpha^{12} \overset{def}{=} \boldsymbol{\varepsilon}_\alpha,\ K_\alpha^{13} \overset{def}{=} \boldsymbol{\varepsilon}_\alpha + 3b_\alpha. \tag{12}$$

Теперь, используя квазинормали (10)—(12), получаем следующие соответствия ($\varepsilon = \overline{2,10}$) при $r_{ij}^n = 0$:

а) в дифференциальной окрестности 2-го порядка:

$$(K_\alpha^1, K_\alpha^\varepsilon) \to \left(\underset{(\varepsilon)}{P_n^\alpha} = -\frac{1}{2} b_n^{\alpha\beta}(K_\beta^1 + K_\beta^\varepsilon), \underset{(\varepsilon)}{P_\alpha^0} = \frac{1}{2}(K_\alpha^\varepsilon - K_\alpha^1) \right)$$

б) в дифференциальной окрестности 3-го порядка:

$$(\mathcal{E}_\alpha, K_\alpha^\varepsilon) \to \left(\underset{(\varepsilon)}{Q_n^\alpha} = \frac{1}{2} \Lambda_n^{\alpha\beta}(\mathcal{E}_\beta - K_\beta^\varepsilon), \underset{(\varepsilon)}{Q_\alpha^0} = \frac{1}{2}(\mathcal{E}_\alpha + K_\alpha^\varepsilon) \right),$$

$$(K_\alpha^{11}, K_\alpha^{13}) \to \left(\Phi_n^\alpha = \frac{1}{2} b_n^{\alpha\beta}(K_\beta^{13} - 4b_\beta), \Phi_\alpha^0 = \frac{1}{2}(K_\alpha^{13} - 2b_\alpha) \right).$$

Замечание. *В работе* [2] *квазинормаль* $\{\mathcal{E}_\alpha\}$ *обозначена через* $\{E_\alpha\}$.

Далее по аналогии с построениями п. 4, 5 находим аналоги нормализаций Михэйлеску (M_n^α, M_α^0), (m_n^α, m_α^0), Фубини (F_n^α, F_α^0) и Вильчинского (W_n^α, W_α^0).

Итак, справедлива

Теорема 3. *$\mathcal{SH}$-распределение порождает на E-подрасслоении* 23 *внутренние нормализации в смысле Нордена:*

а) $(\underset{(\varepsilon)}{P_n^\alpha}, \underset{(\varepsilon)}{P_\alpha^0})$, (M_n^α, M_α^0), (m_n^α, m_α^0) *в дифференциальной окрестности 2-го порядка;*

б) $(\underset{(\varepsilon)}{Q_n^\alpha}, \underset{(\varepsilon)}{Q_\alpha^0})$, $(\Phi_n^\alpha, \Phi_\alpha^0)$, (F_n^α, F_α^0), (W_n^α, W_α^0) *в дифференциальной окрестности 3-го порядка.*

Список литературы

1. *Попов Ю.И.* Сильно взаимные трехсоставные распределения проективного пространства // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2015. Вып. 10. С. 62—76.

2. *Попов Ю.И.* Сильно сопряженные трехсоставные распределения проективного пространства // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2016. № 1. С. 5—18.

3. *Лаптев Г.Ф., Остиану Н.М.* Распределения *m*-мерных линейных элементов в пространстве проективной связности // Тр. геом. семинара. ВИНИТИ АН СССР. М., 1971. Том 3. С. 49—94.

4. *Столяров А.В.* Проективно-дифференциальная геометрия регулярного гиперполосного распределения *m*-мерных линейных элементов // Проблемы геометрии. Итоги науки и техники. ВИНИТИ АН СССР. М., 1975. Т. 7. С. 117—151.

5. *Попов Ю.И.* Основы теории трехсоставных распределений проективного пространства. СПб., 1992.

6. *Норден А.П.* Пространства аффинной связности. М., 1976.

7. *Столяров А.В.* Двойственная теория оснащенных многообразий. Чебоксары, 1992.

8. *Остиану Н. М.* Распределение гиперплоскостных элементов в проективном пространстве // Тр. геом. семинара. ВИНИТИ АН СССР. М., 1973. Т. 4. С. 71—120.

Об авторе

Юрий Иванович Попов — канд. физ.-мат. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.
E-mail: yurij.popoff2015@yandex.ru

About the author

Dr Juriy Popov — Prof., I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.
E-mail: yurij.popoff2015@yandex.ru

УДК 550.388.2

Н. М. Кащенко, С. В. Мациевский, А. А. Викторов

МОДЕЛЬ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НИЗКОШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ: ОЦЕНКА МЕТОДА НЕЛИНЕЙНОЙ КОРРЕКЦИИ Z-СХЕМЫ

Рассмотрена нелинейная коррекция разностной схемы решения уравнений поперечного переноса в рамках моделей неустойчивости Рэлея — Тейлора в экваториальной области ионосферы Земли. Для тестовых задач численно получено экспериментальное значение порядка аппроксимации предлагаемого метода нелинейной коррекции разностной схемы для разных видов ограничителей.

A nonlinear correction of the finite-differential scheme for solution of the cross convection-diffusion equations within models of the Rayleigh — Taylor instability in the equatorial region of the Earth ionosphere is considered. For test problems the experimental value of the approximation order of the offered method of non-linear correction of the finite-differential scheme for different types of limiters is received numerically.

Ключевые слова: математическое моделирование, численное моделирование, уравнение переноса, монотонная разностная схема, ионосфера.

Key words: mathematical modeling, numerical simulating, convection-diffusion equations, monotonic finite-differential scheme, ionosphere.

1. Математическая модель экваториального F-слоя ионосферы Земли

Хорошо известно, что Рэлей-Тейлоровская неустойчивость в экваториальной ионосфере Земли приводит к развитию плазменных неоднородностей с характерными масштабами по времени 10—1000 с и по пространству 1—100 км [1; 4]. При математическом исследовании таких процессов могут использоваться в соответствии с работами [1—8] следующие два приближения:

1) плазма тепловая;

2) плазма равновесная.

Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2016. № 3. С. 11 – 19.