

Научный журнал Павлодарского государственного университета  
им. С. Торайгырова

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на учет средства массовой информации  
№ 4533-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия  
Республики Казахстан  
31 декабря 2003 года

**Главный редактор:**

Арын Е.М., д.э.н., профессор (главный редактор);

Тлукенов С.К., д.ф.м.н., профессор (зам. гл редактора);  
Жукенов М.К. (отв. секретарь);

**Члены редакционной коллегии:**

Абдильдин М.М., д.ф.м.н., академик НАН РК;  
Бахтыбаев К.Б., д.ф.м.н., профессор;  
Данаев Н.Т., д.ф.м.н., академик НИА РК;  
Кумеков С.Е., д.ф.м.н., профессор;  
Куралбаев З., д.ф.м.н., профессор;  
Оспанов К.Н., д.ф.м.н., профессор;  
Отельбаев М.О., д.ф.м.н., академик НАН РК;  
Уалиев Г.У., д.ф.м.н., профессор, академик НАН РК;  
Айтжанова Д.Н. (тех.редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.  
Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.  
Рукописи и дискиеты не возвращаются.  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

---

**МАЗМҰНЫ**

<b>Д.Б. Ақпапбетов, Д.Ж. Сәрсембаев</b> Шахталық ленталы конвейердің синхронды айналатын көпқозғалтқышты асинхронды электр жетегі.....	6
<b>Е. Аринов, Ж.Е. Сарсенбаев</b> Таудың сілемі бірнеше рет формасы өзгерген - шиеленіс қалпы таужыныс айналасында көлденең терең өңделіп орналасқан.....	13
<b>В.А. Далингер, А.А. Кисабекова</b> Кәсіптік құзыреттілігінің қалыптастыру мақсатындағы контексттік есептердің көмегімен педагогикалық университеттердің студенттерін математикалық талдауға оқыту барысында пәнаралық байланыстарды іске асыру .....	25
<b>З.С. Мажит</b> Квазиклассикалық сутекті плазманың қысымын зерттеу .....	33
<b>З.С. Мажит</b> Шала иондалған сутекті плазманың радиалдық үлестіру функциялары және статикалық структуралық факторлары.....	38
<b>А.К. Сейтханова</b> Термосерпімді жартылай кеңістіктің шекарасындағы серпімді толқынның шағылу-сыну есебі туралы .....	42
<b>С.К. Тлукенов, М.К. Жукепов</b> Электромагниттік толқындардың магнитэлектрлік эффектісі бар анизотропты орталарда таралуы .....	51
<b>С.К. Тлукенов, Н.А. Испулов</b> Термосерпімді толқынның таралуындағы байланысқан есептің шешімі туралы .....	56
<b>А.Б. Тлукесова</b> Импульстік әсері бар сызықтық шекаралық есептің шешілімділігі туралы .....	65
<b>А.В. Дегтярёв</b> Сигналдарды цифрлік өңдеу: қондырғыларды талдау және олардың ерекшеліктері .....	75
<b>В.Н. Украинец</b> Серпімді жартылай кеңістігінде қалың қабырғалы қабықшаға жүгірмелі жүктеудің әрекеті .....	81
<b>Д.Т. Куренкеева, А.Т. Кеңсебаева</b> Хроматографиялық процестің фазалары арасындағы массаберілуді есептеу әдісі .....	87
<b>Д.Т. Куренкеева, А.Т. Кеңсебаева</b> Моменттер бойынша хроматографиялық шыңның түрін қалыпына келтіру үшін асимметриялық Гаусс қисығын түрлендіру .....	90
<b>М.Ш. Алинова, Н.В. Прокопенко</b> Жер қабатының конструкциясына берілетін физикалық шарттарын есептеу тәжірибесі.....	93
<b>В.Н. Украинец, М.К. Бейсембаев, С.Р. Гирнис, А.К. Тлукесов</b> Серпімді кеңістікте көп қабатты жіңішке қабырғалы қабықшаға жүгірмелі периодты жүктеудің әрекеті туралы есеп .....	100
<b>Н.Н. Пудич, О.Г. Потапенко</b> Құралдарға және автоматтандыру жүйелеріне арналған конкурс мәлімдемелері.....	105
Біздің авторлар.....	111
Авторлар үшін ереже.....	113

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Д.Б. Акпаибетов, Д.Ж. Сарсембаев</i> Трехдвигательный асинхронный электропривод синхронного вращения шахтного ленточного конвейера .....	6
<i>Е. Аринов, Ж.Е. Сарсенбаев</i> Напряженно-деформированное состояние водородного массива горных пород вокруг горизонтальной выработки глубокого заложения.....	13
<i>В.А. Далзингер, А.А. Кисабекова</i> Реализация межпредметных связей в процессе обучения математическому анализу студентов педвуза посредством контекстных задач с целью формирования их профессиональной компетентности .....	25
<i>З.С. Мажит</i> Исследование давления квазиклассической водородной плазмы .....	33
<i>З.С. Мажит</i> Радикальные функции распределения и статические структурные факторы частично ионизированной водородной плазмы.....	38
<i>А.К. Сейтханова</i> О задаче отражения - преломления упругой волны на границе термоупругого полупространства .....	42
<i>С.К. Тлуженов, М.К. Жукинов</i> Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах с магнитоэлектрическим эффектом.....	51
<i>С.К. Тлуженов, Н.А. Испулов</i> О решении связанной задачи распространения термоупругой волны .....	56
<i>А.Б. Тлужсова</i> О разрешимости линейной краевой задачи с импульсным воздействием.....	65
<i>А.В. Дегтярёв</i> Цифровая обработка сигналов: обзор устройств и их особенности .....	75
<i>В.Н. Украинец</i> Действие подвижной нагрузки на толстостенную оболочку в упругом полупространстве.....	81
<i>Д.Т. Куренкеева, А.Т. Кеңжебаева</i> Метод расчета массопередачи между фазами проявительного хроматографического процесса .....	87
<i>Д.Т. Куренкеева, А.Т. Кеңжебаева</i> Модификация асимметрической Гауссовской кривой для восстановления формы хроматографического пика по его моментам.....	90
<i>М.Ш. Алинова, Н.В. Прокопенко</i> Опыт учета физических требований к конструкциям земляного полотна.....	93
<i>В.Н. Украинец, М.К. Бейсембаев, С.Р. Гирнис, А.К. Тлужсов</i> Задача о действии подвижной периодической нагрузки на многослойную тонкостенную оболочку в упругом пространстве .....	100
<i>Н.Н. Пудич, О.Г. Потапенко</i> Конкурс заявок на средства и системы автоматизации .....	105
Наши авторы.....	111
Правила для авторов .....	113

## CONTENT

<b>D.B. Akpanbetov, D.Zh. Sarsembayev</b> The three-impellent asynchronous electric drive of synchronous rotation of the mine tape conveyor.....	6
<b>E. Arinov, Zh. E. Sarsembayev</b> Mode of deformation heterogeneous massif of rocks around a deep lateral opening.....	13
<b>V.A. Dalinger, A.A. Kissabekova</b> Realization of interdisciplinary connections during studying of mathematical analysis of pedagogical higher educational establishment through the context of problems in order to form their professional competence.....	25
<b>Z.S. Mazhit</b> Investigation of quasiclassical hydrogen plasmas pressure.....	33
<b>Z.S. Mazhit</b> Partially ionized hydrogen plasmas radial distribution functions and static structural factors.....	38
<b>A.K. Seythanova</b> About the problem of reflection - refractions of the elastic wave on border of thermoelastic semispace.....	42
<b>S.K. Tleukenov, M.K. Zhukenov</b> Propagation path of electromagnetic mode in anisotropic medium and magnetoelectric effect.....	51
<b>S. Tleukenov, N.A. Ispulov</b> About the decision of connected problem of propagation of the thermoelastic wave.....	56
<b>A.B. Tleulesova</b> On solvability of the linear boundary-value problem with impulse influence.....	65
<b>A. Degtyaryov</b> Digital processing of signal: review of constructions and their peculiarities.....	75
<b>V.N. Ukrainetz</b> Action of moving loading on a thick shell in elastic halfspace.....	81
<b>D.T. Kurenkeeva, A.T. Kenzhebaeva</b> The method of calculation of mass transfer between phases of the developing chromatographic process.....	87
<b>D.T. Kurenkeeva, A.T. Kenzhebaeva</b> Modification of the asymmetric Gaussian curve for recovery of the chromatographic peak's shape of its moments.....	90
<b>M.S. Alinova, N.V. Prokopenko</b> Experience of the account of physical requirements to designs of the earthen cloth.....	93
<b>V.N. Ukrainetz, M.K. Beisembayev, S.R. Girnis, A.K. Tleulesov</b> Action of a moving periodic loading on a thin multi-layer shell in elastic space.....	100
<b>N.N. Pudich, O.G. Potapenko</b> Call for Proposals for equipment and automation systems.....	105
Our authors.....	111
Rules for authors.....	113

УДК 530.145

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В АНИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ С МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ

**С.К. Тлеуенов**

*Евразийский национальный университет им. Л. Гумилева,  
г. Астана*

**М.К. Жукенов**

*Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова*

Современный прогресс в науке и технике неразрывно связан с развитием наших знаний в области композиционных материалов. Спектр применений композиционных материалов чрезвычайно широк - от космических аппаратов до бытовых приборов. Важное место среди известных композиционных материалов занимают материалы, уникальные свойства которых обусловлены существованием магнитоэлектрического эффекта.

В последние годы, благодаря исследованиям магнитоэлектрического эффекта появилась надежда на его широкое практическое применение.

Анизотропные среды характеризуются обилием параметров. Одним из конструктивных путей преодоления этих трудностей является последовательное и детальное изучение свойств решений уравнений Максвелла в достаточно широком классе анизотропных сред с тем, чтобы установить закономерности этих решений от структуры тензорных величин, определяющих анизотропию среды. В данном исследовании рассматриваются гармонически зависящие от времени решения уравнений Максвелла в диэлектрических средах с магнитоэлектрическим эффектом.

Представление решений волновых полей  $\vec{E}, \vec{H}, \vec{V}, \vec{D}$  рассматриваются в виде:

$$\vec{F} = \vec{F}(z)e^{i\omega t + ik_x x + ik_y y} \quad (1)$$

где  $\omega$  - частота,  $k_x, k_y$  - соответственно X - и Y - компоненты волнового вектора. Свойства среды от координат X и Y не зависят, т.е. предполагается, что среда однородна вдоль оси Z.

При отсутствии объемной плотности зарядов  $\rho$ , вектора плотности токов и гармонической зависимости решений волновых полей от времени уравнения Максвелла принимают вид:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -i\omega \vec{B}, \quad \operatorname{rot} \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = i\omega \vec{D} \quad (2)$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0, \quad \operatorname{div} \vec{D} = 0 \quad (3)$$

К данным уравнения необходимо добавить материальные уравнения:

$$\begin{aligned} D_i &= \varepsilon_0 \varepsilon_i E_j, \quad \varepsilon_j = \varepsilon_j(\omega) \\ \vec{B}_j &= \mu_0 \mu_j \vec{H}_i, \quad \mu = \mu_j(\omega) \end{aligned} \quad (4)$$

Среда полагается непроводящей.

Магнитоэлектрический эффект заключается в индуцировании электрической поляризации в материале во внешнем магнитном поле или в появлении намагниченности во внешнем электрическом поле.

Материальные уравнения связывающие  $\vec{B}$  и  $\vec{H}$ ,  $\vec{D}$  и  $\vec{E}$  получаем из свободной энергии

$$F = F_{\text{эл}} + F_{\text{маг}} \quad (5)$$

где  $F_{\text{эл}}$  – свободная энергия для электромагнитного поля

$$F_{\text{эл}} = \varepsilon_0 \varepsilon_{ij} E_i E_j + \mu_0 \mu_{ij} H_i H_j \quad (6)$$

$F_{\text{маг}}$  – свободная энергия для поля с магнитоэлектрическим эффектом

$$F_{\text{маг}} = -\alpha_{ik} E_i H_k \quad (7)$$

Тогда материальные уравнения есть:

$$\frac{\partial F}{\partial E_i} = \varepsilon_{ij} E_j - \alpha_{ij} H_j = D_i \quad (8)$$

$$\frac{\partial F}{\partial H_j} = \mu_{ij} H_i - \alpha_{ij} E_i = B_j \quad (9)$$

где  $\varepsilon_{ij}$ ,  $\mu_{ij}$  – тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости для описания этих свойств среды;  $\alpha_k$  – несимметричный тензор материальных параметров магнитоэлектрического эффекта.

Для анизотропных диэлектриков с магнитоэлектрическим эффектом тетрагональной, тригональной и гексагональной сингонии на основе метода матрицанта систему уравнений, описывающая распространение электромагнитных волн, можно привести к эквивалентной системе дифференциальных уравнений:

$$\frac{d\vec{U}}{dz} = B\vec{U} \quad \vec{U} = (\vec{E}_y, H_x, H_y, E_x) \quad (10)$$

Решая в системе соотношения (2), (4), (8), (9) получим:

$$\begin{aligned}
\frac{dE_y}{dz} &= i \left[ \frac{k_x k_y}{\beta} \alpha_{11} E_y + \mu_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \mu_2 + \omega \mu_1 \right) H_x - \frac{k_x k_y}{\beta} \mu_0 \mu_2 H_x - \left( \frac{k_y^2}{\beta} \alpha_{11} + \omega \alpha_{\perp} \right) E_x \right] \\
\frac{dH_x}{dz} &= i \left[ \epsilon_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \epsilon_2 + \omega \epsilon_1 \right) E_y + \frac{k_x k_y}{\beta} \alpha_{11} H_x - \left( \frac{k_y^2}{\beta} \alpha_{11} + \omega \alpha_{\perp} \right) H_y - \frac{k_x k_y}{\beta} \epsilon_0 \epsilon_2 E_x \right] \\
\frac{dH_y}{dz} &= i \left[ \frac{k_x k_y}{\beta} \epsilon_0 \epsilon_2 E_y + \left( \frac{k_y^2}{\beta} \alpha_{11} + \omega \alpha_{\perp} \right) H_x - \frac{k_x k_y}{\beta} \alpha_{11} H_y - \epsilon_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \epsilon_2 + \omega \epsilon_1 \right) E_x \right] \\
\frac{dE_x}{dz} &= i \left[ \left( \frac{k_y^2}{\beta} \alpha_{11} + \omega \alpha_{\perp} \right) E_y + \frac{k_x k_y}{\beta} \mu_0 \mu_2 H_x - \mu_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \mu_2 + \omega \mu_1 \right) H_x - \frac{k_x k_y}{\beta} \alpha_{11} E_x \right]
\end{aligned} \tag{11}$$

где  $\beta = \omega(\alpha_{\perp}^2 - \epsilon_0 \epsilon_2 \mu_0 \mu_2)$

Таким образом матрица коэффициентов  $B$  имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{11} & b_{23} & b_{24} \\ -b_{24} & -b_{14} & -b_{11} & b_{34} \\ -b_{23} & -b_{13} & b_{43} & -b_{11} \end{pmatrix} \tag{12}$$

где

$$\begin{aligned}
b_{11} &= i \frac{k_x k_y}{\beta} \alpha_{11} & b_{12} &= i \mu_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \mu_2 + \omega \mu_1 \right) & b_{13} &= -i \frac{k_x k_y}{\beta} \mu_0 \mu_2 \\
b_{14} &= -i \left( \frac{k_y^2}{\beta} \alpha_{11} + \omega \alpha_{\perp} \right) & b_{21} &= i \epsilon_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \epsilon_2 + \omega \epsilon_1 \right) & b_{23} &= -i \left( \frac{k_y^2}{\beta} \alpha_{11} + \omega \alpha_{\perp} \right) \\
b_{24} &= -i \frac{k_x k_y}{\beta} \epsilon_0 \epsilon_2 & b_{34} &= -i \epsilon_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \epsilon_2 + \omega \epsilon_1 \right) & b_{43} &= -i \mu_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \mu_2 + \omega \mu_1 \right)
\end{aligned}$$

Распространение волн в координатных плоскостях описывается матрицей  $B$ :

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & 0 & b_{14} \\ b_{21} & 0 & b_{23} & 0 \\ 0 & -b_{14} & 0 & b_{34} \\ -b_{23} & 0 & b_{43} & 0 \end{pmatrix} \tag{13}$$

При распространении волны в плоскости  $xz$  ( $k_y = 0$ ) элементы матрицы имеют вид:

$$\begin{aligned}
b_{12} &= i \omega \mu_0 \mu_1 & b_{14} &= -i \omega \alpha_{\perp} & b_{21} &= i \epsilon_0 \left( \frac{k_x^2}{\beta} \epsilon_2 + \omega \epsilon_1 \right) \\
b_{23} &= -i \left( \frac{k_x^2}{\beta} \alpha_{11} + \omega \alpha_{\perp} \right) & b_{34} &= -i \omega \epsilon_0 \epsilon_1 & b_{43} &= -i \mu_0 \left( \frac{k_x^2}{\beta} \mu_2 + \omega \mu_1 \right)
\end{aligned} \tag{14}$$

При распространении волны в плоскости  $yz$  ( $k_x = 0$ ) элементы матрицы имеют вид:

$$\begin{aligned}
 b_{12} &= i\mu_0 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \mu_2 + \cos \mu_1 \right) & b_{14} &= -i \left( \frac{k_y^2}{\beta} \alpha_{11} + \cos \alpha_1 \right) & b_{21} &= i\sin \epsilon_1 \epsilon_2 \\
 b_{23} &= -i\sin \alpha_1 & b_{34} &= -i\epsilon_2 \left( \frac{k_y^2}{\beta} \epsilon_2 + \cos \epsilon_1 \right) & b_{13} &= -i\sin \mu_0 \mu_1
 \end{aligned} \quad (15)$$

Структура матрицы коэффициентов В совпадает со структурой матрицы В [3] формула 1.2.14. Вследствие этого можно основываясь на результаты монографии [3] сразу выписать структуру фундаментальных решений системы уравнений (11):

$$T_{v,uv}^{-1} = \begin{pmatrix} t_{22} & t_{12} & -t_{42} & -t_{32} \\ t_{21} & t_{11} & -t_{41} & -t_{31} \\ -t_{24} & -t_{14} & t_{44} & t_{34} \\ -t_{14} & -t_{13} & t_{43} & t_{33} \end{pmatrix}_{v,uv} \quad (16)$$

$$T^{-1} = T_v^{-1} - iT_{uv}^{-1} \quad (17)$$

Из общей структуры фундаментальных решений получится структура фундаментальных решений при распространении волн в координатных плоскостях:

$$\begin{aligned}
 T_v^{-1} &= \begin{pmatrix} t_{22} & 0 & -t_{42} & 0 \\ 0 & t_{11} & 0 & -t_{31} \\ -t_{24} & 0 & t_{44} & 0 \\ 0 & -t_{13} & 0 & t_{33} \end{pmatrix} & T_{uv}^{-1} &= \begin{pmatrix} 0 & t_{12} & 0 & -t_{32} \\ t_{21} & 0 & -t_{41} & 0 \\ 0 & -t_{34} & 0 & t_{34} \\ -t_{23} & 0 & t_{43} & 0 \end{pmatrix} \\
 T^1 &= \begin{pmatrix} t_{22} & -t_{12} & -t_{42} & -t_{32} \\ -t_{21} & t_{11} & t_{41} & -t_{31} \\ -t_{24} & t_{14} & t_{44} & -t_{34} \\ t_{23} & -t_{13} & -t_{43} & t_{33} \end{pmatrix}
 \end{aligned} \quad (18)$$

В связи с широким применением периодически неоднородные среды являются одним из важных классов неоднородных сред. Структура фундаментальных решений дает возможность определить самые общие уравнения дисперсии электромагнитных волн в периодически неоднородных средах с магнитоэлектрическим эффектом. При распространении электромагнитных волн в координатных плоскостях уравнения дисперсии определяются из условия:

$$\det(\mathbf{P} - E \cos \tilde{k}h) = 0 \quad (19)$$

здесь

$$\mathbf{P} = \frac{1}{2} (\mathbf{T} + \mathbf{T}^{-1}) \quad (20)$$



Из структур  $T$  и  $T^{-1}$  структура матрицы  $P$  будет иметь вид:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & 0 & P_{13} & P_{14} \\ 0 & P_{11} & P_{14} & P_{24} \\ -P_{24} & P_{14} & P_{33} & 0 \\ P_{14} & -P_{13} & 0 & P_{33} \end{pmatrix} \quad (21)$$

из этого:

$$\tilde{P}_1, \tilde{P}_2 = \frac{1}{2} \left( P_{11} + P_{22} \pm \sqrt{(P_{11} - P_{22})^2 + 4(P_{14}P_{14} + P_{13}P_{24})} \right) \quad (22)$$

общий вид уравнения дисперсий:

$$\cos \tilde{k}_1 h = \tilde{P}_1 \quad \cos \tilde{k}_2 h = \tilde{P}_2 \quad (23)$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982 г.
2. Вайнштейн Б.К., Современная кристаллография. Том-4. Наука, 1979г.
3. Тлеуменов С.К., Оспанов А.Т. Изучение электромагнитных полей в анизотропных средах. – Алматы: Наука, 1985. – 176 с.
4. Тлеуменов С.К. О характеристической матрице периодически неоднородного слоя. В кн.: Математические вопросы теории распространения волн. – Ленинград: Зап. научн. семин., ЛОМИ, 1987. - Т.165. - С. 177-181.
5. Тлеуменов С.К., Метод матрицанта, Павлодар, НИЦ ПГУ им. С. Торайгырова, 2004г., 148 с.
6. Байгонысов О., Тлеуменов С.К. О методе решения некоторых задач распространения упругих волн при наличии периодической неоднородности. - Ленинград: Зап. научн. сем. ЛОМИ АН СССР, 1985 т. 148. - С. 30-33.
7. Тлеуменов С.К. О характеристической матрице периодически неоднородного слоя. В кн.: Математические вопросы теории распространения волн. – Ленинград: Зап. научн. семин., ЛОМИ, 1987. - Т.165. - С. 177-181.
8. Tleukenov S. The structure of propagator matrix and its application in the case of the periodical inhomogeneous media. Abstr. Semin. on Earthquake processes and their consequences Seismological investigations, 1989. - Kurukshetra, India. - P. 4.
9. Tleukenov S. Investigation of the thin layer influence of the boundary conditions. Abstracts «Seminar on earthquake processes and their consequences». - Kurukshetra, India, 1989.

## Түйіндеме

*Жұмыста магнит-электрлік эффектiсi бар анизотропты диэлектрлік орта үшін уақыттан гармоникалық тәуелдiлiкте болатын Максвелл*