

# ВЕСТНИК НАУКИ

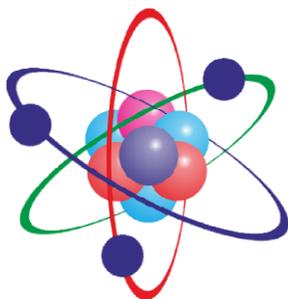
Сборник научных статей по материалам  
Международной научно-практической конференции

**ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ,  
ОБЩЕСТВА, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКОНОМИКИ**



Издательство «НИЦ Вестник науки»

К-155-0



**ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ, ОБЩЕСТВА,  
ПРОИЗВОДСТВА И ЭКОНОМИКИ**

Сборник научных статей по материалам  
IV - Международной научно-практической конференции

19 января 2021г.

Уфа, 2021

**УДК 001**  
**ББК 72**  
**И73**

**И73 ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ, ОБЩЕСТВА, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКОНОМИКИ / Сборник научных статей по материалам IV Международной научно-практической конференции (19 января 2021 г., г. Уфа) / – Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2021. – 258 с.**

В сборнике представлены материалы IV Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования, общества, производства и экономики», где нашли свое отражение доклады студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников ВУЗов по химическим, техническим, экономическим, филологическим, медицинским и другим наукам. Материалы сборника актуальны для всех интересующихся перспективными и инновационными направлениям развития науки и техники, и могут быть применены при выполнении научно-исследовательских работ, а также в преподавании соответствующих дисциплин.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за интерпретацию и изложение результатов научно-исследовательских работ, подбор и точность приведенных статистических данных, фактов, цитат, подлежащих открытой публикации.

Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

**УДК 001**  
**ББК 72**

© Корректурa и верстка ООО «НИЦ Вестник науки», 2021  
© Коллектив авторов, 2021

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

---

**Соловьев Игорь Алексеевич**

д.ф.-м.н., профессор, академик Российской академии естественных наук

**Колесов Владимир Иванович,**

заслуженный работник высшей школы РФ.

Заслуженный деятель науки и образования

РАЕ. д. п. н., Профессор, д. э. н.к, академик

Российской академии естествознания

корпорация ученых и преподавателей,

Академик акмеологии и акмеологических

наук. ЛГУ имени А.С. Пушкина Санкт-

Петербур

**Бондарев Борис Владимирович**

к.ф.-м.н., доцент

**Сонькин Валентин Дмитриевич**

д.б.н, профессор, зав.кафедрой физиологии

**Оськин Сергей Владимирович**

д.т.н., профессор кафедры ЭМиЭП

**Токарева Юлия Александровна**

д.п.н., профессор

**Половения Сергей Иванович**

к.т.н. доцент, зав. каф.

Телекоммуникационных систем,

Белорусская государственная академия связи

**Шадманов Курбан Бадриддинович**

д.ф.н., профессор

**Слободчиков Илья Михайлович**

профессор, д.п.н., в.н.с.

**Баньков Валерий Иванович**

д.б.н., профессор

**Фирсова Ирина Валерьевна**

д.м.н. доцент, зав. кафедрой

терапевтической стоматологии

**Агаркова Любовь Васильевна**

д.э.н., профессор

**Лапина Татьяна Ивановна**

д.б.н, профессор

**Хуторова Людмила Михайловна**

к.и.н., доцент

**Литвиненко Нинель Анисимовна**

д.ф.н., профессор кафедры истории

зарубежных литератур

**Рязанцев Владимир Евгеньевич**

к.м.н., доцент

**Рязанцев Евгений Владимирович**

к.м.н., доцент

**Громова Анастасия Евгеньевна**

доцент, кандидат культурологии

**Мазина Юлия Ильинична**

кандидат искусствоведения

**Камзина Надежда Егновна**

Кандидат искусствоведения

**Гарапшина Лейля Рамилевна**

к.соц.н., ассистент кафедры истории,

философии и социологии

**Зайцева Екатерина Васильевна**

к.с.н., доцент

**Дьяков Сергей Иванович**

к.психол.н., доцент, доцент кафедры

«Психология» ФГАОУ ВО

«Севастопольский государственный

университет». Севастополь. Крым.

Россия

**Шендерей Павел Эдуардович**

к.п.н., доцент,

проректор по научной и учебной работе,

Институт менеджмента, маркетинга и

права, г. Тольятти

**Ефременко Евгений Сергеевич**

зав. каф. Биохимии «Омский

государственный медицинский

университет» Минздрава России,

доцент, к. м. н.

**Халиков Альберт Рашитович**

(ответственный редактор)

к.ф.-м.н.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.....</b>	<b>8</b>
О МАТРИЦЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕРМОУПРУГИХ ВОЛН, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ МОНОКЛИННОЙ СИСТЕМЫ (В СЛУЧАЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СРЕДЫ ВДОЛЬ ОСИ X) <i>А.К. Бектазинова, Н.А. Испулов, К.К. Абишев, К.Р. Досумбеков, А.Ж. Жумабеков .....</i>	<b>8</b>
<b>СЕКЦИЯ 2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ .....</b>	<b>17</b>
САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХА <i>О.В. Манченкова, В.Е. Соколова, О.Н. Сочинская.....</i>	<b>17</b>
ДЕФИЦИТ ОСТЕОТРОПНЫХ МИНЕРАЛОВ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ НЕЗАРАЗНОЙ ПАТОЛОГИИ У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ <i>А.А. Власенко, К.А. Семененко, О.И. Василяди.....</i>	<b>21</b>
<b>СЕКЦИЯ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ .....</b>	<b>30</b>
ПРОВЕДЕНИЕ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ <i>А.Н. Екимов .....</i>	<b>30</b>
ОПТИМИЗАЦИЯ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ В БАШЕННОЙ СУШИЛКЕ <i>Л.И. Романов, В.Е. Иванов .....</i>	<b>33</b>
АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И ОСОБЕННОСТЕЙ АНТИРЕЗОНАНСНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ <i>А.Д. Терешина.....</i>	<b>37</b>
ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ <i>Е.М. Краснов, Д.Л. Харичева.....</i>	<b>42</b>
<b>СЕКЦИЯ 4. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ .....</b>	<b>48</b>
ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ <i>А.Г. Максимов, Н.В. Урюпина, Н.А. Максимов .....</i>	<b>48</b>
МЕТОДЫ РАЗВЕДЕНИЯ ОВЕЦ <i>А.Г. Максимов, Н.В. Урюпина, Н.А. Максимов .....</i>	<b>50</b>
ЭКОЛОГИЯ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>А.Г. Максимов, Н.В. Урюпина, Н.А. Максимов .....</i>	<b>53</b>
ВЛИЯНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ НА ОРГАНИЗМ САМКИ <i>А.Г. Максимов, Н.В. Урюпина, Н.А. Максимов .....</i>	<b>57</b>

ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВЕДЕНИЯ ЧИСТОПОРОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ <i>А.Г. Максимов, Н.В. Урюпина, Н.А. Максимов</i> .....	60
<b>СЕКЦИЯ 5. ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ И АРХЕОЛОГИЯ</b> .....	<b>63</b>
К ВОПРОСУ О ПАТРОЦИНИЯХ В ЭПОХУ ПОЗДНЕЙ АНТИЧНОСТИ <i>А.Ю. Пашкова</i> .....	63
<b>СЕКЦИЯ 6. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>70</b>
ОСОБЕННОСТИ ДОХОДОВ И РАСХОДОВ ТОРГОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ <i>Д.С. Караськова</i> .....	70
БЮДЖЕТИРОВАНИЕ: СУЩНОСТЬ И РОЛЬ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ <i>А.Х. Ихсанова</i> .....	76
ОРГАНИЗАЦИЯ БЮДЖЕТНОГО УЧЁТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ <i>А.Н. Моргун</i> .....	81
АКТУАЛЬНОСТЬ И ФОРМЫ РАЗВИТИЯ НАЛОГОВОГО МОНИТОРИНГА В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ <i>О.Ю. Васильева</i> .....	85
АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «АС-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ» <i>Н.А. Горьковенко, А.В. Жигунова</i> .....	89
ЦИФРОВАЯ ЭРА <i>С.Г. Денисов</i> .....	96
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МАРКЕТИНГОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ <i>П.А. Кирильчик, А.В. Буйко</i> .....	102
ВЛИЯНИЕ БЕЗРАБОТИЦЫ В ПАКИСТАНЕ НА СОЦИАЛИЗАЦИЮ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ <i>А.В. Седлицкая, В.А. Сычев, Ю.К. Котлярова</i> .....	106
КВАЛИМЕТРИЯ КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ <i>А.С. Тойдугин</i> .....	110
КОРПОРАТИВНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА: СИЛА, ПОМОГАЮЩАЯ ПРЕДПРИЯТИЯМ КОНКУРИРОВАТЬ С COVID-19 <i>Хоанг Тхи Ле</i> .....	115
<b>СЕКЦИЯ 7. ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>120</b>
ЗНАЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЛАНДШАФТА <i>Е.И. Калинин, С.М. Самедова</i> .....	120

ФИЛОСОФИЯ ОСВОБОЖДЕНИЯ МОЛОДЕЖИ <i>А.П. Зубкова, Е.Е. Пойда</i> .....	123
ПРОБЛЕМЫ СОЦИОКУЛЬТУРЫ СЕЛЬСКОЙ МОЛОДЕЖИ <i>В.В. Ницета, Е.Е. Пойда</i> .....	128
ПРИРОДА НРАВСТВЕННОСТИ <i>В.А. Слинко, Е.Е. Пойда</i> .....	135
<b>СЕКЦИЯ 8. ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>141</b>
ПРАВО ОБЩЕЙ СОВМЕСТНОЙ СОБСТВЕННОСТИ: ПОНЯТИЕ И СУЩНОСТЬ <i>А.Д. Долгова</i> .....	141
МЕТОДЫ АДМИНИСТРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТАМОЖЕННЫХ ОРГАНОВ <i>Н.А. Ронжина, Е.А. Обрядина</i> .....	147
ПРАВОВАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПЕРЕВОЗЧИКА В СЛУЧАЕ АВАРИИ <i>О.Ю. Симонова, Н.А. Ронжина, Д.В. Абдулова, Е.А. Лосницкая</i> .....	153
НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КАДРОВОЙ РАБОТЫ В ОРГАНАХ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ <i>П.А. Шугарова</i> .....	158
О НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК КОМПОНЕНТЕ СИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ <i>С.В. Богатырев</i> .....	168
<b>СЕКЦИЯ 9. ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>174</b>
АЛИМЕНТНЫЕ ОБЯЗАННОСТИ РОДИТЕЛЕЙ В ОТНОШЕНИИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ ДЕТЕЙ <i>Е.В. Новикова</i> .....	174
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ РЕЧИ ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА <i>О.А. Садовнича</i> .....	177
ИСТОРИЧЕСКИЙ И СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ВОЕННО-ПОЛИТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ВС РФ <i>М.В. Краснова, Е.В. Проняева</i> .....	185
<b>СЕКЦИЯ 10. МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>192</b>
АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ШУНТИРОВАНИЯ ПРИ ГИДРОЦЕФАЛИИ <i>Д.А. Говоруха, М.М. Кауров</i> .....	192
ЛАТИНСКИЙ ЯЗЫК КАК ЯЗЫК МЕДИЦИНЫ <i>В.В. Панина, Е.А. Бардакова</i> .....	202

ВЛИЯНИЕ ГЛЮТЕНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В XXI ВЕКЕ <i>Ю.Н. Пухир, Т.Д. Лосева</i> .....	205
<b>СЕКЦИЯ 11. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>209</b>
ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСА ГТО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ К ЗДОРОВОМУ ОБРАЗУ ЖИЗНИ МОЛОДЕЖИ <i>С.Ю. Хрипунов</i> .....	209
<b>СЕКЦИЯ 12. СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>213</b>
СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ <i>А.В. Иванов</i> .....	213
<b>СЕКЦИЯ 13. ПОЛИТОЛОГИЯ</b> .....	<b>219</b>
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАБОТЕ С КАДРАМИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ <i>И.А. Стреченцева, Т.Г. Голубева</i> .....	219
<b>СЕКЦИЯ 14. АРХИТЕКТУРА</b> .....	<b>224</b>
ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА В AUTODESK REVIT ARCHITECTURE ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОСЕЛКОВ <i>Е.В. Калинова</i> .....	224
КОНЦЕПЦИЯ НАЗВАНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА И УЛИЦ ЖИЛОГО РАЙОНА, ОГРАНИЧЕННОГО УЛИЦАМИ ЖЕЛЕЗНЯКОВА И БОТАНИЧЕСКАЯ В ГОРОДЕ ЛИПЕЦК <i>Е.М. Клокова</i> .....	229
ИГРОВАЯ ПЛОЩАДКА. РОЛЬ В ЖИЗНИ РЕБЕНКА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ ЛОНДОНСКОЙ ДЕТСКОЙ ПЛОЩАДКИ <i>И.Ф. Кабенова</i> .....	236
<b>СЕКЦИЯ 15. ИНФОРМАТИКА И РОБОТОТЕХНИКА</b> .....	<b>250</b>
ВЛИЯНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Ю.В. Кленышева, А.А. Бочарова</i> .....	250

**СЕКЦИЯ 1. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ****УДК 539.3:534.2****О МАТРИЦЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕРМОУПРУГИХ ВОЛН,  
РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ  
МОНОКЛИННОЙ СИСТЕМЫ (В СЛУЧАЕ  
НЕОДНОРОДНОСТИ СРЕДЫ ВДОЛЬ ОСИ X)**

**А.К. Бектазинова,**  
магистрант 2 курса, спец. «Физика»

**Н.А. Испулов,**  
к.ф.-м.н., доц., проф.

**К.К. Абишев,**  
к.т.н., доц., проф.

**К.Р. Досумбеков,**  
ст. преп.

**А.Ж. Жумабеков,**  
ст. преп.,

НАО «Торайгыров университет»,  
г. Павлодар, Республика Казахстан

**Аннотация:** В работе исследуется распространение термоупругих волн в анизотропной среде моноклинной системы, с тензорными характеристиками, зависящими от одной из пространственных координат (выбрана ось X). Получена матрица коэффициентов и проведен анализ распространения взаимосвязанных тепловых и упругих (механических) волн в случае неоднородности вдоль оси X.

**Ключевые слова:** анизотропная среда, моноклинная система, уравнения движения упругой среды, уравнения теплопроводности Фурье, уравнение притока тепла, термоупругие волны, матричный метод

**Введение.** Исследование закономерностей волновых процессов в упругих средах с термомеханическим эффектом связано с необходимостью решения теоретических и прикладных задач

геофизики, сейсмологии, механики композитных материалов и т.д. Связанные уравнения термоупругости отличаются сложностью и обилием физико-механических параметров. Являясь разделом механики деформируемого твердого тела, теория термоупругости, опираясь на использование определенных физических свойств естественных кристаллов и керамик искусственного происхождения, изучает механику связанных тепловых и механических полей.

Волновые явления в кристаллах, т.е. в средах с ярко выраженной анизотропией целого ряда физических свойств, характеризуются более сложными закономерностями по сравнению с изотропным случаем.

В связи со сказанным, развитие и применение аналитических методов исследования, а также формирование представлений о поведении термоупругих волн в анизотропных средах с учетом термомеханического эффекта являются актуальными.

На основе метода матрицанта [1], ранее рассматривались волновые процессы в упругих анизотропных средах, в анизотропных диэлектрических средах, электромагнитные волны в средах с пьезомагнитным и магнитоэлектрическим эффектом [2, 3], распространение волн в жидких кристаллах и в термоупругих средах [4-7].

Метод исследования – метод матрицанта, который позволяет получать точные аналитические решения дифференциальных уравнений, описывающих распространение электромагнитных и упругих волн в средах с пьезоэлектрическими, пьезомагнитными, термоупругими и термопьезоэлектрическими свойствами.

**Основная часть.** Распространение термоупругих волн в анизотропных средах описывается уравнениями движения (без учета массовых сил) [8]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{XX}}{\partial X} + \frac{\partial \sigma_{XY}}{\partial Y} + \frac{\partial \sigma_{XZ}}{\partial Z} &= \rho \frac{\partial^2 U_X}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial \sigma_{XY}}{\partial X} + \frac{\partial \sigma_{YY}}{\partial Y} + \frac{\partial \sigma_{YZ}}{\partial Z} &= \rho \frac{\partial^2 U_Y}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial \sigma_{XZ}}{\partial X} + \frac{\partial \sigma_{YZ}}{\partial Y} + \frac{\partial \sigma_{ZZ}}{\partial Z} &= \rho \frac{\partial^2 U_Z}{\partial t^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

решаемых совместно с уравнением теплопроводности Фурье и уравнением притока тепла, которые соответственно имеют вид:

$$\lambda_{ij} \frac{\partial \theta}{\partial x_j} = -q_i, \quad (2)$$

$$\frac{\partial q_i}{\partial x_i} = -i\omega \beta_{ij} \varepsilon_{ij} - i\omega \frac{c_\varepsilon}{T_0} \theta, \quad (3)$$

где  $\sigma_{ij}$  – тензор напряжения;

$\rho$  – плотность среды;

$\lambda_{ij}$  – тензор теплопроводности;

$q_i$  – вектор притока тепла;

$\omega$  – круговая частота;

$\beta_{ij}$  – термомеханические постоянные  $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ ;

$\varepsilon_{ij}$  – тензор деформации;

$c_\varepsilon$  – теплоемкость при постоянной деформации;

$\theta = T - T_0$  – приращение температуры по сравнению с температурой естественного состояния  $T_0$ , принимается допущение, что изменение температуры мало  $\left| \frac{\theta}{T_0} \right| \ll 1$  для малых деформаций.

Физико-механические величины связаны соотношением Дюгамеля – Неймана:

$$\sigma_{ij} = c_{ijkl} \varepsilon_{kl} - \beta_{ij} \theta, \quad (4)$$

где  $c_{ij}$  – упругие параметры, подчиняющиеся условию симметрии:  $c_{ijkl} = c_{jikl} = c_{ijlk} = c_{klij}$ ;  $\varepsilon_{kl}$  – тензор малых деформаций Коши  $\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i})$ .

Уравнения (1)-(4) определяют взаимосвязь механических напряжений и температуры как функции независимых переменных – теплового поля и деформации.

Таким образом, соотношения (1)–(4) составляют замкнутую систему уравнений термоупругости, которая описывает распространение термоупругих волн.

На основе метода разделения переменных в случае гармонической зависимости от времени [1]:

$$\begin{aligned} [U_i(x, y, z, t); \sigma_{ij}(x, y, z, t); \theta; q_z] \\ = [U_i(z), \sigma_{ij}(z), \theta; q_z] e^{i(\omega t - mx - ny)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Система уравнений (1)-(4) приводится к системе дифференциальных уравнений 1-го порядка с переменными

коэффициентами, описывающей распространение гармонических волн:

$$\frac{d\vec{W}}{dz} = B\vec{W}. \quad (6)$$

Здесь  $B = B[c_{ijkl}(z), \beta_{ij}(z), \omega, m, n]$ - матрица коэффициентов, элементы которой содержат в себе параметры среды, в которой распространяются термоупругие волны;  $m, n$ -компоненты волнового вектора  $\vec{k}$ .

Вектор  $\vec{W}$  имеет вид:

$$\vec{W}(x, y, z, t) = [u_z(z), \sigma_{zz}, u_x(z), \sigma_{xz}, u_y(z), \sigma_{yz}, \theta, q_z]^t \exp(i\omega t - imx - iny). \quad (7)$$

Символ  $t$  означает операцию транспонирования вектора – строки в вектор – столбец.

Неоднородность среды предполагается вдоль оси  $X$ . При построении матрицы коэффициентов  $B$  используется представление решения в виде (5), из системы уравнений (1)-(4) выделяются производные по  $X$  и исключаются компоненты тензора напряжения, не входящие в граничные условия. Множитель  $\exp(i\omega t - imx - iny)$  всюду опущен.

Для анизотропной среды моноклинной сингонии характерно наличие оси симметрии второго порядка. Структуры матрицы  $B$  и вектор – столбец граничных условий в объемном случае для моноклинной сингонии в случае оси симметрии второго порядка ( $z||A_2$ ) и неоднородности вдоль оси  $X$ :

$$B = \begin{bmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} & 0 & b_{17} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & b_{24} & 0 & b_{26} & 0 & 0 \\ b_{24} & b_{14} & b_{33} & b_{34} & b_{35} & 0 & b_{37} & 0 \\ 0 & b_{13} & b_{43} & b_{33} & b_{45} & b_{46} & b_{47} & 0 \\ b_{26} & 0 & b_{46} & 0 & b_{55} & b_{56} & 0 & 0 \\ 0 & b_{15} & b_{45} & b_{35} & b_{65} & b_{55} & b_{67} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{78} \\ 0 & -i\omega b_{17} & -i\omega b_{37} & 0 & -i\omega b_{47} & 0 & b_{87} & 0 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Ось  $Z$  параллельна оси симметрии второго порядка.

Элементы  $b_{ij}$  матрицы имеют следующий вид:

$$b_{12} = c_{66} / \delta; b_{13} = inb_3; b_{15} = ila; b_{14} = -c_{16} / \delta;$$

$$b_{17} = \left(1 + \frac{c_{12}^2}{\delta}\right) \frac{\beta_{11} + \beta_{12}}{c_{11}};$$

$$b_{21} = -\omega^2 \rho; b_{24} = in; b_{26} = il;$$

$$b_{33} = ind; b_{34} = \frac{c_{11}}{\delta}; b_{35} = ilc;$$

$$b_{37} = \frac{c_{16}(\beta_{11} + \beta_{12})}{\delta};$$

$$b_{43} = l^2 \left( c_{44} - \frac{c_{45}^2}{c_{55}} \right) + n^2 (c_{11}c_{12}b - c_{26}d) - \omega^2 \rho;$$

$$b_{45} = nl \left( c_{23} + c_{44} - bc_{13} - dc_{36} - \frac{c_{45}^2}{c_{55}} \right);$$

$$b_{47} = \frac{1}{\delta c_{11}} \left[ (\delta + c_{16})(\beta_{11} + \beta_{12})c_{12} - \delta c_{11}(\beta_{12} + \beta_{22}) - \right. \\ \left. - c_{11}c_{16}c_{26}(\beta_{11} + \beta_{12}) \right];$$

$$b_{46} = ilc_{45}/c_{55};$$

$$b_{55} = \frac{inc_{45}}{c_{55}};$$

$$b_{56} = \frac{1}{c_{55}};$$

$$b_{65} = l^2 (c_{33} - ac_{13} - cc_{16}) + n^2 \left( c_{44} - \frac{c_{45}^2}{c_{55}} \right) - \omega^2 \rho;$$

$$b_{67} = \frac{1}{\delta c_{11}} [(\delta c_{13} + c_{13}c_{16}^2 - c_{11}c_{16}c_{36})(\beta_{11} + \beta_{12}) - \delta c_{11}\beta_{33}]; b_{78} = \\ -\frac{1}{\lambda_{11}};$$

$$b_{87} = -i\omega \left(1 + \frac{c_{16}^2}{\delta}\right) \frac{\beta_{11} + \beta_{12}}{c_{11}};$$

$$\delta = c_{11}c_{66} - c_{16}^2;$$

$$a = \frac{c_{13}c_{66} - c_{16}c_{36}}{\delta};$$

$$b = \frac{c_{12}c_{66} - c_{16}c_{26}}{\delta};$$

$$c = \frac{c_{11}c_{36} - c_{13}c_{16}}{\delta};$$

$$d = \frac{c_{11}c_{26} - c_{12}c_{16}}{\delta}.$$

Из структур матриц коэффициентов (8) следует, что в пространственном случае упругие волны различной поляризации взаимосвязаны между собой и с тепловой волной (наличие коэффициентов  $b_{17}$ ,  $b_{26}$ ,  $b_{35}$ ,  $b_{37}$ ,  $b_{45}$ ,  $b_{47}$ ,  $b_{67}$ ).

Отличные от нуля элементы матрицы  $B$  –  $b_{13}$ ,  $b_{24}$  определяют взаимную трансформацию продольной и поперечной  $X$  – поляризованной волн. Элементы  $b_{15}$ ,  $b_{26}$  описывают взаимосвязь поперечной  $Y$ -поляризации с продольной волной. Отличный от нуля элемент  $b_{45}$  определяет взаимную трансформацию между волнами поперечной поляризации.

При распространении термоупругих волн в плоскости  $XZ$  ( $n=0$ ) матрица коэффициентов (8) имеет вид:

$$B' = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} & 0 & b_{17} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & b_{24} & 0 & 0 \\ b_{24} & 0 & 0 & b_{34} & 0 & 0 \\ 0 & b_{13} & b_{43} & 0 & b_{47} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{78} \\ 0 & -i\omega b_{17} & -i\omega b_{47} & 0 & b_{87} & 0 \end{pmatrix};$$

$$B'' = \begin{pmatrix} 0 & b_{34} \\ b_{65} & 0 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Из матрицы (9) следует, что упругая продольная волна  $Z$ -поляризации и упругая поперечная  $X$ -поляризации связаны и обладают термоупругим эффектом, т.е. являются затухающими), это доказывает наличие в структуре коэффициентов  $b_{17}$ ,  $b_{47}$ ,  $b_{78}$ ,  $b_{87}$ ), поперечная волна  $Y$ - поляризации является незатухающей, т.к. выделяется отдельной матрицей 2-го порядка.

Элементы матриц коэффициентов (9) имеют вид:

$$b_{12} = \frac{1}{c_{11}}; b_{13} = \frac{c_{12}}{c_{11}} im; b_{17} = \frac{\beta_{11}}{c_{11}};$$

$$b_{21} = -\omega^2 \rho; b_{24} = im;$$

$$\begin{aligned}
 b_{34} &= \frac{I}{c_{44}}; b_{43} = \left( c_{11} - \frac{c_{12}^2}{c_{11}} \right) m^2 - \omega^2 \rho; \\
 b_{47} &= \left( \frac{c_{13}}{c_{33}} \beta_{11} - \beta_{11} \right) im; \\
 b_{65} &= -c_{44} m^2 - \omega^2 \rho; \\
 b_{78} &= -\frac{1}{\lambda_{33}}; \\
 b_{87} &= -i\omega \left( \frac{\beta_{11}^2}{c_{11}} + \frac{c_\varepsilon}{T_0} \right).
 \end{aligned}$$

В плоскости YZ ( $m=0$ ) структура (8) примет следующий вид:

$$B' = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & b_{15} & 0 & b_{17} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & b_{26} & 0 & 0 \\ b_{26} & 0 & 0 & b_{34} & 0 & 0 \\ 0 & b_{15} & b_{65} & 0 & b_{67} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{78} \\ 0 & -i\omega b_{17} & -i\omega b_{67} & 0 & b_{87} & 0 \end{pmatrix};$$

$$B'' = \begin{pmatrix} 0 & b_{34} \\ b_{43} & 0 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Из данных матриц коэффициентов можно сделать вывод, что Y-поперечная и Z – продольная упругие волны подвержены термоупругому эффекту и затухают (наличие коэффициентов  $b_{17}$ ,  $b_{67}$ ,  $b_{78}$ ,  $b_{87}$ ), X – упругая поперечная волна распространяется независимо и не затухает, откуда следует, что Y – упругая поперечная волна не подвержена термомеханическому эффекту. Этот факт известен из экспериментальных исследований [9]. Эти исследования говорят об отсутствии термоупругого эффекта у одномерных волн поперечной поляризации и наличия термоупругого эффекта у продольной волны. При распространении по образцу упругой продольной волны между областями сжатия и растяжения будут возникать градиенты температуры. Это приведет к потоку тепла и в

результате к диссипации энергии, т.е. к затуханию волны, которое зависит от частоты.

**Заключение.** В статье, для термоупругих волн, распространяющихся в анизотропной среде моноклинной системы, построена матрица коэффициентов в объемном случае и проведен анализ матриц коэффициентов. Получены структуры матриц коэффициентов при распространении термоупругих волн в анизотропных средах вышеперечисленных классов в плоскости XZ и YZ, определены типы волн и взаимная трансформация волн различной поляризации.

Данная работа выполнена в рамках научно-исследовательского гранта AP08856290, финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

### Список литературы

[1] Тлеуменов С.К. Метод матрицанта. / С.К. Тлеуменов. – Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, 2004. 172 с.

[2] О поверхностных волнах в пьезомагнитных средах. / С.К. Тлеуменов, Т.С. Досанов, Н.А. Испулов, А.Д. Гутенко [и др.]. // Материалы Международной конференции «Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем». – Москва, 2019. 104-110 с.

[3] Tleukenov S.K. Propagation of electromagnetic waves in anisotropic magnetoelectric medium. / S.K. Tleukenov, M.K. Zhukenov, N.A. Ispulov. // Bulletin of the university of karaganda-physics. 2019. Vol. 2. Iss. 94. 29-34 pp.

[4] Тлеуменов С.К. Изучение распространения электромагнитных волн в жидких холестерических кристаллах. / С.К. Тлеуменов, К.Р. Досумбеков. // Вестник ПГУ, серия физико-математическая. – Павлодар: НИЦ ПГУ им. С. Торайгырова, 2004. № 4. 148 с.

[5] Reflection of thermoelastic wave on the interface of isotropic half-space and tetragonal syngony anisotropic medium of classes 4, 4/m with thermomechanical effect. / N.A. Ispulov, A. Qadir, M.A. Shah, K. Ainur [et al.]. // CHINESE PHYSICS B, Number of article: 038102, DOI: 10.1088/1674-1056/25/3/038102 – 2016. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.researchgate.net/>

publication/294682450\_Reflection\_of\_thermoelastic\_wave\_on\_the\_interface\_of\_isotropic\_half-space\_and\_tetragonal\_syngony\_anisotropic\_medium\_of\_classes\_4\_4m\_m\_m\_with\_thermomechanical\_effect. (дата обращения: 15.01.2021).

[6] The Propagation of Thermoelastic Waves in Anisotropic Media of Orthorhombic, Hexagonal, and Tetragonal Syngonies. / N.A. Ispulov, A. Qadir, M.A. Shah, K. Ainur [et al.]. // ADVANCES IN MATHEMATICAL PHYSICS, Number of article: 4898467, DOI: 10.1155/2017/4898467 – 2017. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35711935>. (дата обращения: 15.01.2021).

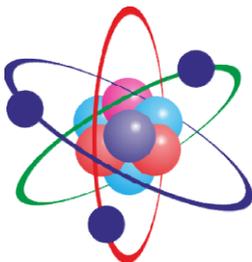
[7] The Analytical Form of the Dispersion Equation of Elastic Waves in Periodically Inhomogeneous Medium of Different Classes of Crystals. / N.A. Ispulov, A. Qadir, M.A. Shah, K. Ainur [et al.]. // ADVANCES IN MATHEMATICAL PHYSICS. Number of article: 5236898, DOI: 10.1155/2017/5236898 – 2017. [Электронный ресурс]. – URL: <https://downloads.hindawi.com/journals/amp/2017/5236898.pdf>. (дата обращения: 15.01.2021).

[8] Новацкий В. Теория упругости. / В. Новацкий – М.: Мир, 1986. 556 с.

[9] Труэлл Р. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. / Р. Труэлл, Ч. Эльбаум, Б. Чик. – М.: Мир, 1972. 307 с.

© А.К. Бектазинова, Н.А. Ипулов, К.К. Абишев,  
К.Р. Досумбеков, А.Ж. Жумабеков, 2021

Издательство «НИЦ Вестник науки»



**ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ, ОБЩЕСТВА,  
ПРОИЗВОДСТВА И ЭКОНОМИКИ**

Сборник научных статей по материалам  
IV Международной научно-практической конференции

г. Уфа 19 января 2021

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Изображение на обложке предоставлено сайтом <https://pixabay.com>  
лицензия Simplified Pixabay License

Формат 60×84 1/16  
Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 15,8