

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES

3 (301)

МАМЫР – МАУСЫМ 2015 ж.
МАЙ – ИЮНЬ 2015 г.
MAY – JUNE 2015

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,
Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнचेков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчечков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 161 – 167

**INVESTIGATION OF PHYSICAL PROPERTIES
OF NANOSCALE POROUS SILICON FILMS****S. M. Manakov¹, Ye. Sagidolda^{1,2}**¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,²Al-Farabi Laboratory of Engineering Profile, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: erulan.sagidolda@kaznu.kz

Key words: porous silicon, electrochemical etching, photoluminescence, nanocrystals.

Abstract. The structure and physical properties of porous silicon obtained by electrochemical etching of monocrystalline silicon with n-type conductivity in a mixture of hydrofluoric acid and ethyl alcohol were investigated. Samples were studied using the methods of scanning probe microscopy, scanning electron microscopy, Raman spectroscopy and photoluminescence. It was concluded that by varying technological parameters and conditions of the etching process we can control the size of nanocrystals and manufacture nanostructures of porous silicon film with improved properties.

The influence of technological regimes of films based on its structural and photoluminescent properties. Studies on the PC the same thickness have shown that longer etching leads to more advanced surface morphology and increasing its porosity. Films produced during etching 1-2 minutes is the average quadratic roughness $S_q = 1.63 - 1.85$ nm and for samples obtained within 20 minutes $S_q = 2.96$ NM; the characteristic size of the irregularities on the surface of the boards has risen from 4.2 nm and 8.0 Nm. Scanning electron microscopy demonstrated that the distribution of concentrations on the surface evenly, and sizes range from 7 nm to 9 NM.

The offset maximum spectrum of Raman scattering in low-energetic region of the spectrum identified by dimensions nanocrystallites PC samples, these sizes have decreased from 6.6 nm up to 3.8 nm with increasing duration of etching from 1 minute up to 20 minutes. It was found that the intensity of the luminescence in the samples above boards with sizes nanocrystallites 3.8 nm and the maximum is shifted to the short-wave region of the spectrum and is localized at 650 nm.

УДК 539.216:621.371

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ****С. М. Манаков¹, Е. Сагидолда^{1,2}**¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,²Лаборатория инженерного профиля (ЛИП) КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: пористый кремний, электрохимическое травление, фотолюминесценция, нанокристаллиты.

Аннотация. Исследованы структура и физические свойства пленок пористого кремния, полученного методом электрохимического травления монокристаллического кремния n-типа проводимости в смеси плавиковой кислоты и этилового спирта. Изготовленные образцы исследовались с применением методов сканирующей зондовой и электронной микроскопии, рамановской спектроскопии и фотолюминесценции. Показано, что путем изменения технологических параметров и условий процесса травления можно контролировать размеры нанокристаллитов и изготавливать пленки наноструктурированного пористого кремния с улучшенными свойствами.

Введение. Пористый кремний (ПК) привлекает внимание исследователей в первую очередь в связи с его люминесцентными свойствами [1]. Наряду с этим широкое изучение различных свойств ПК открыло перспективы его многочисленных альтернативных применений в таких областях, как солнечные элементы, биотехнология, сенсоры [2,3]. Разработанные методы электрохимического травления кремния позволяют управляемо варьировать параметры пористого слоя в целях оптимизации его физических свойств. Морфология поверхности пленок пористого кремния и их структурные и оптические свойства зависят от концентрации и типа примеси в исходной кремниевой подложке, от величины анодного тока и его длительности травления, от состава и температуры электролита и ряда других факторов [4].

Использование метода комбинационного рассеяния света позволяет оценить характерные размеры нанокристаллитов в пористом кремнии и их зависимость от технологических режимов получения ПК. Более детальную информацию о морфологии поверхности полупроводниковых пленок можно получить, используя метод атомно-силовой микроскопии [5, 6].

В работе представлены результаты исследования структуры, морфологии и фотолюминесцентных свойств пленок пористого кремния, выращенного на c-Si подложках n-типа проводимости при различных значениях длительности и величины анодирующего тока.

Изготовление образцов. Для изготовления ПК использовались подложки монокристаллического кремния n-типа с концентрацией фосфора 10^{18} см^{-3} и кристаллографической ориентацией (100). Пластины кремния перед получением ПК обезжиривались в трихлорэтилене, промывались в деионизированной воде, затем погружались в раствор H_2SO_4 : H_2O_2 (4 : 1) с температурой 90°C в течение 10 минут, травились 10 секунд в смеси HF и H_2O (1: 50) и тщательно промывались в деионизированной воде. Травления происходило в электролите содержащий плавиковую кислоту и этиловый спирт в соотношении 1:1,5.

Для выявления различий в структуре и свойствах ПК были приготовлены три группы образцов при различных плотностях анодирующего тока и длительности травления: 1 – $J = 1 \text{ мА/см}^2$, $t = 20$ минут; 2 – $J = 15 \text{ мА/см}^2$, $t = 2$ минуты и 3 – $J = 25 \text{ мА/см}^2$, $t = 1$ минута. Напряжение источника питания для всех групп образцов не изменялось и составляло 10 В. Эти режимы обеспечивали примерно одинаковую толщину ПК $\sim 1 \text{ мкм}$. Измерение структуры и свойств образцов ПК осуществлялось после 10 дней их хранения на воздухе.

Результаты и их обсуждение

Морфология пленок изучалась с помощью сканирующего зондового микроскопа NT-MDT Ntegra Therma. Исследование морфологии поверхности ПК с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) выявило ее зависимость от режимов травления.

На рисунке 1 представлены 3D изображения (1а, 2а, 3а) и 2D изображения (1с, 2с, 3с) поверхности исследуемых пленок ПК, выращенных при вышеуказанных условиях. Профиль сечения вдоль центральной линии показан на рисунке 1б, 2б, 3б для трех групп образцов.

Из рисунка 1 видно, что длительное травление при малой плотности тока 1 мА/см^2 (рисунок 1б) приводит к более развитой поверхности с меньшими размерами характерных структур чем при меньшем времени травления, но с большими плотностями тока 15 мА/см^2 и 25 мА/см^2 (рисунок 2б и 3б соответственно).

Для математической характеристики текстуры поверхности используем среднюю квадратичную шероховатость S_q , определяемую как:

$$S_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2}{N}}, \quad (1)$$

где N - число измеренных точек, $\bar{H}$ - средняя высота (нулевой уровень), H_i - высота i -той точки. Результаты измерений показали, что средняя квадратичная шероховатость для образца 1 группы $S_q = 2,96 \text{ нм}$, 2 - $S_q = 1,85 \text{ нм}$, 3 - $S_q = 1,63 \text{ нм}$.

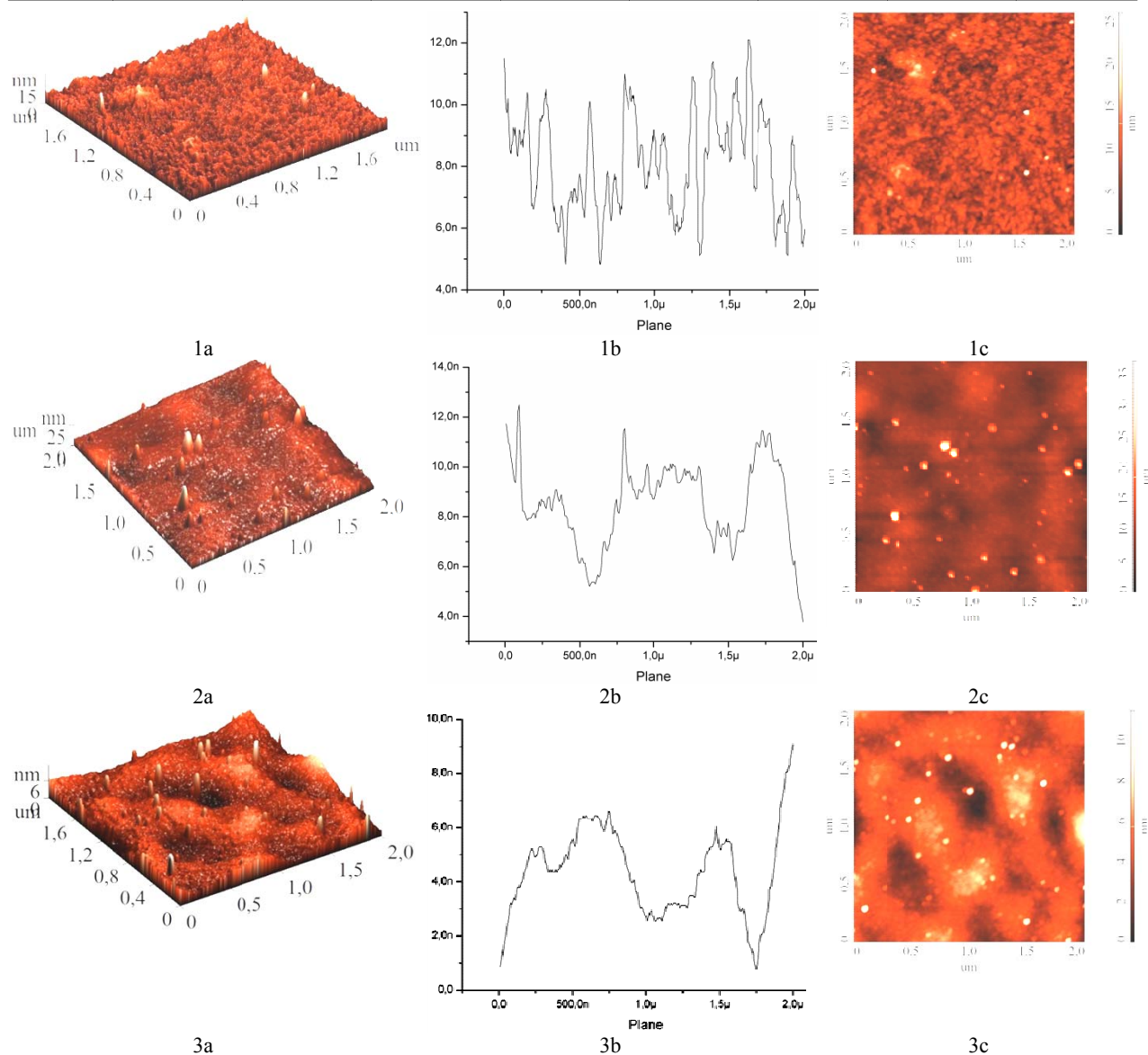
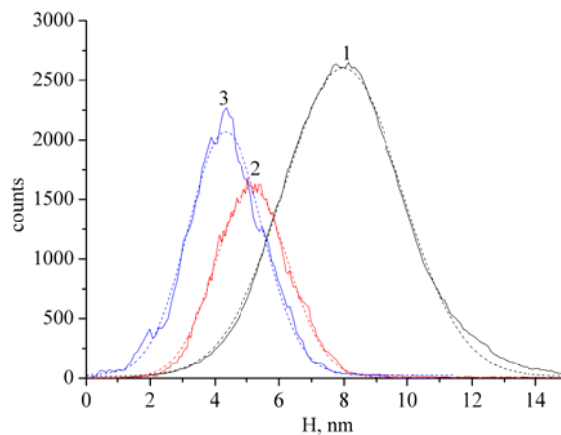


Рисунок 1 – СЗМ изображение образцов ПК, полученных при различных режимах для трех групп образцов:
 1 – $J = 1 \text{ mA/cm}^2$, $t = 20 \text{ мин.}$; 2 – $J = 15 \text{ mA/cm}^2$, $t = 2 \text{ мин.}$; 3 – $J = 25 \text{ mA/cm}^2$, $t = 1 \text{ мин.}$

Используя модуль обработки изображения СЗМ, на рисунке 2 построена функция распределения высоты профиля для исследуемых пленок ПК. Расчет выполнялся для участков поверхности одинакового размера $2 \times 2 \text{ мкм}$.

Рисунок 2 – Функция распределения высоты профиля пленок ПК для образцов 1,2,3. Пунктирными линиями показано разложение кривых на гауссианы



Распределение неоднородностей на поверхности ПК хорошо аппроксимировалось гауссовской кривой с максимумами $H_1=8,0$ нм, $H_2=4,8$ нм, $H_3=4,2$ нм для образцов 1, 2, 3. Для образца 3 с наименьшим временем травления характерный размер неоднородностей был минимальным.

Изучение СЗМ изображений поверхности ПК продемонстрировало, что с увеличением плотности тока поверхность пленок становится более гладкой по сравнению с ПК, полученным при токе $J = 1$ мА/см². Калибровочные опыты по определению пористости показали, что при увеличении плотности тока от $J = 1$ мА/см² до $J = 25$ мА/см² происходит уменьшение пористости от 50% до 30%, а характерные размеры уменьшаются от 8,0 нм до 4,2 нм [7].

С использованием электронного микроскопа FEI Quanta 200 FEG получены микрофотографии поверхности и поперечного сечения образцов ПК. На рисунке 3 представлена поперечное сечение (а) и поверхность ПК (b), выращенного в режиме малой плотности тока. Как видно из рисунка 3, пористый кремний демонстрирует губчатую структуру. Распределение концентрации пор по поверхности равномерное, а размеры пор варьируются от 7 нм до 9 нм. Образцы, полученные при больших плотностях тока, характеризуются меньшей концентрацией пор на поверхности ПК.

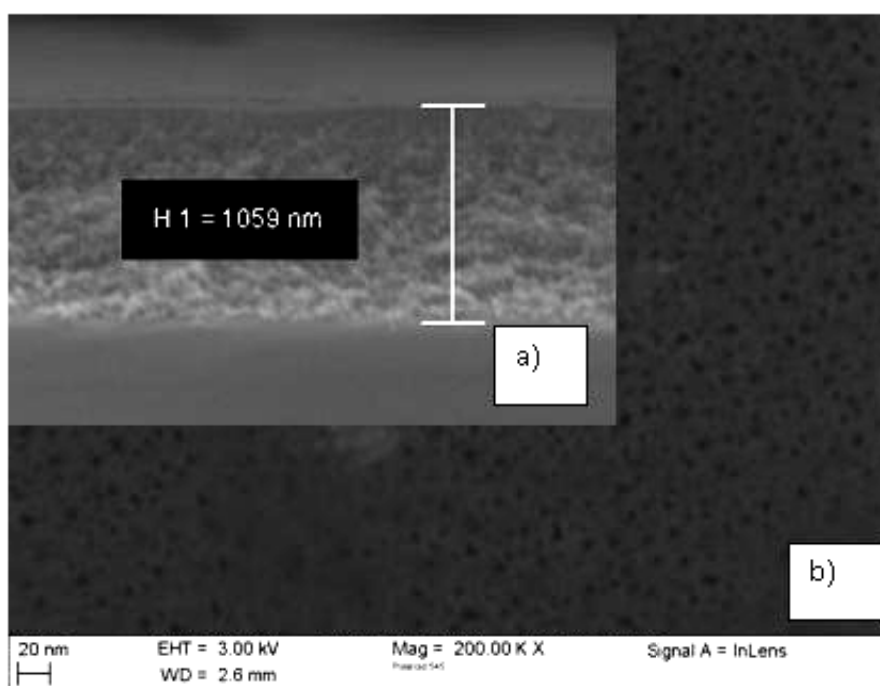


Рисунок 3 – Микрофотография скола (а) и поверхности (b) образца ПК, выращенного при $J = 1$ мА/см² в течении 20 мин.

Доказательством увеличения ширины запрещенной зоны в ПК из-за наличия наноразмерных кремниевых кластеров, образующихся вблизи стенок пор, является фотолюминесценция в пористом кремнии. Спектры фотолюминесценции измерялись при комнатной температуре с использованием спектрометра NT-MDT Ntegra Spectra, при возбуждении лазером мощностью 20 мВт на длине волны 477 нм. Диаметр лазерного пятна на образце составлял около 2 мкм.

На рисунке 4 показаны спектры фотолюминесценции (ФЛ) для трех типов образцов ПК. Для всех образцов форма спектра ФЛ приближается к гауссовской кривой, максимумы кривых лежат в диапазоне 650-680 нм, что соответствует энергии фотонов 1,82–1,91 эВ. Эти пики соответствуют излучению в красной области спектра и объясняются на основе модели квантового ограничения [8].

Интенсивность пиков ФЛ коррелирует с длительностью травления, максимальная интенсивность наблюдалась в образцах 1 группы, что можно объяснить большей пористостью, более развитой морфологией поверхности и увеличением концентрации нанокристаллитов.

Спектры отражения для всех трех групп образцов снимались на спектрофотометре Shimadzu UV-3600 и представлены на рисунке 5.

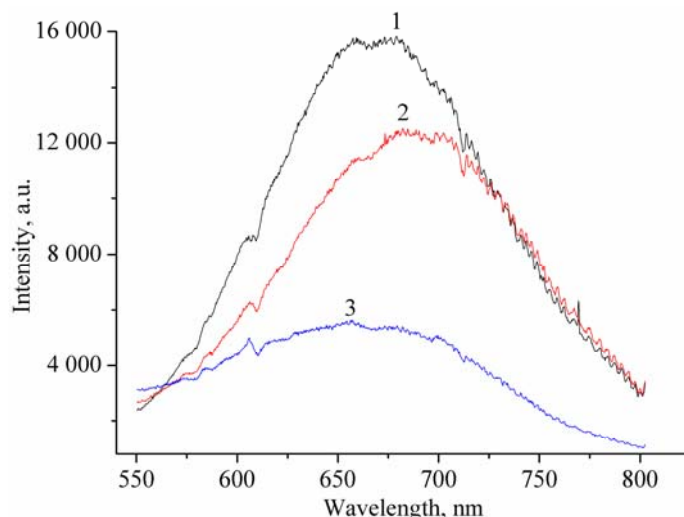


Рисунок 4 – Спектры фотолюминесценции образцов ПК, полученных при различных режимах:
1 – $J = 1 \text{ mA/cm}^2$, $t = 20 \text{ мин.}$; 2 – $J = 15 \text{ mA/cm}^2$, $t = 2 \text{ мин.}$; 3 – $J = 25 \text{ mA/cm}^2$, $t = 1 \text{ мин.}$

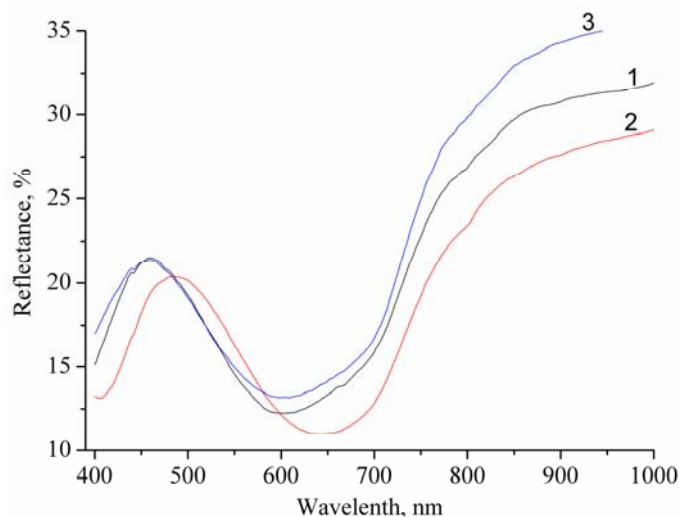


Рисунок 5 – Спектральные зависимости коэффициента отражения образцов ПК, полученных при различных режимах:
1 – $J = 1 \text{ mA/cm}^2$, $t = 20 \text{ мин.}$; 2 – $J = 15 \text{ mA/cm}^2$, $t = 2 \text{ мин.}$; 3 – $J = 25 \text{ mA/cm}^2$, $t = 1 \text{ мин.}$

Положения интерференционных минимумов и максимумов достаточно хорошо совпадают для всех образцов, что свидетельствует об их одинаковой толщине.

Спектры комбинационного рассеяния света пористого кремния являются хорошим диагностическим инструментом при исследовании структурных фаз в ПК и дает возможность оценить характерные размеры нанокристаллитов. Для этой цели измеряют сдвиг рамановского пика в низкоэнергетическую область спектра относительно узкого пика на частоте 520 см^{-1} в монокристаллическом кремнии, связанного с продольными оптическими модами (ЛО). Спектры комбинационного рассеяния света полученных образцов снимались с использованием спектрометра NT-MDT Ntegra Spectra и показаны на рисунке 6.

Пик на $514\text{--}518 \text{ см}^{-1}$ (вместо 520 см^{-1}) появляется после травления монокристаллического кремния и связан с формированием нанопористой структуры [9]. Область $565\text{--}485 \text{ см}^{-1}$ связана с поперечными оптическими модами (ТО) в аморфном кремнии.

Для всех образцов ПК наблюдался сдвиг положения пиков Рамановских спектров в низкоэнергетическую область. Наибольший сдвиг до 514 см^{-1} наблюдался для ПК типа с длительностью травления 20 минут, для образцов с длительностью травления 1-2 минуты пик сдвигался до 518 см^{-1} .

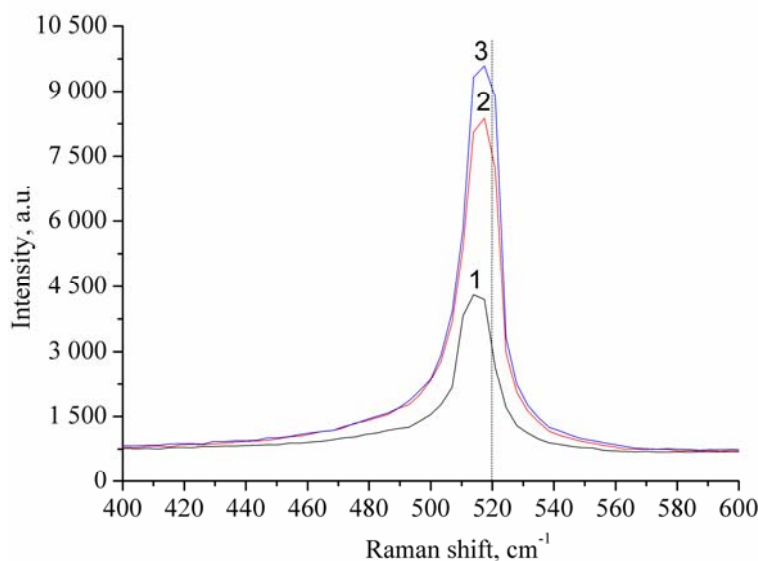


Рисунок 6 — Спектры комбинационного рассеяния света образцов ПК, полученных при различных режимах: 1 – $J = 1 \text{ мА/см}^2$, $t = 20 \text{ мин.}$; 2 – $J = 15 \text{ мА/см}^2$, $t = 2 \text{ мин.}$; 3 – $J = 25 \text{ мА/см}^2$, $t = 1 \text{ мин.}$

Информацию о средних размерах нанокристаллитов в ПК можно получить из уравнения Кардона [10]:

$$d = 2\pi \sqrt{\frac{B}{\Delta\omega}} \text{ (нм)}, \quad (2)$$

где $B = 2,24 \text{ см}^{-1}$ для кремния, $\Delta\omega$ - сдвиг пика комбинационного рассеяния света в ПК относительно пика кристаллического кремния. В соответствии с (2) размеры кристаллитов в образцах ПК уменьшались от 6,6 нм до 3,8 нм при увеличении длительности травления от 1 минуты до 20 минут. Из рисунка 6 видно, что с уменьшением размеров нанокристаллитов происходит расширение спектральной линии, которая становится более ассиметричной и ее максимум сдвигается в низкоэнергетическую часть. Уширение спектров комбинационного рассеяния при увеличении времени травления указывает на нарушение кристаллической структуры исходного кремния, появление аморфной фазы и нанокристаллических кластеров, расположенных на поверхности пор.

Закключение. В работе исследовано влияние технологических режимов получения пленок ПК на его структурные и фотолюминесцентные свойства. Проведенные исследования на образцах ПК одинаковой толщины показали, что увеличение времени травления приводит к более развитой морфологии поверхности ПК и увеличению его пористости. Пленки, полученные за время травления 1-2 минуты характеризуются средней квадратической шероховатостью $S_q = 1,63\text{-}1,85 \text{ нм}$ а для образцов, полученных в течении 20 минут $S_q = 2,96 \text{ нм}$; при этом характерный размер неоднородностей на поверхности ПК увеличивался от 4,2 нм до 8,0 нм. Сканирующая электронная микроскопия подтвердила, что распределение концентрации пор по поверхности равномерное, а размеры пор варьируются от 7 нм до 9 нм.

Смещение максимума спектра комбинационного рассеяния в низкоэнергетическую область спектра позволило определить размеры нанокристаллитов в образцах ПК, эти размеры уменьшались от 6,6 нм до 3,8 нм при увеличении длительности травления от 1 минуты до 20 минут. Установлено, что интенсивность фотолюминесценции выше в образцах ПК с размерами нанокристаллитов 3,8 нм, а максимум смещен в коротковолновую область спектра и локализован на 650 нм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Wolkin M.V., Jorne J., Fauchet P.M., Allan G., Delerue C. Electronic States and Luminescence in Porous Silicon Quantum Dots // *Phys. Rev. Letters*. – **1999**. – Vol. 82. – P. 197-200.
- [2] Dubey R.S., Gautam D. K. Synthesis and Characterisation of Nanocrystalline Porous Silicon Layer for Solar Cells Applications // *Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials*. – **2009**. – Vol. 1. – P. 8-14.

- [3] Tutov E.A., Andryukov A.Yu., Ryabtsev S.V., *Pis'ma v ZhTF*, **2000**, 26 (17), 53-58 (in russ).
- [4] Das M., Sarkar D. Structural and optical properties of n-type porous silicon fabricated in dark // *Indian Journal of Pure & Applied Physics*. – **2013**. – Vol. 51. – P. 724-727.
- [5] N. John DiNardo. Nanoscale characterization of surfaces and interfaces // John Wiley & Sons. – **1994**. – P. 173.
- [6] Manakov S.M., Taurbayev T.I. Morphology and Structural Properties of a-Si:H and a-SiC:H Films Controlled in Nanoscale // *J. Nanoelectron. Optoelectron.* – **2012**. – Vol. 7. – P. 619-622.
- [7] A. Halimaoui, in: L.T. Canham (Ed.), *Properties of Porous Silicon* // IEE INSPEC, The Institution of Electrical Engineers, London, **1997**, p. 12.
- [8] Delerue C./ Allan G., Lannoo M. Theoretical aspects of the luminescence of porous silicon // *Phys. Rev. B*. – **1993**. – N 15 – P. 11024-11036.
- [9] Bulakh B., Korsunskaya N., Khomenkova L., Stara T., Venger Ye., Krystab T., Kryvko A. Structural and luminescent characteristics of macroporous silicon // *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* – **2009**. – Vol. 20. – P. 226-229.
- [10] Feng Z.C., Tsu R., et. al. (1994). *Porous Silicon*. // *Singapore: World Scientific*. – **1994**. – P. 465.

REFERENCES

- [1] Wolkin M.V., Jorne J., Fauchet P.M., Allan G., Delerue C. *Electronic States and Luminescence in Porous Silicon Quantum Dots*. *Phys. Rev. Letters*. **1999**. Vol. 82. P. 197-200.
- [2] Dubey R.S., Gautam D.K. *Synthesis and Characterisation of Nanocrystalline Porous Silicon Layer for Solar Cells Applications*. *Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials*. **2009**. Vol. 1. P. 8-14.
- [3] Tutov E.A., Andryukov A.Yu., Ryabtsev S.V. *Pis'ma v ZhTF*, **2000**, 26 (17), 53-58 (in Russ.).
- [4] Das M., Sarkar D. *Structural and optical properties of n-type porous silicon fabricated in dark*. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*. **2013**. Vol. 51 P. 724-727.
- [5] John N. DiNardo. *Nanoscale characterization of surfaces and interfaces*. John Wiley & Sons. **1994**. P. 173.
- [6] Manakov S.M., Taurbayev T.I. *Morphology and Structural Properties of a-Si:H and a-SiC:H Films Controlled in Nanoscale*. *J. Nanoelectron. Optoelectron.* **2012**. Vol. 7. P. 619-622.
- [7] Halimaoui A. in: L.T. Canham (Ed.), *Properties of Porous Silicon*. IEE INSPEC, The Institution of Electrical Engineers, London, **1997**, p. 12.
- [8] Delerue C., Allan G., Lannoo M. *Theoretical aspects of the luminescence of porous silicon*. *Phys. Rev. B*. **1993**. N 15. P. 11024-11036.
- [9] Bulakh B., Korsunskaya N., Khomenkova L., Stara T., Venger Ye., Krystab T., Kryvko A. *Structural and luminescent characteristics of macroporous silicon*. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* **2009**. Vol. 20. P. 226-229.
- [10] Feng Z.C., Tsu R., et. al. (1994). *Porous Silicon*. *Singapore: World Scientific*. **1994**. P. 465.

НАНОӨЛШЕМДІ КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ ҚАБЫРШАҒЫНЫҢ
ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУС. М. Манаков¹, Е. Сагидолда^{1,2}

¹Өл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
²Өл-Фараби атындағы ҚазҰУ жанындағы Инженерлік бейіндегі зертхана

Тірек сөздер: кеуекті кремний, электрохимиялық өңдеу, фотолюминесценция, нанокристаллиттер.

Аннотация. Монокристаллды n-типті өткізгішті кремнийді этил спирті мен еріткіштік қышқыл қоспасында электрохимиялық еріту әдісімен алынған кеуекті кремний қабыршақтарының құрылымы мен физикалық қасиеттері зерттелді. Дайындалған үлгілер сканерлеуші зондық микроскопия, электрондық микроскопия, раман спектроскопия, және фотолюминесценция әдістерімен зерттелді. Технологиялық параметрлерін және еріту үрдісінің шарттарын өзгерте отырып нанокристаллиттер өлшемдерін қадағалауға және жақсартылған наноқұрылымданған кеуекті кремний наноқабыршақтарын алуға болатыны көрсетілді.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 168 – 175

**RESEARCH THERMO-PHYSICAL-MECHANICAL STATE
OF THE ROD OF FIXED LENGTH
UNDER VOZDEYSVIYA HEAT FLOW AND HEAT TRANSFER**

M. Marzhan, M. O. Nogaibaeva², A. K. Kudaikulov¹

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan,

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: mmarzhan2004@mail.ru, kudahkulov2006@mail.ru

Key words: rod, head, section, energy, potential, deformation, temperature.

Abstract. In work at first method of minimization of full thermal energy defines a field of distribution of temperature on length of a core which both ends is rigidly jammed.

Partially insulated rod members in practice are the main constituent elements of many machines and working under the influence of axial forces variable coordinate temperature, heat flux and heat transfer. With such complex effects study of thermoelastic stress-strain state is partially insulated rod becomes very challenging. Such problems arise in the design of machines used in metallurgical, chemical, petrochemical, food, meat, dairy and many other industries where working bodies, in addition to the mechanical load test and thermal stresses that are inevitable because of the principle, and (or) destination operation of these machines.

Presence of a partial thermal protection, a thermal stream and heat exchange is thus considered. Further substituting the distribution of temperature found the law in expression functional potential energy of elastic deformation and minimizing it on central values of elastic moving of applied discrete square-law final elements the resolving system of the linear algebraic equations is under construction. Solving the last there is a field of elastic moving of components deformation and pressure and also value of arising compressing effort and thermo-elastic pressure. It is considered series of variants.

УДК 539.3

**ЖЫЛУ АҒЫНЫМЕН ЖЫЛУ АЛМАСУЛАР ӘСЕРІНДЕГІ
ШЕКТІ ҰЗЫНДЫҚТАҒЫ СТЕРЖЕННІҢ
ТЕРМОФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ КҮЙІН ЗЕРТТЕУ**

М. Мусайф¹, М. О. Ноғайбаева², А. Қ. Құдайқұлов¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан,

²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: стержен, жылу, қима, энергия, потенциал, деформация, температура.

Аннотация. Жұмыста толық жылу энергиясын минимизациялау әдісі арқылы екі жағы бекітілген стерженнің бойымен жылудың таралу өрісі анықталады.

Тәжірибеде бөліктеп жылу оқшауланған стержендік элементтер көптеген машиналарда және осьтік күштер айнымалы әсерінен жұмыс істейтін температура, жылу ағыны және жылу беруді үйлестіру қарастырылады.

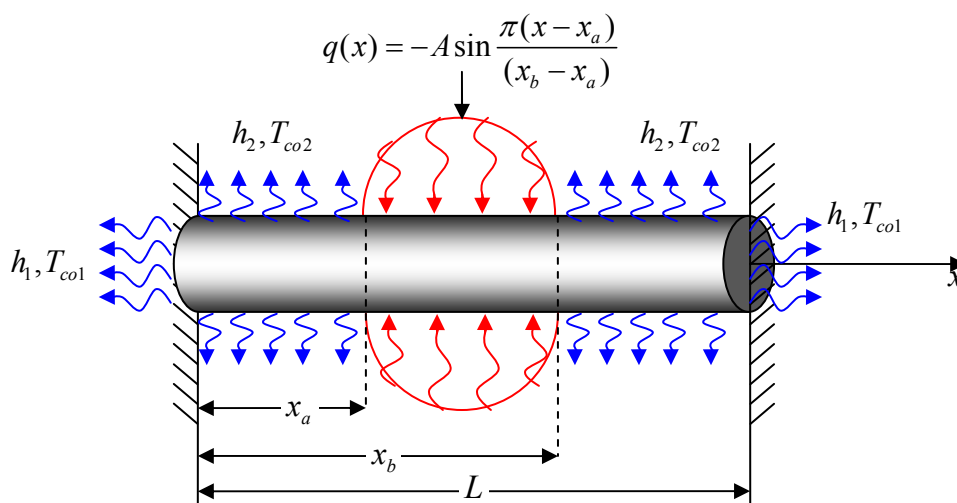
Берілген жылу көздерінде стерженнің беріктілігін сақтау үшін оның көлденең қима ауданының тиімді мөлшерін есептеу қажет. Ішінара жылу оқшауланған стержендердің жылу серпімді деформацияланған күйін зерттеу өте күрделі есептерге жатады. Мұндай есептер металлургиялық химиялық, нефтехимиялық, тамақ, ет

және сүт және басқа өндірістің машина жасау салаларында, механикалық жүктемеден басқа жылу кернеу жүктемесі болуы жағдайында кездеседі.

Сондықтан да ішінара жылу оқшаулау, жылу ағыны мен жылу алмасу әсерлері ескеріледі. Табылған жылудың таралу заңын серпімді деформацияның потенциалды энергиясының функционал өрнегіне қоя отырып, оларды дискретті квадраттық соңғы элементтерді қолданатын серпімді қозғалыстардың түйіндік мәндері бойынша минимизациялап, шешілетін сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесіне салынған.

Соңғы жүйенің шешімі арқылы деформация компоненттерінің және кернеудің серпімді қозғалыстар өрісі, сондай-ақ, қысу күшінің және термо-серпімді кернеудің мәндері табылды. Түрлі нұсқалары ұсынылды.

Мұнай-газ өңдеу, мұнай-химия және метал өндіру зауыттармен газогенераторлық электростанциялар, реактивті және іштей жану двигательдерінің көптеген негізгі құрылым элементтері *стержендік элементтер* болып жұмыс істетіледі. Олар үнемі күрделі жылу өрістері әсерінде жұмыс жасайды. Мұндай процесте жұмыс істетілетін стержендерде жылу өрісі әсерінен пайда болатын кернеулер мен сығушы күштер, кейде рұқсат етілген мөлшерден асып кетіп, құрылым элементтерінің қирауына алып келеді. Сондықтан да жылу ағыны мен жылу алмасу әсерінде жұмыс жасайтын стержендік құрылым элементтерінің термо-кернеулік күйлерін зерттеу, өндірістің немесе двигательдердің үздіксіз жұмыс жасауын қамтамасыз етуге көмектеседі. Мысалы ұзындығы L [см], көлденең қима ауданы F [см²] ұзындығы бойынша тұрақты болған екі шеті мықтап бекітілген стерженді қарастырайық. Стерженнің қимасының радиусы r [см] болсын. Стержен материалының жылу өткізгіштік коэффициенті K_{xx} [Вт/(см·°C)], жылудан кеңею коэффициенті α [1/°C], материалдың серпімділік модулі E [кГ/см²] болсын. Стерженнің мықтап бекітілген екі шетіндегі көлденең қима ауданы арқылы оны қоршап тұрған сыртқы ортамен жылу алмассын. Мұнда жылу алмасу коэффициенті h_1 [Вт/(см²·°C)], ал орап тұрған сыртқы ортаның температурасы T_{co1} [°C] болсын. Сонымен қатар стерженнің бүйір бетінің $x_a \leq x \leq x_b$ ($x_a < L$; $x_b < \ell$) бөлігіне $q(x) = -A \sin \frac{\pi(x - x_a)}{(x_b - x_a)}$ [Вт/см²] жылу ағыны түсіп тұрсын. Стерженнің қалған $0 \leq x \leq x_a$ және $x_b \leq x \leq L$ бөліктерінің бүйір беті арқылы оны қоршап тұрған сыртқы ортамен жылу алмассын. Оның жылу алмасу коэффициенті h_2 [Вт/(см²·°C)] және сыртқы ортаның температурасы T_{co2} [°C] болсын (1-сурет).



1-сурет

Бұндай жағдайдағы стерженнің ұзындығы бойынша $T = T(x)$ (әзірге белгісіз) заңдылықпен жылу таралады. Нәтижеде стержен жылу әсерінен кенеюге әрекет жасап, оның мықтап бекітілген екі шетінде R сығушы күшті және кез келген көлденең қима ауданында $\sigma = R/F$ термо-кернеуді тудырады. Сондықтан да $T = T(x)$, R және σ -ларды табуымыз қажет. Ол үшін стерженді үш бөлікке бөліп қарастырайық (үш бөліктен көп бөлікке де бөлуге болады). Алдымен $0 \leq x \leq x_a$ бөлігін қарастыратын болсақ, мұнда $x = 0$ нүктеге сәйкес көлденең қима ауданы арқылы, ал $0 \leq x \leq x_a$ бөлігінің бүйір беті арқылы сыртқы ортамен жылу алмасқандықтан стерженнің бұл бөлігі үшін толық жылу энергиясын өрнектейтін функционалдың көрінісі мынадай болады [1]

$$I_1 = \int_{V_1} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_0} \frac{h_1}{2} (T - T_{col})^2 dS + \int_{S_{1BB}} \frac{h_2}{2} (T - T_{col})^2 dS. \quad (1)$$

Мұнда V_1 - стерженнің осы бөлігінің көлемі; S_0 - стерженнің $x = 0$ нүктеге сәйкес көлденең қима ауданы; S_{1BB} - стерженнің $0 \leq x \leq x_a$ бөлігінің бүйір бетінің ауданы.

Ал енді стерженнің екінші $x_a \leq x \leq x_b$ бөлігін қарастырайық. Мұнда стерженнің бүйір бетіне $q(x) = -A \sin \frac{\pi(x - x_a)}{(x_b - x_a)} [Bm/cm^2]$ жылу ағыны түсіп тұр. Сондықтан стерженнің бұл бөлігі үшін толық жылу энергиясын өрнектейтін функционалдың көрінісі төмендегідей болады [1].

$$I_2 = \int_{V_2} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_{2BB}} q(x) T(x) dS. \quad (2)$$

Мұнда V_2 - стерженнің екінші бөлігінің көлемі, ал S_{2BB} - осы бөліктің бүйір бетінің ауданы.

Енді стерженнің соңғы үшінші $x_b \leq x \leq L$ бөлігін қарастырайық. Бұл бөліктің бүйір бетімен, $x = L$ нүктеге сәйкес көлденең қима ауданы арқылы сыртқы ортамен жылу алмасады. Сондықтан стерженнің бұл бөлігі үшін толық жылу энергиясын өрнектейтін функционалдың көрінісі [1]-ге сәйкес мынадай болады

$$I_3 = \int_{V_3} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_L} \frac{h_1}{2} (T - T_{col})^2 dS + \int_{S_{3BB}} \frac{h_2}{2} (T - T_{col})^2 dS. \quad (3)$$

Онда жалпы стержен үшін толық жылу энергиясын өрнектейтін функционалдың көрінісі төмендегідей болады [1]

$$I = I_1 + I_2 + I_3. \quad (4)$$

Зерттеліп жатқан процесс тұрақталған жылу таралу процесі болғандықтан, стерженнің әр бөлігіндегі жылу таралу заңдылығын өрнектейтін $T = T(x)$ қисық сызығы, бір қалыпты қисық сызық болғандықтан, оны [2]-ге сәйкес үш нүктеден өткен қисық сызықпен аппроксимациялаймыз. Онда стерженнің бір бөлігіндегі жылу таралу заңдылығын былайша өрнектеуге болады

$$T(x) = \varphi_i(x) T_i + \varphi_j(x) T_j + \varphi_k(x) T_k. \quad (5)$$

Мұнда $T_i = T(x_i)$, $T_j = T(x_j)$, $T_k = T(x_k)$ болып, x_i - стерженнің бөлігінің сол шетіндегі нүктесінің, x_j - орта нүктесінің, x_k - оң шеткі нүктесінің координаталары.

$$\varphi_i(x) = \frac{(\ell^2 - 3\ell x + 2x^2)}{\ell^2}, \quad \varphi_j(x) = \frac{(4\ell x - 4x^2)}{\ell^2}, \quad \varphi_k(x) = \frac{(2x^2 - \ell x)}{\ell^2} \quad (6)$$

Бұл функциялар – үш нүктелі квадраттық элементтің пішін функциялары [2]. Онда (5)-ті (4)-ке қойып, I функционалды стерженнің түйін нүктелеріндегі температураның мәндері бойынша минимизациялап, оларды анықтау үшін мынадай сызықты алгебралық теңдеулер жүйесін аламыз

$$\frac{\partial I}{\partial T_i} = 0, (i = 2 \times шэс + 1). \quad (7)$$

Мұнда *шэс* – стержендегі үш нүктелі квадраттық шекті элементтердің саны. Соңғы жүйені Гаусс әдісімен шешіп $T = T(x)$ функциясын құрылады. Одан пайдаланып әр бір элемент үшін оның серпінділік деформациясының потенциал энергиясын жазамыз. Мысалы *i*- элементі үшін [3]

$$\Pi_i = \int_{V_i} \frac{\sigma_x \varepsilon_x}{2} dV - \int_{V_i} \alpha E T(x) \varepsilon_x dV. \quad (8)$$

Мұнда V_i - *i*-ші элементтің көлемі; $\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}$ - серпінділік деформациясы;

$u(x) = \varphi_i(x)u_i + \varphi_j(x)u_j + \varphi_k(x)u_k$ - стержен қимасының жылжуы; $\sigma_x = E\varepsilon_x$ - серпінділік кернеуі.

Онда стерженнің жалпы потенциал энергиясы

$$\Pi = \sum_{i=1}^{шэс} \Pi_i. \quad (9)$$

Енді $u(x)$ -тің өрнегін (9)-ға қойып Π -ны нүктелердің u_i жылжулары бойынша минимизациялап оларды анықтау үшін төмендегі сызықты алгебралық теңдеулер жүйесін аламыз

$$\frac{\partial \Pi}{\partial u_i} = 0, (i = 2 \times шэс + 1). \quad (10)$$

Нәтижеде түйін қималарының жылжуынан пайдаланып қатар тұрған кез келген *i, j* нүктелер арасындағы серпінділік деформациясының мәні былайша табылады

$$\varepsilon_x \left(\frac{x_j - x_i}{2} \right) = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial \varphi_i \left(\frac{x_j - x_i}{2} \right)}{\partial x} \cdot u_i + \frac{\partial \varphi_j \left(\frac{x_j - x_i}{2} \right)}{\partial x} \cdot u_j + \frac{\partial \varphi_k \left(\frac{x_j - x_i}{2} \right)}{\partial x} \cdot u_k. \quad (11)$$

Ал серпінділік кернеудің мәні Гук заңына сәйкес бойынша табылады [4]

$$\sigma_{x=(x_j-x_i)/2} = E\varepsilon_{x=(x_j-x_i)/2}. \quad (12)$$

Осы нүктедегі температуралық деформация мен кернеудің мәні мынадай болады [4]

$$\varepsilon_T = -\alpha T; \quad \sigma_T = E\varepsilon_T. \quad (13)$$

Онда стерженнің кез келген қимасындағы термо-кернеудің мәні [4]-ке сәкес

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_T \quad (14)$$

болады. Сондай-ақ σ -ның мәні $0 \leq x \leq L$ аралықта тұрақты болады. Онда Гук заңына [4] сәйкес сығушы күштің мәні

$$R = \sigma \cdot F \quad (15)$$

болады.

Енді берілген мәселені мынада параметрлердің мәндерінде шешіп көрейік. $L = 30$ [см],

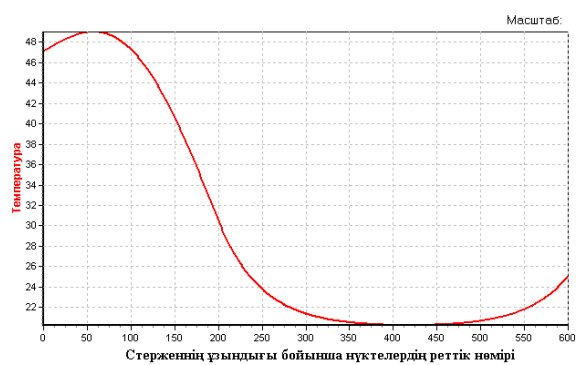
$$\ell = \frac{L}{3} = 10 \text{ [см]}, \quad h_1 = 10 \text{ [Bm/(cm}^2 \cdot ^\circ\text{C)]}, \quad T_{co1} = 40 \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad q = 30 \text{ [Bm/cm}^2\text{]},$$

$$h_2 = 6 \text{ [Bm/(cm}^2 \cdot ^\circ\text{C)]}, \quad T_{co2} = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad K_{xx} = 72 \text{ [Bm/(cm} \cdot ^\circ\text{C)]}, \quad \alpha = 125 \cdot 10^{-7} \text{ [1/}^\circ\text{C]},$$

$$E = 2 \cdot 10^{-6} \text{ [кГ/см}^2\text{]}, \quad r = 1 \text{ [см]}, \quad F = \pi r^2 = \pi \text{ [см]}.$$

Олай болса төмендегідей үш вариантты қарастырайық:

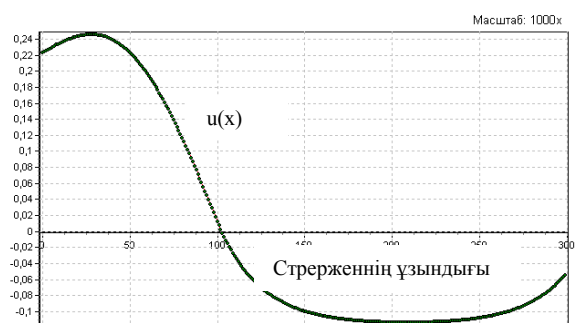
1) $q(x)$ жылу ағыны стерженнің $0 \leq x \leq \ell$ бөлігінің бүйір бетіне түсіп тұрсын. Онда 2-суретінің а)-да $T = T(x)$, б)-да $u = u(x)$, в)-да ε_x , г)-да σ_x , σ_T және σ -дың таралу заңдылықтары көрсетілген. Мұнда $\sigma = -733,8 \text{ [кГ/см}^2\text{]}$ болады және сығушы күштің мөлшері $R = \sigma \cdot F = 2305,5 \text{ [кГ]}$ болады екен.



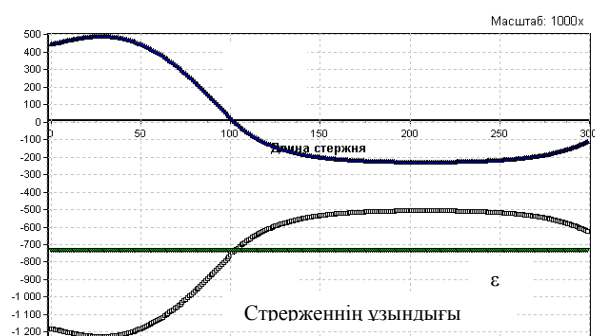
а)



б)

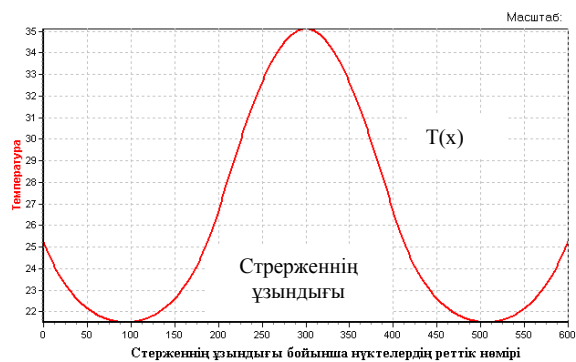


в)

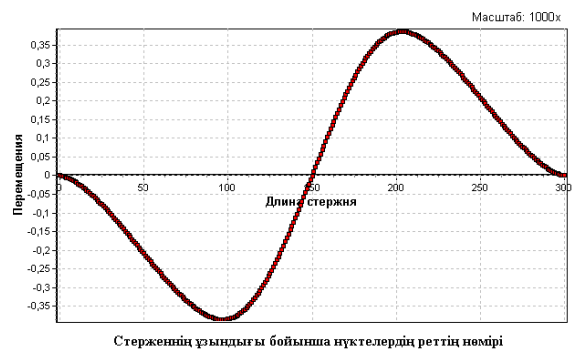


г)

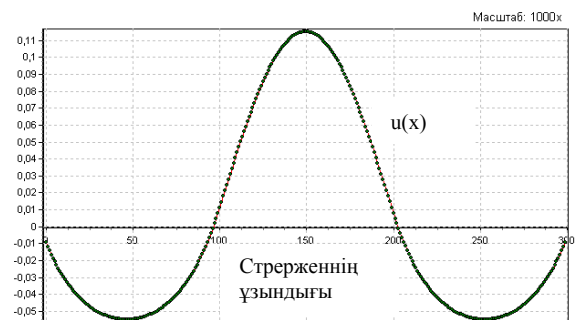
2-сурет



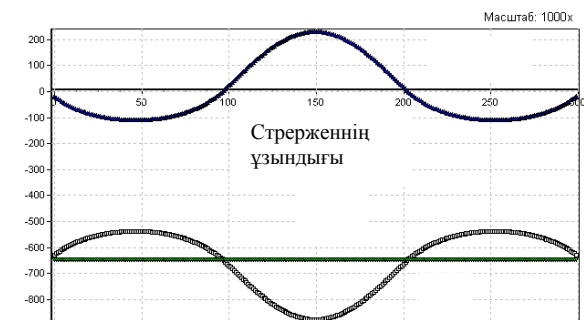
а)



б)



в)



г)

3-сурет

2) $q(x)$ жылу ағыны стерженнің орта бөлігіндегі $\ell \leq x \leq 2\ell$ бүйір бетіне түсіп тұрсын. Онда 3-суреттің а)-да $T = T(x)$, б)-да $u = u(x)$, в)-да ε_x , г)-да σ_x , σ_T және σ -дың таралу заңдылықтары көрсетілген. Мұнда да термо-кернеудің мәні $\sigma = -733,8 \text{ [кГ/см}^2\text{]}$ болады және сығушы күштің мөлшері $R = \sigma \cdot F = 2305,5 \text{ [кГ]}$ болады.

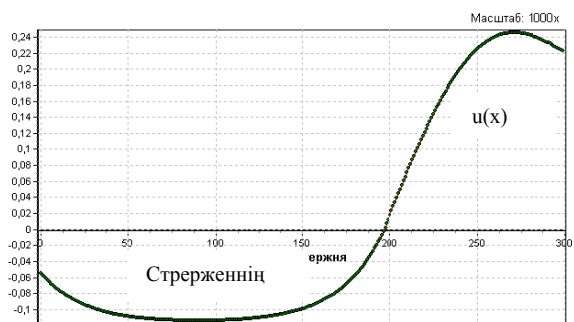
3) $q(x)$ жылу ағыны стерженнің $2\ell \leq x \leq L$ бөлігінің бүйір бетіне түсіп тұрғанда 3-суреттің а)-да $T = T(x)$, б)-да $u = u(x)$, в)-да ε_x , г)-да σ_x , σ_T және σ -дың таралу заңдылықтары көрсетілген. Бұл жағдайда да $\sigma = -733,8 \text{ [кГ/см}^2\text{]}$ болады және сығушы күштің мөлшері $R = \sigma \cdot F = 2305,5 \text{ [кГ]}$ болады.



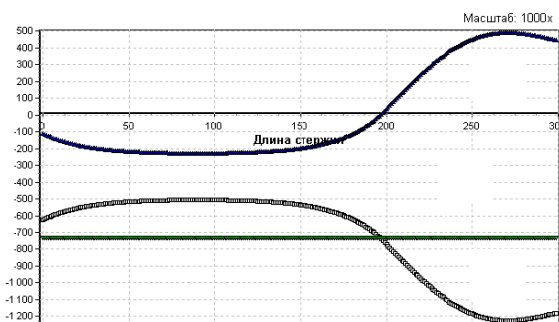
а)



б)



в)



г)

4-сурет

Сонымен кез келген екі шеті мықтап бекітілген стерженге әртүрлі жылу көздері әсер еткенде, әлдеқандай үлкен мөлшерде сығушы термо-кернеу және сығушы күштер пайда болады. Оның нәтижесінде стержен қирап кетуі мүмкін. Оны алдын алу үшін алдымен ғылыми зерттеулер жасап, берілген жылу көздерінде стерженнің беріктілігін сақтау үшін оның көлденең қима ауданының тиімді мөлшерін немесе берілген көлденең қима ауданында жылу көздерінің тиімді мөлшерін немесе стержен материалының таңдау жолдарын алдын ала есептеу қажет екен.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Кудайкулов А.К., Кенжегулов Б.З., Мырзашева А.Н. Математическая модель установившегося поля распределения температуры по длине стержня, ограниченной длины при наличии локальной температуры, теплового потока, теплообмена и теплоизоляции // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2009. – №5. – С. 17-2.
- [2] Кудайкулов А. К., Тулеуова Р., Амиртаев К. Б., Токкулиев Б. М. // “Установившееся напряженно-деформированное состояние жестко-закрепленного двумя концами частично теплоизолированного стержня при наличии теплового потока, теплообмена и температуры” Труды пятой Всероссийской научной конф. с междунар. участием (29–31 мая 2008 г.). – Ч. 1: Математические модели механики, прочности и надежности элементов конструкций. – Матем. моделирование и краев. Задачи. – Самара: СамГТУ, 2008. – С. 161–164.

- [3] Кудайкулов А.К. Математическое (конечно-элементное) моделирование прикладных задач распространения тепла в одномерных конструктивных элементах. – Туркестан: Байтерек, **2009**. – 168 с.
- [4] Кенжегулов Б.З., Кудайкулов А.К., Мырзашева А.Н. Численное исследование удлинения стержня из жаропрочного сплава с учетом наличия всех видов источников // Известия вузов. – Бишкек, **2009**. – № 4. – С. 3-7.
- [5] Жуков П.В. Решение задач теплопроводности и термоупругости для вращающегося полого цилиндра с импульсным подводом теплоты // Мат-лы XVI Межд. науч.-техн. конф. Бенардосовские чтения “Состояние и перспективы развития электротехнологии”. – Иваново, **2011**. – Т. 2. – С. 325-328.
- [6] Ташенова Ж.М., Нурлыбаева Э.Н., Жумадилаева А.К., Кудайкулов А.К. Вычислительный алгоритм и моделирование термонапряженного состояния стержня из жаропрочного сплава при наличии теплообмена, теплоизоляции и температуры постоянной интенсивности // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3-3. – С. 660-664.
- [7] Иванов А.С. Математические аналогии в механике сплошной среды. Монография. – М.: МГОУ, **2009**. – 180 с.
- [8] X Gu, X Dong, M Liu, Y Wang – Heat Transfer – Asian Research, **2012**. – Wiley Online Library.
- [9] Айталиев Ш.М., Кудайкулов А.К., Мардонов Б. Механика прихвата бруйльных колон в нефтегазовых скважинах. – Алматы-Атырау: Изд-во «Эвро», **1999**. – 82 с.
- [10] Chernyaeva T.P., Ostapov A.V. Problems of Atomic Science and Technology // Ser. Physics of Radiation Effect and Radiation Material Science. – (87) 5, 16 (**2013**).
- [11] Zelensky V.F. Problems of Atomic Science and Technology // Ser. Nuclear Physics Investigations. – (85) 3, 76 (**2013**).
- [12] Lerch M.L.F., Petasecca M., Cullen A. et al. // Radiation Measurements 46, 1560 (**2011**).
- [13] Bezshyyko A., Vyshnevskiy I.M., Denisenko R.V. et al. // Nucl. Phys. At. Energy. – 12, N 4. – 400 (**2011**).
- [14] Гестрин С.Г., Сальников А.Н. Локализация экситонов Френкеля на дислокациях // Известие вузов. Физика. – **2005**. – № 7. – С. 23-25.
- [15] Tungatarov A., Akhmed-Zaki D.K. Cauchy problem for one class of ordinary differential equations // Int. J. of Mathematical Analyses. – **2012**. Vol. 6, N 14. – P. 695-699.
- [16] Meirmanov A. Mathematical models for poroelastic flows, Atlantis Press // Paris. – **2013**. – 478 p.
- [17] Kulpeshov B.Sh., Macpherson H.D. Minimality conditions on circularly ordered structures // Mathematical Logic Quarterly. – 51 (**2005**). – P. 377-399.
- [18] Kulpeshov B.Sh. On $\aleph_0$ -categorical weakly circularly minimal structures // Mathematical Logic Quarterly. – **2006**. – Vol. 52, issue 6. – P. 555-574.
- [19] Ерофеев В.Л., Семенов П.Д. Теплотехника. – М.: ИКЦ Академкнига, **2006**. – 488 с.
- [20] Луканин В.Н. Теплотехника. – М.: Высшая школа, **2002**. – 671 с.

REFERENCES

- [1] Kudaykulov A.K., Kenzhegul B.Z., Myrzasheva A.N. *Science and new technologies*, Bishkek, **2009**, 5, 17-2. (in Russ.).
- [2] Kudaykulov A.K., Tuleuova R., Amirtaev K.B., Tokkuliev B.M. *Proceedings Fifth All-Russian Scientific Conference with international participation. Samara*, **2008**, 1, 161-164. (in Russ.).
- [3] A.K. Kudaykulov. *Turkestan: Baiterek*. **2009**, 168p. (in Russ.).
- [4] Kenzhegul B.Z., Kudaykulov A.K., Myrzasheva A.N. *Proceedings of the universities*. Bishkek, **2009**, 4, 3-7. (in Russ.).
- [5] Zhukov, P.V. Materials XVI Int. nauch.tehn. Conf. Benardosovskie read "Status and prospects of development of electrotechnology". *Ivanovo*. **2011**, 2, 325-328. (in Russ.).
- [6] Tashenova J.M., Nurlybaeva E.N., Zhumadillaeva A.K., Kudaykulov A.K. The computational algorithm and simulation thermostressed state bar of heat-resistant alloy with heat exchange, thermal insulation and temperature constant intensity. *Basic research*. **2012**, 3, 3, 660-664. (in Russ.).
- [7] A.S. Ivanov. The mathematical analogy in continuum mechanics. *Monograph. Moscow, Moscow State Open University*, **2009**, 180 p. (in Russ.).
- [8] X. Gu, X. Dong, M. Liu, Y. Wang. Heat Transfer-Asian Research, *Wiley Online Library* **2012**. (in Eng.).
- [9] Aytaliev Sh.M., Kudaykulov A.K., Mardonov B. Mechanics sticking bruiynyh columns in oil and gas wells. *Atyrau-Almaty: Publishing "Evreux"*, **1999**, 82. (in Russ.).
- [10] Chernyaeva T. P. and Ostapov A. V., Problems of Atomic Science and Technology. Ser. Physics of Radiation Effect and Radiation Material Science, **2013**, 87, 5, 16 (in Eng.).
- [11] Zelensky V. F., Problems of Atomic Science and Technology. Ser. Nuclear Physics Investigations **2013**, 87, 3, 76 (in Eng.).
- [12] M.L.F. Lerch, M. Petasecca, A. Cullen et al., *Radiation Measurements* **2011**, 46, 1560 (in Eng.).
- [13] Bezshyyko A., Vyshnevskiy I.M., Denisenko R.V. et al., *Nucl. Phys. At. Energy* 12, **2011**, 4, 400 (in Eng.).
- [14] Gesterin S.G. *Izvestiy VUZ. Fizika*. **2005**, 7, 23-25. (in Eng.).
- [15] Tungatarov A., D.K. Akhmed-Zaki. *Int. J. of Mathematical Analyses*. **2012**, 6, 14, 695-699. (in Eng.).
- [16] Meirmanov A., Mathematical models for poroelastic flows, *Atlantis Press, Paris*, **2013**, 478p. (in Eng.).
- [17] Kulpeshov B.Sh., Macpherson H.D., Minimality conditions on circularly ordered structures. *Mathematical Logic Quarterly*, **2005**, 51, 377-399. (in Eng.).
- [18] Kulpeshov B.Sh., On $\aleph_0$ -categorical weakly circularly minimal structures. *Mathematical Logic Quarterly*, **2006**, 52, 6, 555-574. (in Eng.).
- [19] Yerofeyev V.L., Semenov P.D. *Heat. M.: ICC Akademkniga*. **2006**, 488. (in Russ.).
- [20] Lukanin V.N. *Teplotelnika. M.: Vishaiy shkola*. **2002**. 671 p. (in Russ.).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМО-ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТЕРЖНЯ
ФИКСИРОВАННОЙ ДЛИНЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА И ТЕПЛООБМЕНА****М. Мусайф¹, М. О. Ногайбаева², А. К. Кудайкулов¹**¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан**Ключевые слова:** стержень, теплообмен, сечение, энергия, потенциал, деформация, температура.

Аннотация. В работе сначала методом минимизации полной тепловой энергии определяется поле распределения температуры по длине стержня, оба конца которого жестко зашпелены. Частично теплоизолированные стержневые элементы в практике являются основными составляющими элементами многих машин и работают под воздействием осевых сил, переменной по координате температуры, теплового потока и теплообмена. При таких сложных воздействиях исследования термоупругого напряженно-деформируемого состояния частично теплоизолированных стержней становится весьма сложной задачей. Такие задачи возникают при проектировании машин, применяемых в металлургической, химической, нефтехимической, пищевой, мясо-молочной и во многих других видах промышленности, где рабочие органы, помимо механической нагрузки, испытывают и температурные напряжения, которые неизбежны в силу принципа и назначения работы этих машин.

При этом учитывается наличие частичной теплоизоляции, теплового потока и теплообмена. Далее подставляя найденный закон распределения температуры в выражение функционала потенциальной энергии упругой деформации и минимизируя его по узловым значениям упругих перемещений, применяемых дискретных квадратичных конечных элементов, строится разрешающая система линейных алгебраических уравнений. Решением последней определяются поле упругих перемещений компонентов деформаций и напряжений, а также значения возникающего сжимающего усилия и термо-упругого напряжения. Рассмотрены различные варианты.

*Поступила 25.02.2015 г.***NEWS****OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 175 – 179

**LEARNING THE BASICS OF DESIGNING INFORMATION
TECHNOLOGY TOOLS FOR THE VOCATIONAL TRAINING
OF FUTURE TEACHERS****Zh. Zh. Kozhamkulova, T. K. Koysheva, K. U. Yessentaev**

Kazakh state women's pedagogical university, Almaty, Kazakhstan,

H. A. Yassawe International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan.

E-mail: esentaev_kairat@mail.ru

Key words: personality, Pedagogical spetsialnos, information technology, model.

Abstract. This work deals with the description of bases of designing of training to means information technologies in the course of vocational training of the future teachers. As correct to use in a process formation of possibility informative to technology. Bases of planning of educating to facilities informative technologies in the process of professional preparation of future teachers. Professional preparation of future teachers and pedagogical creative activity during school years. It provides teacher mastering common cultural (outlook), methodical (psychological-pedagogical), subject blocks. Characteristics of possibility of association of structural information in the general view of process, as a higher process of development begins from entropy. Given model of system coordinates will be in a kind "narrow spiral", ie entropy mentally three measure in space during association of information from periphery at this time this object and level of association are moved apart in a center (looking an axis at model) in a process accordingly expresses it.

БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІ КӘСІБИ ДАЙЫНДАУ ҮДЕРІСІНДЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ ҚҰРАЛДАРЫНА ОҚЫТУДЫ ЖОБАЛАУ НЕГІЗДЕРІ

Ж. Ж. Қожамқұлова, Т. Қ. Қойшиева, Қ. Ө. Есентаев

Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,
Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

Тірек сөздер: жеке тұлға, педагогикалық мамандық, ақпараттық технологиялар, модель.

Аңдатпа: Мақалада болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындау үдерісінде ақпараттық технология құралдарын оқытуды жобалау негіздері қарастырылған. ЖОО-ғы болашақ мұғалімнің кәсіби даярлығы оқу жылдары кезінде кәсіби шеберлікке мақсатты даярлаумен қоса, педагогикалық шығармашылық қызметке дайындаумен тікелей астарласуы тиіс. Ол болашақ мұғалімнің жалпы мәдени (өмірге көзқарас), методологиялық (психологиялық-педагогикалық), пәндік блоктарды меңгеруін қамтамасыз етеді. Ең жоғары энтропиядан басталатын даму үдерісі, жалпы түрде құрылымдық ақпаратты жинақтау үдерісі ретінде сипатталуы мүмкін. Ұсынылған модель координаталар жүйесінде «қысыңқы спираль» түрінде болады, яғни, ойша үш өлшемді кеңістікте энтропия ақпараттың жинақталуы барысында перифериядан орталыққа қарай ығысады (модельдің осіне қарай) бұл мезгілде берілген объектіні ұйымдастыру деңгейі оны дамыту үдерісінде сәйкесінше өсетіндігін білдіреді. Құралдарды жобалауға, жасауға, қолдануға, байланысты ақпараттық технологиялардың құралдарын өзіндік ұйымдастыру үдерісін, олардың техникалық құралдарға тікелей қатынасын ескере отырып баламалы модельмен сипатталатындығын болжауға болады. Ғылыми-техникалық революциямен бірге өмірге келген ақпараттанудың ғылыми салалары, ақпараттық технологиялардың дамуындағы ішкі заңдылықтары мен логикасын, оны өндіргіш күшке айналу үдерісін арттыра түсті.

Қорыта айтқанда оқыту үдерісінде ақпараттық технологияларды қолданып оқыту арқылы дүниенің тұтастығын түсінеміз, жалпы интеллекттің артуына ықпал жасаймыз.

«Қазақстан Республикасының 2015 жылға дейінгі білім беруді дамыту» тұжырымдамасында «жоғары білім берудің мақсаты - қоғамның, мемлекеттің және тұлғаның сапалы жоғары білім алуға деген мүдделерін қанағаттандыру, әрбір адамға оқытудың мазмұнын, нысанын және мерзімдерін таңдауға кеңінен мүмкіндік беру»-деп атап көрсетілген.

Қоғам өміріндегі қазіргі өзгерістер, экономиканың, саясаттың, әлеуметтік-саяси саланың дамуы қоғамдағы негізгі фактор болып табылатын *жеке тұлғаның* жалпы даму деңгейіне байланысты болмақ. Ал ол қоғамдағы білім беру талаптарын түбегейлі өзгертуге алып келді. Қоғамдық өмірдегі өзгерістер оқытудың жаңа технологияларын қолдануды, жеке тұлғаның жан-жақты шығармашылық тұрғыдан дамуына жол ашуды көздеп отыр. Бұл міндеттерді жүзеге асырушылар білім беру жүйесінің күрделі мәселелерін шешуші кәсіби – педагогикалық шеберлігі жоғары ұстаздар болмақ.

Міне, осы орайда ҚР Білім және Ғылым Министрлігі әзірлеген «ҚР жоғары педагогикалық білім тұжырымдамасы» мен «ҚР жаңа тұрпатты педагогінің үздіксіз педагогикалық білімі тұжырымдамаларында» жаңа қоғамдағы мұғалім моделінің үлгілері көрсетіліп берілді. Жоғары педагогикалық білімді мұғалімдерге қойылатын талаптар қазіргі қоғам қажеттілігінен туындайды. Жаңа қоғам мұғалімі тек кәсіби шеберлігі жоғары адам ғана емес, рухани дамыған, шығармашыл, мәдениетті, білім құндылығын түсінетін, педагогикалық технологияларды меңгерген, ғылым мен техника жетістіктері негізінде кәсіби даярланған болуы тиіс.

Осындай талап деңгейіндегі маманды даярлау жоғары оқу орындарының үлесіне тиеді. Педагогикалық мамандық - білім беру нәтижесінде алынған және берілетін біліктілікке сәйкес кәсіптік-педагогикалық міндеттерді алға қоюды және шешуді қамтамасыз ететін білім, іскерлік және дағдылардың жиынтығынан тұраты күрделі үрдістің жемісі, яғни осы кәсіптік топ шеңберіндегі қызмет түрі. Білім деңгейі мен кәсіптік деңгейді ұдайы арттырып отыру қажет, себебі ғылым мен техниканың даму нәтижесінде білім тез ескіреді; ғылыми ақпарат көлемі тез өсіп, жаңа білім салалары дамыды, жаңа мамандықтар енгізу мен басқаруды ғылыми негізде жетілдіру қажеттігі туды. Міне, осыдан келіп әрбір адамның бүкіл өмір бойына білім алуына, оны толықтырып, жетілдіріп отыруына мүмкіндік жағдай жасалуда.

ЖОО-ғы болашақ мұғалімнің кәсіби даярлығы оқу жылдары кезінде кәсіби шеберлікке мақсатты даярлаумен қоса, педагогикалық шығармашылық қызметке дайындаумен тікелей астарласуы тиіс. Ол болашақ мұғалімнің жалпы мәдени (өмірге көзқарас), методологиялық (психологиялық-педагогикалық), пәндік блоктарды меңгеруін қамтамасыз етеді.

Қазіргі заманғы қоғам үшін информатиканың, кибернетиканың, синергетиканың, экологияның, микроэлектрониканың және т.б. жаңа ғылымдардың ролі мен мәні туралы түсініктерді дамыту – қазіргі кезең – ғылыми-техникалық төңкерістер кезеңіне тән ерекшеліктердің бірі.

XX-шы ғасырдың 50-60 жылдары басталған бұл даму осы ғылымдардың қалыптасуына және адамзат әрекетінің көптеген салаларына, яғни өндірістік кәсіпорынға, ғылыми зерттеулерге, білім беруге, әлеуметтік мәселелерге және т.б. әсер етті. Бұл жүйелерде өзін-өзі ұйымдастыру, өзі-өзі дамыту, жүйелілік және басқару сияқты факторларды ескеру қажеттігіне алып келді.

Қоғамды дамытудың қазіргі заман кезеңі үшін келесі факторлар мен міндеттер тән [1, 2]:

- адамзат іс-әрекетінің әртүрлі салаларынан шешім қабылдауды жеңілдету, олардың мән-мағынасын оңтайландыру үдерістерін компьютерлендіру;

- табиғат пен қоғамның даму үдерісіндегі ақпараттың ролінің арта түсуі, оны алу (таңдау), жинақтау, өңдеу және мақсатты түрде қолдану құралдарын жетілдіру қажеттілігі;

- болып жатқан үдерістердің мән-мағынасының сипаттамасы ретіндегі ақпарат пен энтропияның өспелі ролі;

- неғұрлым жетілген ақпараттық технологияларды жасау, таза ақпараттықтан компьютерлі интеграцияланған өндіріске өту, ары қарай ақпараттық қорды жетілдіру;

- ақпараттық үдерістерді интенсификациялауға ұмтылу: хабарларды тасымалдау жылдамдығын арттыру, ұсынылатын ақпараттың көлемін арттыру, ақпаратты өңдеуді және оны ендіруді жеделдету, кері байланыстарды, ақпаратты көрнекі бейнелеуді неғұрлым толық түрде қолдану, басқарушылық еңбекті техникалық жабдықтауды арттыру;

- адамзат потенциалын неғұрлым тиімді қолдануға ұмтылу, сәйкесінше материалдық жағдайларды, ұнамды психологиялық климат жасау;

- ЭЕМ-нің бірқатар есептеу, бақылау және басқарушының қызметтерін тасымалдау жолымен адамның ақыл-ой іс-әрекетінің мүмкіндіктерін көбейте түсу;

- ақпараттық технологияларды жетілдіру, компьютерлік интеграцияланған өндіріс жасау;

- ақпараттық тілдердің қалыптасу тарихын ескере отырып, оларды жетілдіру: сөйлеу тілі, жазба → ғылыми тіл (құрылымдау мен формальдауға ұмтылу) → метатіл (табиғат пен қоғамның неғұрлым жалпы заңдылықтарын қолдану);

- басқару факторын жетілдіру жолымен, оның мәнін күшейту;

- даму үдерісінде өзін-өзі жетілдіру, өзін-өзі ұйымдастыру және жүйелік ыңғайдың ролін арттыру; жүйе параметрлерінің нормадан ауытқу мәнін есептеу;

- басқару үдерістеріне, шешім қабылдау үдерістерінің тиімділігіне көңіл бөлуді күшейту.

Барлық қарастырылған үдерістерді, ұғымдарды, факторларды олардың тұрақты өзгеру жағдайында, философиялық көзқарас тұрғысында ой елегінен өткізу; оларды бір жүйеге біріктіру - өте күрделі мәселе болып табылады. Академик Р.Ф.Абдеевтің «Ақпараттық өркениеттің философиясы» деген танымал монографиясы осы бағытқа арналған. Ол ұсынған қоршаған орта – сызықты емес заңдылықпен өмір сүретін, өзін-өзі ұйымдастыратын ауқымды жүйе [1, 136]. Адамзат қоғамында өзін-өзі ұйымдастырудың көрінісі, табиғатты қорғауда, қарусыздануда, мемлекеттерді интеграциялауда жалпы адамзаттық құндылықтардың арта түсуі арқылы айқындалады.

Қазіргі заманғы информатиканың ережелерін ескере отырып философиялық ғылымның жетістіктерін жалпылау келесі қорытындыларды жасау мүмкіндігін береді:

- даму үдерісінің мәні ақпаратты мақсатқа сай жинақтаумен, оны келешекте ретке келтіру, құрылымдаумен айқындалады;

- адамзат қоғамындағы даму үдерісі басқару және өзін-өзі басқару контурларының ұлы жиынтығынан құрастырылады. Әрбір мұндай контур, тікелей және кері ақпараттық байланыстармен тұйықталған, басқарылатын объекті мен басқарылатын субъектіден тұратын, мақсатқа бағытталған ақпараттық-басқарушы үдерісті құрайды;

– жүйенің белсенділігінің басы кез келген басқарушылық үдерістің бастапқы міндеттерімен – мақсатқа сай қызметі мен ауытқуымен байланысқан. Ауытқусыз ақпарат пен басқару үдерісі болмайды, даму да болмайды;

– жүйе ортадан бөлек түрде белсенділік таныта алмайды, тек ортамен өзара әрекеттесу ғана, яғни бұл кезде пайда болатын ауытқулар, қарама-қайшылықтар жүйенің белсенділігіне, оның өзін сақтап қалу бағытындағы ілгерілеуіне қажетті жағдай жасайды;

– кез келген түрдегі реттілік, қоршаған ортаның жүйеге қандай-да бір әсерінің нәтижесінде пайда болады, ол өзгермелі жағдайға бейімдейді, өзі үшін пайдалы ақпаратты жинақтайды;

– басқару механизмі эволюция үдерісінде заңды түрде пайда болатын спецификалық тұрғыда ұйымдастырылған материя қозғалысының формасы. Ол екі өзара байланысқан, кері байланыстармен тұйықталған контурлардағы ақпаратты мақсатқа бағытталған көпциклді түрлендірумен шектелетін және жүйенің басқарылатын объектісінің тұрақтылығын сақтауды және ақпаратты таңдау және жинақтау жолымен оны ұйымдастыру деңгейін одан ары қарай көтеруді функционалды түрде іске асырады.

Осылайша бейнелеу белсенділігі мен циклдікке негізделетін басқару үдерістері мен танымның ұқсастығын атап көрсетеді:

– таным үдерісіндегі кері байланыстың (КБ) бірінші контуры – сынақтан өткізулер, бақылаулар, ақпарат жинаудың көпретті циклі, яғни тәжірибеден алынған эмпирикалық білімнің, мазмұнның аймағы;

– екінші контур – ақпаратты таңдау, жалпылау, кезектегі салыстырмалы шындықты анықтауға талпыныс жасау.

Басқаша айтқанда, 1 контурда КБ құбылыс жақын қабылданады, ал 2 контурда оның мән-мағынасы танылады, мән-мағынаға жету объектіге неғұрлым мақсатқа сай әсер ету, неғұрлым нәзік эксперименттер іске асырылуы барысында тереңдей түседі.

Біздің зерттеу жұмысымыз бойынша Р.Ф.Абдеев ұсынған «ақпараттық құрылымдарды ұйымдастыру үдерісінің ойша моделі» және оны ЭЕМ буындарының дамуы мысалында интерпретациялау үлкен қызығушылық тудырды.

Модельді жасау екі алғышартқа сүйенеді: жүйелілік, жинақылық және өзіндік ұсыну, оларды қазір таным шындығының барлық деңгейлерінде дамытылады, бұл даму құбылысын толығымен екі қарама-қарсы бағыттың – ұйымдастыру мен дезорганизацияның күресі ретінде қарастыру мүмкіндігін береді. Ең жоғары энтропиядан басталатын даму үдерісі, жалпы түрде құрылымдық ақпаратты жинақтау үдерісі ретінде сипатталуы мүмкін. Ұсынылған модель координаталар жүйесінде «қысыңқы спираль» түрінде болады, яғни, ойша үш өлшемді кеңістікте энтропия ақпараттың жинақталуы барысында перифериядан орталыққа қарай ығысады (модельдің осіне қарай) бұл мезгілде берілген объектіні ұйымдастыру деңгейі оны дамыту үдерісінде сәйкесінше өсетіндігін білдіреді.

Осылайша бұл ақпараттық құрылымның өзін ұйымдастыру үдерісі келесі кезеңдермен анықталады:

– екілік санау мен электрленуге өту (бастапқы секіру, электромагниттік реледен электромагниттік лампаларға төңкеріс арқылы өту) – ЭЕМ-нің I буыны;

– ЭЕМ-нің I буынынан II буынына және II буынынан III буынына өте де осындай төңкеріс сипатында болды және «ескі элементтерден (электронды лампа – жартылай өткізгіш – интегралды схема) әрекет ету жылдамдығы 1-2 рет жоғары болатын жаңалардың пайдасы үшін бас тарту керек болды»;

– ЭЕМ-нің III буынынан IV буынға және V буындарына өту кезінде элементтік база (интегралдық схема): «ИС – ОИС (орта интегралдық схема) – УИС (үлкен интегралдық схема) – ӨТИС (өте үлкен интегралдық схема)» жетілдірілді. Дамудың бұл кезеңі эволюциялық үдеріс ретінде сипатталады, яғни ол барлық бөліктерді сақтау барысында жекелеген бөліктерді жаңартуды іске асырады, жаңа жетістіктердің пайда болуына байланысты оларды жедел және экономиялық түрде ендіреді;

– есептеу техникасын ары қарай дамыту сапалық басқа қағидаларды талап етеді. Өте үлкен көлемдегі ақпараттарды замани ЭЕМ-нің көмегімен өңдеу барысында пайда болатын қиыншы-

лықтар мен техникалық прогрестің объективті қажеттіліктері қарастырылып отырған сала бойынша жаңа революциялық төңкерісті даярлауда (оптикалық ЕМ, биокомпьютерлер және т.б.)

Жоғарыда айтылғандарға байланысты бағдарламалық камтамасыз етуді, құралдарды жобалауға, жасауға, қолдануға, байланысты ақпараттық технологиялардың құралдарын өзіндік ұйымдастыру үдерісін, олардың техникалық құралдарға тікелей қатынасын ескере отырып баламалы модельмен сипатталатындығын болжауға болады [3-5]. Мұндай модельді құру үшін АТ құралдарын дамыту үдерісіне әсер ететін басқа да құраушыларды: олар негізделген формальды аппараттардың даму деңгейін; бағдарламалық камтамасыз ету деңгейін; АТ құралдарын адамзат іс-әрекетінің түрлі салаларында қолдану арқылы және т.б. ескеру керек.

Сондықтан ғылыми дүниетанымда жаңа технологиялардың орны ерекше, себебі ол заманауи ақпараттық технологияларды қоғамның барлық саласында және ғылыми-техникалық зерттеулерде кеңінен қолданылуынан келіп туындайды. Ғылыми-техникалық революциямен бірге өмірге келген ақпараттанудың ғылыми салалары, ақпараттық технологиялардың дамуындағы ішкі заңдылықтары мен логикасын, оны өндіргіш күшке айналу үдерісін арттыра түсті.

Қорыта айтқанда оқыту үдерісінде ақпараттық технологияларды қолданып оқыту арқылы дүниенің тұтастығын түсінеміз, жалпы интеллекттің артуына ықпал жасаймыз. Ал біздіңше жоғары оқу орындарында болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындау үдерісінде заманауи ақпараттық технологияларды оқу үдерісінде қолдану жаңа оқу пәндерінің пайда болуына алып келеді және осыған байланысты оқытудың жаңа формалары мен тәсілдерін қарастырудың өзектілігі артады.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Абдеев Р.Ф. *Философия информационной цивилизации*. – М., 1994. – 336 с.
- [2] Ракитов А.И. *Философия компьютерной революции*. – М., 1991. – 280 с.
- [3] *Педагогика профессионального образования*. / Под ред. В. А. Сластенина. – М.: АКАДЕМА, 2004. – 368 с.

REFERENCES

- [1] Abdeev R.F. *Philosophy of information civilization*. M., 1994. 336 p. (in Russ.).
- [2] Rakitov A.I. *The philosophy of the computer revolution*. M., 1991. 280 p. (in Russ.).
- [3] *Pedagogy of vocational education*. Edited V. A. Slavenin. M.: ACADEMA, 2004. 368 p. (in Russ.).

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБУЧЕНИЯ СРЕДСТВАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ

Ж. Ж. Кожамкулова, Т. К. Койшиева, К. О. Есентаев

Казахский государственный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан,
Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави, Туркестан, Казахстан

Ключевые слова: личность, педагогический специальность, информационные технологии, модель.

Анотация. В работе описаны основы проектирования обучения средствам информационной технологий в процессе профессиональной подготовки будущих учителей. Раскрываются вопросы правильного использования в процессе образования возможностей информационных технологий, основы проектирования обучения средствам информационной технологий в процессе профессиональной подготовки будущих учителей, профессиональной подготовки будущих учителей и педагогическая творческая деятельность в период учебного года.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 180 – 185

CAUCHY PROBLEM FOR FIRST ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS USING A TABLE

Zh. A. Musyraliev, G. O. Omirbek, L. A. Rsalina

Kazakh State women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: guli_aidana@mail.ru

Key words: differential, recurrent, Programming.

Abstract. In this article, first order differential equations to solve the problem for a report using Excel spreadsheet are regarded. Also it provided for the Cauchy problem for differential equations. Euler and Runge-Kutta methods using spreadsheets ways Pascal programming language for solving differential equations, briefly mentioned in the program. In general, these methods were analyzed for final decisions. Graph of the results of the report is connected. Runge-Kutta solutions are for the most widely used methods. Many other methods of Runge-Kutta numerical method to calculate the value of the function at the point of the last steps in the value of the information obtained. Article describes Euler's method, Runge-Kutta Pascal algorithmic language program. This program can be changed to another program algorithmic language. At the same time, the Cauchy problem is one of the main objectives of the theory of differential equations. With regard to the Euler method, the main ideas is the starting point for a number of other methods. Euler's method is used for solving equations of any order. Euler's method for ordinary differential equations, mathematical models are used to solve many problems in the field of natural sciences. Runge-Kutta methods, compared with the methods of Euler and Cauchy examples.

БІРІНШІ РЕТТІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ҮШІН КОШИ ЕСЕБІН ШЕШУГЕ ЭЛЕКТРОНДЫҚ КЕСТЕНІ ҚОЛДАНУ

Ж. А. Мүсіралиев, Г. Ө. Өмірбек, Л. А. Рсалина

Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: дифференциал, рекурент, программалау, ұяшық.

Аннотация. Мақалада Бірінші ретті дифференциалдық теңдеулер үшін Коши есебін шешуге Excel электрондық кестесін қолданып шығаруға арналған. Сонымен қатар дифференциалдық теңдеулер үшін Коши есебі қарастырылған. Электрондық кестені пайдаланып Эйлер және Рунге-Кутта тәсілдерімен дифференциалдық теңдеулерді шешу жолдарын қарастырып, Паскаль программалау тілінде қысқаша бағдарламасы көрсетілген. Жалпы осы тәсілдердің шешімдеріне талдау жасалып, қорытынды шығарылған. Есептің нәтижесі графика түрінде салыстырылған. Рунге-Кутта шешімдер неғұрлым кеңінен қолданылатын әдіс. Рунге-Кутта әдісінен басқа көптеген сандық әдістер нүктесінде функцияның мәнін есептеу үшін, өткен қадамдарда алынған мәндері туралы информация пайдаланады. Мақалада Эйлер, Рунге-Кутта әдістерін пайдаланудың Паскаль алгоритмдік тілде программасы берілген. Бұл программа басқа алгоритмдік тілде жазылған программаға ауыстыруға болады. Сонымен қатар, Коши есебі дифференциалдық теңдеулер теориясының негізгі есептерінің бірі. Эйлер әдісіне тоқталатын болсақ негізгі идеялар, басқа әдістермен бірікпелі нүктесі болып табылады. Эйлер әдісі кез-келген тәртіп теңдеулерді шеше алады. Қарапайым дифференциалдық теңдеулер үшін Эйлердің әдісі математикалық моделі ретінде жаратылыстану ғылымдары бойынша көптеген проблемаларды шешу үшін пайдаланылады. Рунге-Кутта, Эйлер әдістері мен Коши есебіне мысалдар келтіріліп, салыстырылған.

Бірінші ретті Кәуділгі дифференциалдық теңдеу үшін Коши есебін қарастырайық. Жалпы түрде Коши есебі былай сипатталады:

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y)$$

$y(0) = y_0$ дифференциалдық бастапқы шартын қанағаттандыратын теңдеуінің $y=f(x)$ шешімін табу керек.

Нақты есепті қарастырайық.

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = 2 * y + \exp(x) - x \end{cases}$$

Теңдеуінің $y(0) = 0,25$ бастапқы мәнді қанағаттандыратын шешімін табайық. Шешімді $[0, T]$ кесіндісінде табу керек. Мұндағы «T» кез келген мәнге ие болуы мүмкін.

Теңдеудің дәл шешімі былай өрнектеледі:

$$y(x) = \exp(2 * x) - \exp(x) + X / 2 + 0.25$$

Осы есептің $[0, T]$ аралығында $X \cdot h$ – қадаммен өзгертін сандық шешімін кесте түрінде шығаратын, сол нүктелердегі дәл шешімімен салыстыру қажет.

h қадамды анықтау үшін мына формуланы пайдаланылды.

$$h = \frac{T}{N}$$

Мұндағы N - $[0, T]$ аралығындағы функцияның мәндері есептелетін нүктелердің саны.

Қойылған есепті шығаруға екі тәсіл қолданамыз. Біріншісі Эйлер тәсілі. Екіншісі 4-ретті Рунге–Кутте тәсілі.

Бірінші тәсіл оңай жасалады. Ал екінші тәсіл күрделірек және шешімі дәлірек.

1.1 Эйлер тәсілі. Есептің шығару алгоритмі. Эйлер тәсілі бойынша бірінші ретті кәуділгі дифференциалдық теңдеулері үшін Коши есебі рекуррентті формуламен беріледі:

$$y_{k+1} = y_k + h * f(x_k, y_k)$$

Мұндағы,

$$X_k = X_0 + h * K, X_0 = 0, K = 0, 1, 2, \dots, N - 1.$$

Рунге – Кутта тәсілі. Бірінші ретті кәуділгі дифференциалдық теңдеулер үшін Коши есебі 4-ретті Рунге–Кутта тәсілінде мынандай рекурренттік формуламен анықталады.

$$y_{k+1} = y_k + (m_1 + 2m_2 + 2 * m_3 + m_4) * h / 6$$

Мұндағы

$$\begin{aligned} m_1 &= f(X_k, y_k) \\ m_2 &= f(x_k + h/2, y_k + m_1 * h/2) \\ m_3 &= f(x_k + h/2, y_k + m_2 * h/2) \\ m_4 &= f(x_k + h, y_k + m_3 * h), \end{aligned}$$

$K=0, 1, 2, \dots, N-1$

Рунге–Кутта тәсілі Эйлер тәсілінен дәлірек, бірақ оны программалауда күрделі. Microsoft Excel программасының көмегімен осы есептеу процесін оңай ұйымдастыруға болады.

Ал Excel программасының графикалық мүмкіндігінен алынған шешімнен дәл шешімді салыстырып көруге мүмкіндік береді.

1.2. Электрондық кестені пайдаланып Эйлер тәсілімен дифференциалдық теңдеулерді шешу.

$$\begin{cases} \frac{ax}{dx} = 2y + e^x - x \\ y(0) = y_0 = 0.25 \end{cases} \quad x \in [0, 1]$$

$$y_{k+1} = y_k + h * f(x_k, y_k) \quad k=0,1,2,...N-1;$$

$$x_k = x_k + h$$

$$h = \frac{1}{N} \quad N=100$$

$$x_0 = 0$$

$$y_1 = y_0 + h; f(x_0, y_0)$$

$$x_1 = x_0 + h; f(x_0, y_0) = 24 + e^{x_0} - x_0$$

$$y_1 = y_0 + h * (2 * y + e^{k * x_0} - x_0)$$

$$A2 = A1 + \$1\$4 * (2 * A1 + \text{EXP}(B))$$

$$Y_0=0.25, \quad X_0=0, \quad X_n=1, \quad N=100, \quad h=0.001$$

0,25	0	0,25	m1	m2	m3	m4	0,25
0,265001	0,01	0,265151	1,50005	1,515113566	1,515264	1,515354	0,265152
0,280303	0,02	0,280609	1,530202	1,545618147	1,545772	1,545913	0,280613
0,295913	0,03	0,296382	1,56106	1,576835355	1,576993	1,577186	0,296393
0,311839	0,04	0,312476	1,592637	1,608780472	1,608942	1,609187	0,312499
0,328089	0,05	0,3289	1,62495	1,641469098	1,641634	1,641932	0,328939
0,344669	0,06	0,34566	1,658015	1,674917153	1,675086	1,675437	0,345722
0,361588	0,07	0,362766	1,691846	1,70914089	1,709314	1,709718	0,362855
0,378852	0,08	0,380224	1,726462	1,744156893	1,744334	1,744793	0,380347
0,396471	0,09	0,398043	1,761879	1,779982091	1,780163	1,780677	0,398208
0,414452	0,1	0,416232	1,798113	1,816633763	1,816819	1,817388	0,416444
0,432804	0,11	0,434799	1,835182	1,854129544	1,854319	1,854944	0,435067
0,451535	0,12	0,453752	1,873105	1,89248743	1,892681	1,893363	0,454085
0,470654	0,13	0,473102	1,911898	1,931725794	1,931924	1,932663	0,473507
0,49017	0,14	0,492856	1,951582	1,971863381	1,972066	1,972863	0,493343
0,510092	0,15	0,513025	1,992174	2,012919329	2,013127	2,013982	0,513604
0,530428	0,16	0,533617	2,033694	2,054913165	2,055125	2,056039	0,534299
0,55119	0,17	0,554643	2,076162	2,097864821	2,098082	2,099055	0,555439
0,572386	0,18	0,576112	2,119598	2,141794639	2,142017	2,14305	0,577034
0,594026	0,19	0,598035	2,164022	2,186723379	2,18695	2,188044	0,599096
0,616121	0,2	0,620422	2,209455	2,232672229	2,232904	2,23406	0,621636

I бағанаға бастапқы енгізілген мәндерді жазамыз

I 1=0

I 2=1

I 3=100 N

I 4= 1/\$ I\$3 $p \frac{1}{N}$

I 5 у-тің бастапқы мәнін 0,25 санын енгіземіз.

В бағанаға х-тің мәндерін енгіземіз:

B1=\$ I \$1

B2=B1+\$ I \$4

X₁=x₀+h

Қалған ұяшықтағы формуланы көшіреміз.

С бағанаға дәл шешім жазылады.

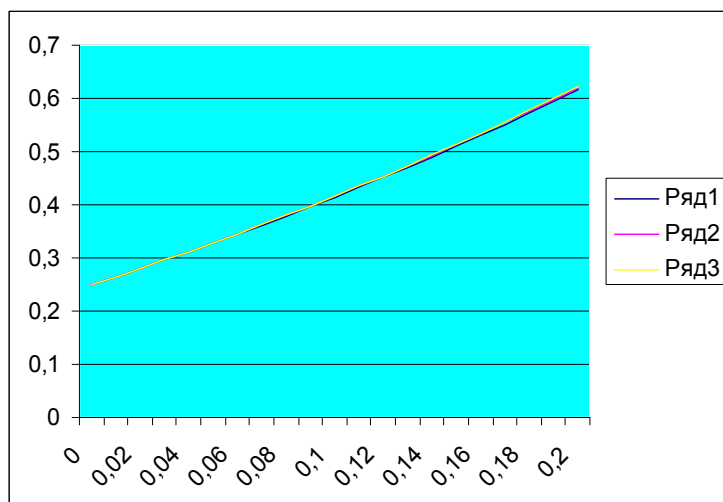
$$C1 = \$I\$5$$

$$C2 = \exp(2 * \Delta 2) - \exp(B2) + \Delta A2 + \$I\$5 = \exp(2 * x0) - \exp(x0) + x0/2 + 0.25$$

А бағанына есептің Эйлер тәсілімен жуықтап шығарылған мәндерді орналастырамыз.

$$A1 = \$I\$5$$

$$A2 = A1 + \$I\$4 * (2 * A1 + \exp(B1) - \Delta 1)$$



Эйлер тәсілінің программасы

```

PROGRAM EIL;
VAR YT,X,H,Y0,T:REAL;
VAR N,I:INTEGER;
FUNCTION F(X,Y:REAL):REAL;
  BEGIN :=2*Y+EXP(X)-X; END;
  BEGIN
T:=1; N:=100; H:=T/N;
Y0:=0.25; X0:=0;
FOR I:=1 TO N-1 DO
  BEGIN
Y:=Y0+H*F(X0,Y0); X0:=X0+H;
WRITE(X0,Y);
Y0:=Y;      YT:=EXP(2*X0);
END;
END.
  
```

Есептің шығару алгоритмі

I бағанына аралық шекаралары орналасады (O, T).

I1=0 (O, T) аралығының сол жақ шекарасы

I2=1 (O,T) аралығының оң жақ шекарасы

Y0=0,25 бастапқы мәні A1 ұяшығында болады.

A2 ұяшығына

=A1+\$I\$3*(2*A1+EXP(B1)-B1) формуласын енгіземіз.

X айнымалысының ағымдық мәндері B бағанына орналасады.

$$B2 = B1 + \$I\$3$$

$$B2 = I1$$

В1 ұяшығына (О,Т) аралығының сол жақ шегі жіберіледі де, ал В2 ұяшығына І3 ұяшығынан І_н қадамның мәні алдыңғы В1-дің мәніне қосылады.

С бағанында дәл шешіс орналасады. С1 ұяшығында $x=0$ нүктесіндегі шешімнің мәні тұрады, ал С2 ұяшығын келесі формуланы енгіземіз:

$$= \text{EXP}(2*B2) - \text{EXP}(B2) + B2 + 0,25$$

Бұл формуланың көмегімен x аргументінің В2 ұяшығындағы мәніне сәйкес дәл шешімнің мәні есептелінеді.

Н бағанында Коши есебінің 4-ретті Рунге – Кутт тәсілімен есептелінген сандық шешімі орналасады. X_k В2 ұяшығынан, ал Y_k Н1 ұяшығынан алынады.

$$= H1 + (D2 + 2*E2 + 2*F2 + G2) * I\$3/6$$

D2, E2, F2, G2 ұяшықтарына m_1, m_2, m_3, m_4 коэффициенттеріне сәйкес формулалар жазылады. Бұл формулалардың жазылу түрі мынадай болады:

$$= 2*H1 + \text{EXP}(B1) - B1$$

$$= 2*(H1 + D2 * I\$3/2) + \text{EXP}(B1 + I\$3/2) - B1 - I\$3/2$$

$$= 2*(H1 + E2 * I\$3/2) + \text{EXP}(B1 + I\$3/2) - B1 - I\$3/2$$

$$= 2*(H1 + F2 * I\$3/2) + \text{EXP}(B1 + I\$3/2) - B1 - I\$3/2$$

1.3. Рунге–Кутта тәсілі. Рунге – Кутта тәсілінің программасының құрылымы

$$y_{k+1} = y_k + (m_1 + 2m_2 + 2*m_3 + m_4) * h / 6$$

$$m_1 = f(X_k, y_k)$$

$$m_2 = f(x_k + h/2, y_k + m_1 * h/2)$$

$$m_3 = f(x_k + h/2, y_k + m_2 * h/2)$$

$$m_4 = f(x_k + h, y_k + m_3 * h),$$

```
PROGRAM RUNGE;
VAR H,X,X0,Y,Y0,T,M1,M2,M3,M4: REAL;
VAR I,J,N: INTEGER;
FUNCTION F(X,Y:REAL):REAL;
BEGIN
F:=2*Y+EXP(X)-X;
END;
BEGIN
T:=1; N:=100;
Y0:=0.25; X0:=0;
H:=T/N;
FOR I:=1 TO N-1 DO
M1:=F(X0,Y0);
M2:=F(X0+H/2,Y0+M1*H/2);
M3:=F(X0+H/2,Y0+M2*H/2);
M4:=F(X0+H,Y0+M3*H);
Y:=Y0+(M1+2*M2+2*M3+M4)*H/6;
WRITE(X0,Y);
Y0:=Y;
END;
END.
```

Суретте бір жолға енгізілген формулалар көрсетілген. Осы формулаларды келесі жолдарға тратып, $x=1$ мәніне дейінгі шешімді табамыз.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учеб. пособие для студентов эконом. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 319 с.
- [2] Алексеев В.Е., Ваулин А.С., Петрова Г.Б. Вычислительная техника и программирование: Практикум по программированию / Под ред. А. В. Петрова. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
- [3] Балапанов Е.Қ., Бөрібаев Б., Дәулетқұлов А.Б. Жаңа информациялық технологиялар: информатикадан 30 сабақ. – Алматы: ЖТИ, 2004. – 400 б.
- [4] Боглаев Ю.П. Вычислительная математика и программирование: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 544 с.
- [5] Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с.
- [6] Каганов В.И. Компьютерные вычисления в средах EXCEL и MathCAD. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2003. – 328 с.
- [7] Аронов В.В. Турбо Паскаль 7.0. Практика программирования: Учебное пособие. – М.: Нолидж, 1999. – 627 с.
- [8] Компьютерные технологии обработки информации: Учеб. Пособие / С.В. Назаров, В.И. Першинов, В.А. Тафинцев и др. / Под ред. С. В. Назарова. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 248 с.
- [9] Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере / Под. ред. В. Э. Фигурнова. – М.: ИНФРА-М, Финансы и статистика, 1995. – 384 с.
- [10] Шәріпбаев А.А. Информатика. Оқу құралы. – Астана: Нұржол, 2003. – 200 б.
- [11] Фаронов В.В. Турбо Паскаль 7.0. Начальный курс: Учебное пособие. – М.: Нолидж, 1999. – 616 с.
- [12] Фаронов В.В. Турбо Паскаль 7.0. Практика программирования: Учебное пособие. – М.: Нолидж, 1999. – 627 с.
- [13] Фурунжиев Р.И., Бабушкин Ф.М., Варавко В.В. Применение математических методов и ЭВМ: Практикум: Учеб. пособие для вузов. – Мн.: Высш. шк., 1988. – 191 с.

REFERENCES

- [1] Akulich I.L. *Mathematical programming examples and problems*: Proc. A manual for students of economy. spec. universities. M.: Higher. wk., 1986. 319 p. (in Russ.).
- [2] Alekseev V.E., Vaulin A.S., Petrov G.B. *Computer Engineering and Programming: Practical Programming*. Ed. A.V. Petrova. M.: Higher. wk., 1991. 400 p. (in Russ.).
- [3] Balapanov E.K., Boribaev B., Dauletkulov A.B. *New information technologies: computer science 30 classes*. Almaty ZHTI, 2004. 400 p. (in Kaz.).
- [4] Boglaev Y.P. *Computational Mathematics and Programming*: Proc. A manual for students of technical colleges. M.: Higher. wk., 1990. 544 p. (in Russ.).
- [5] Wentzel E.S., Ovcharov L.A. *Applied problems of probability theory*. M.: Radio and Communications, 1983. 416 p. (in Russ.).
- [6] Kaganov V.I. *Computer calculations in EXCEL and MathCAD*. M.: Hotline-Telecom, 2003. 328 p. (in Russ.).
- [7] Aronov V.V. *Turbo Pascal 7.0. The Practice of Programming: A Tutorial*. M.: Penguin, 1999. 627 p. (in Russ.).
- [8] *Computer technologies of information processing*: Proc. Benefit. S.V. Nazarov, V.I. Pershin, V.A. Tafintsev et al. Ed. S.V. Nazarova. M.: Finance and Statistics, 1995. 248 p. (in Russ.).
- [9] Tyurin Yu.N., Makarov A.A. *Analysis of the data on the computer*. Under. Ed. VE Fignurnova. M.: INFRA-M, Finance and Statistics, 1995. 384 p. (in Russ.).
- [10] Faronov V.V. *Turbo Pascal 7.0. Basic Course: Manual*. M.: Penguin, 1999. 616 p. (in Russ.).
- [11] Faronov V.V. *Turbo Pascal 7.0. The Practice of Programming: A Tutorial*. M.: Penguin, 1999. 627 p. (in Russ.).
- [12] Furunzhiev R.I., Grandmother F.M., Varavka V.V. *The application of mathematical methods and computers: Workshop: Textbook. manual for schools*. Mn.: Executive. wk., 1988. 191 p. (in Russ.).
- [13] Sharipbayev A.A. *Informatics. Leaders Astana from Nurzhol*, 2003. 200 p. (in Kaz.).

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
ПЕРВОГО ПОРЯДКА С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЦЫ

Ж. А. Мусиралиев, Г. О. Омирбек, Л. А. Рсалина

Казахский государственный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: дифференциал, рецидивующий, программирование.

Аннотация. В статье рассматриваются дифференциальные уравнения первого порядка, для создания электронных таблиц Excel. Также предусмотрено решение задачи Коши для дифференциальных уравнений. Решения Рунге-Кутты – широко используемый метод. Многие другие методы Рунге-Кутта численного метода для расчета значения функции в точке из последних шагов на величину полученной информации. Задача Коши является одним из основных задач теории дифференциальных уравнений. Что касается метода Эйлера, одна из основных его идей является отправной точкой для ряда других методов. Метод Эйлера используется для решения уравнений любого порядка.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 186 – 190

SYNTHESIS OF THE CARBON NANOPARTICLES IN THE GAS PHASE DEPENDING ON THE PLASMA PARAMETERS

S. A. Orazbayev¹, T. S. Ramazanov¹, M. K. Dosbolayev¹, D. G. Batryshev¹, L. Boufendi²

¹Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,

²GREMI, Orleans politechnical university, Orleans, France.

E-mail: sagi.orazbayev@gmail.com

Keywords: nanoparticles, dusty plasma, nanomaterials, gas discharges.

Abstract. In this work carbonous nano and microparticles were obtained by the plasma chemical vapor deposition method in RF discharge and their size and structure depending on the discharge parameters were investigated. Synthesis of nano and microparticles was carried out in mixtures of argon (98%) and methane (2%) gases at different parameters of RF discharge such as time, pressure and discharge power. Morphology and chemical content of obtained samples are investigated by scanning electron microscopy (SEM) and Raman spectroscopy. Analyses of obtained results indicate that synthesis and deposition processes depend on plasma parameters. The optimal conditions of nanoparticle synthesis were determined.

УДК 537.523/.527

КӨМІРТЕГІ НАНОБӨЛШЕКТЕР СИНТЕЗІНІҢ ЖЖ РАЗРЯД ПЛАЗМАСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

С. А. Оразбаев¹, Т. С. Рамазанов¹, М. К. Досболаев¹, Д. Г. Батрышев¹, Л. Буфенди²

¹ННЛОТ, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²GREMI, Орлеан политехникалық университеті, Орлеан, Франция

Тірек сөздер: нанобөлшектер, тозанды плазма, наноматериалдар, газдық разряд.

Аннотация. Аталған жұмыста жоғары жиілікті сыйымдылықты разряд плазмасында газдық фазада көміртегі нанобөлшектері алынған және олардың өлшемдері мен құрылымдарының разряд параметрлеріне тәуелділігі зерттелген. Нано және микробөлшектер синтезі ЖЖС разрядта аргон (98%) мен метан (2%) газ қоспасы плазмасында әртүрлі уақыт, газ қысымы және разряд қуатының параметрлерінде жүргізілген. Алынған бөлшектердің үлгілерінің беттік және химиялық құрамын зерттеу электронды сканерлеуші микроскоп Quanta 3D 200i (SEM, USA FEI company) көмегімен жүргізілді. Графиктік және математикалық есептеулер негізінде көміртегі нано және микробөлшектері өлшемдерінің разряд қуатына, газ қысымына, синтезделу уақытына тәуелділіктері тұрғызылды.

Кіріспе. Қазіргі таңда нанобөлшектер мен наноқұрылымды материалдар көптеген заманауи тауарлар – лак және боя өндірісінен бастап ас тағамдары өнеркәсібінің негізі болды. Нанобөлшектер мен наноқұрылымды материалдардың дамуы медицина мен фармацевтика, энергетика, электроника, автомобиль өнеркәсібінің маңызды бөлігіне айналды. Сондықтан конструкциялы және функционалды наноматериалдар алу нанотехнология саласының маңызды ғылыми және қолданбалы есептерінің бірі болып саналады [1]. Бәрімізге белгілі, нанотехнология саласы қолданбалы ғылымдағы өркендеп дамып келе жатқан маңызды бағыт болып табылады.

Осыған байланысты адамзат қажетті қасиеттерге ие жоғары сапалы ұсақдисперсті (микро және нанобөлшек) композитті материалдарды нанобөлшек және наноұнтақ алуда, металдарды

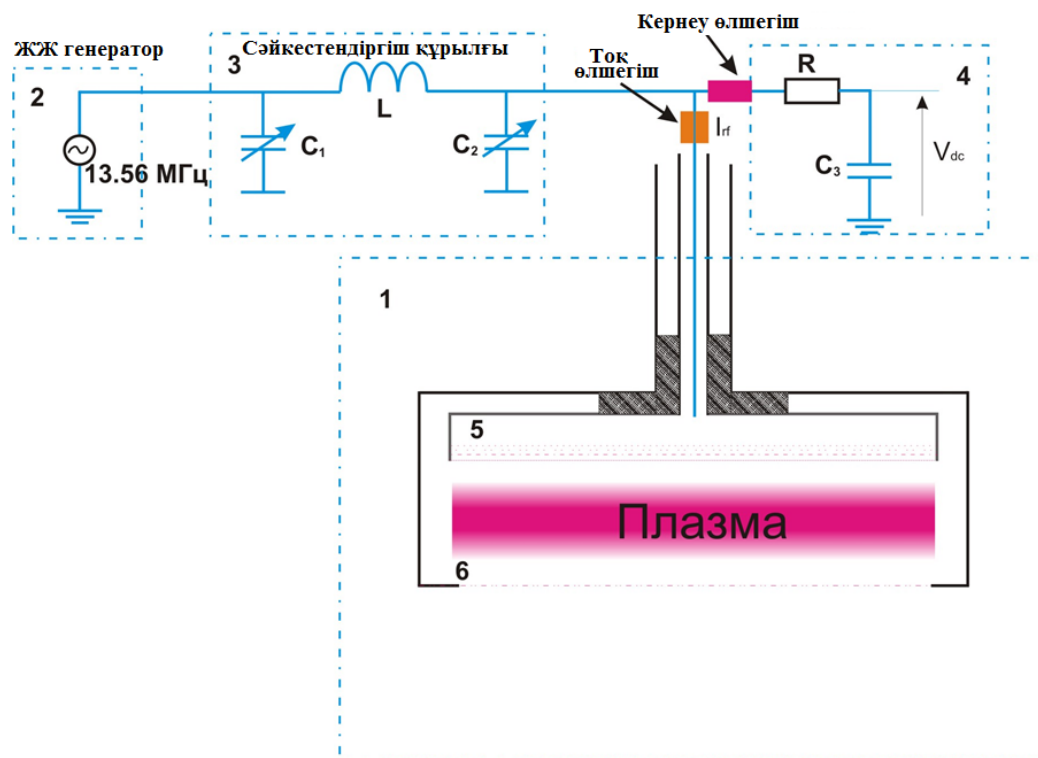
керамикалық материалдар (жоғарғы температуралы жоғары өткізгіштер мен қатты электролиттер) дәнекерлеуде, күн батареяларын өндіру технологияларында қолдануға қызығушылық танытуда [2].

Қазір, нанобөлшекті алудың келесі әдістері кеңінен қолданылады: плазма-химиялық, өткізгіштерді электрлік жару, буландыру және конденсация, левитациялық-аққыштық, криохимиялық синтез, золь-гель процесі, ертінділерден тұндыру, сольво және гидротермальды синтез, электролиттік, микроэмульстік, сұйық фазадан қалпына келтіру, соққы-толқындық синтез. Солардың ішінде, нанокұрылымды нанобөлшектерді алудың екі қарапайым классикалық әдістері бар, олар плазма-химиялық және қажетті өлшемдерге дейін ұсақтау.

Аталған жұмыста плазмалы-химиялық әдіс негізінде жоғары жиілікті сыйымдылықты (ЖЖС) разрядта газдық фазадан көміртегі нанобөлшектері синтезделген және олардың өлшемдері мен құрылымдарының разряд параметрлеріне тәуелділігі зерттелген.

Тәжірибелік қондырғы

1-суретте ЖЖС разряд плазмасында газдық фазадан нано- және микробөлшектерді синтездеуге арналған тәжірибелік қондырғының сұлбасы көрсетілген [3, 4]. Бұл тәжірибелік қондырғы газдық разрядты камерада (1), сәйкестендіргіш құрылғы (2) ЖЖ генератордан (3) және өздік ығысу кернеуін анықтайтын модульден (4) тұрады. Өзара параллель жазық екі электрод газдық разрядты камерада орналасқан. Электродтардың диаметрі 10 см, арақашықтығы 1,5 см. Төменгі электродқа (5) 13,56 МГц жоғары жиілікті кернеу беріледі және жоғарғы электрод (6) жерге жалғанған. Жоғарғы жиілікті генератордан берілетін қуат 1,5–20 Вт аралығында. Ал, жұмыс газы ретінде аргон және метан қоспасы алынды, қысымы 0,1–2 Тор аралығында өзгертіліп отырды.



1-сурет – ЖЖС разрядты қондырғының жалпы сұлбасы

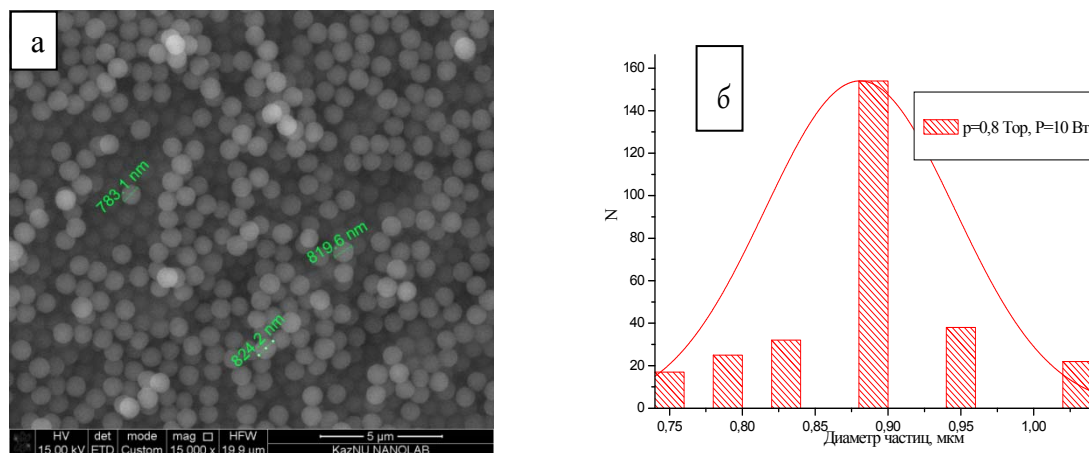
Тәжірибелік әдіс

Бұл тәжірибелік жұмыста плазма-химиялық әдіс негізінде ЖЖС разряд плазмасында газдық фазадан көміртегі нано- және микробөлшектері синтезделген. Аталған газдық фазадан микро және нанобөлшектерді синтездеу әдісі ЖЖС разряд плазмасында аргон метан газ қоспасының құрамының

молекулар мен атомдардың иондарына ыдырауына, соңынан кластерлерден бастап микро-бөлшектерге дейін өсуіне негізделген. Бұл ұсақдисперсті бөлшектердің синтездеу ЖЖС разряд плазмасында иондық-сәулелік қондыру әдісімен көміртегі наноқабықшаларын алу барысындағы тәжірибелік жұмыстарда аңғарылған болатын [5].

Электродтарға жоғары жиілікті кернеу беріліп, разряд жанады және диссоциация және иондалу процестері нәтижесінде газдар қоспасы иондар мен радикалдарға бөлініп, химиялық реакциялардың арқасында нано- және микробөлшектер синтезделеді. Плазмада газдық фазадан нано- және микробөлшектердің өсуі [6-8] белгілі механизммен жүзеге асырылады. Яғни, пайда болу және полимеризация, қанығу және коагуляция, нанобөлшектің беттік өсуі сияқты фазалардан тұрады. Бірінші фазада $t = 0$ (пайда болу және полимеризация фазасы) газ атомдары мен молекулаларының иондары мен радикалдарынан нанокластерлер пайда болады, осыдан кейін қанығу фазасы жүреді t_1 , мұнда нанокластерлер критикалық өлшемге дейін өседі және бір-бірімен жабыса бастайды t_2 (коагуляция фазасы), нанобөлшектің орташа өлшемі 50 нм-ге тең. Кейін нанобөлшектің беттік өсу фазасы жүреді, мұнда нанобөлшектердің өлшемдері ғана өзгереді.

Алынған нәтижелер. Нано- және микробөлшектер синтезі ЖЖС разряд аргон (98%) мен метан (2 %) газ қоспасы плазмасында белгілі уақытта, газ қысымы мен разряд қуатының әртүрлі мәндерінде жүргізілген. Төменде жоғары жиілікті разряд плазмасында газдық фазадан синтезделген көміртегі нанобөлшектері 2-суретте көрсетілген.



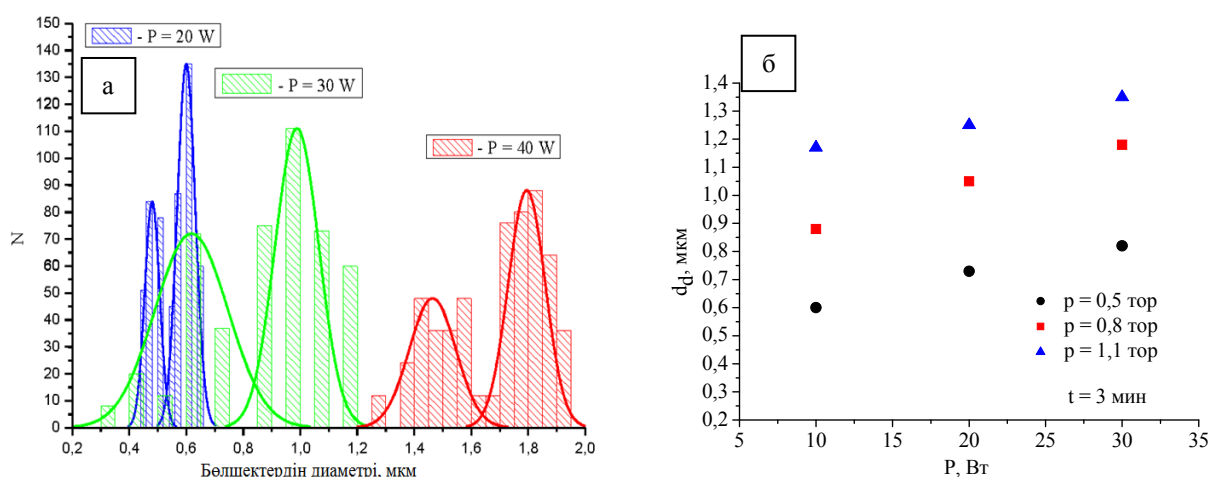
2-сурет – ЖЖ разряд плазмасында синтезделген көміртегі нанобөлшектері (а) және өлшемдері бойынша таралуы (б) $p = 0,8$ Тор, $W = 10$ Вт

Газ қысымы мен разряд қуатының әртүрлі параметрлерінде алынған нәтижелер синтезделген бөлшектердің өлшемдері бойынша таралу функциясы ретінде төмендегі 3-суреттерде көрсетілген.

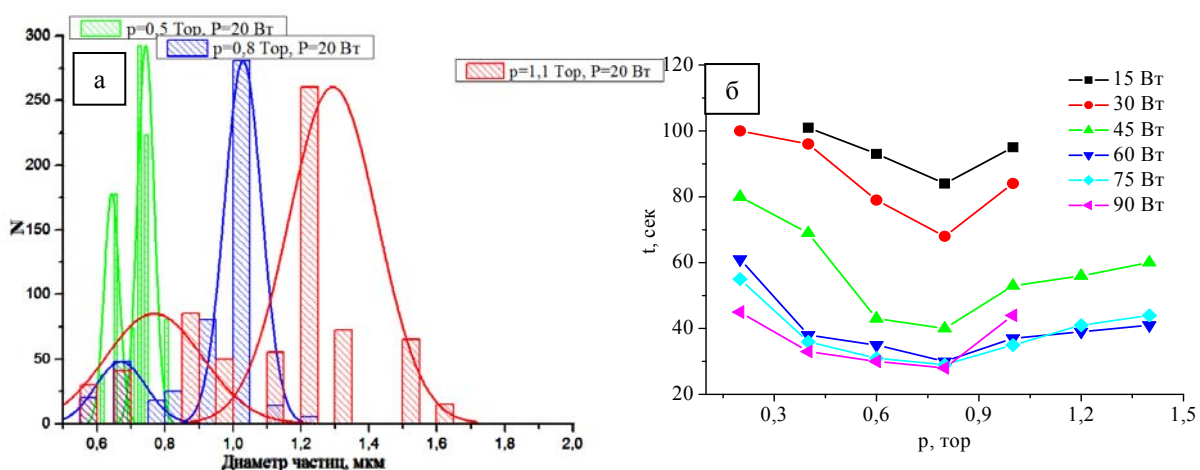
3а-суретте разряд қуатындағы өзгерісіне байланысты плазмада синтезделген нано- және микробөлшектердің өлшемдері бойынша таралу графигі көрсетілген. Бірдей плазма параметрлерінде разряд қуатының кемуіне байланысты синтезделген нано- және микробөлшектердің әртүрлі фракциялары көруге болады.

Берілетін разряд қуатына байланысты плазмада нанобөлшектердің анықталған өлшемдерін алуға болады. Разряд қуатының артуына байланысты электрондардың энергиясы артып, газдың иондалу жылдамдығы артады. Осыған байланысты иондардың концентрациясы мен иондардың бөлшек бетіне қонуы жоғарылайды. Бұл эффект бөлшектердің тез өсуіне алып келеді. Аталған процесс жоғарыдағы 3б-суретте жақсы сипатталған.

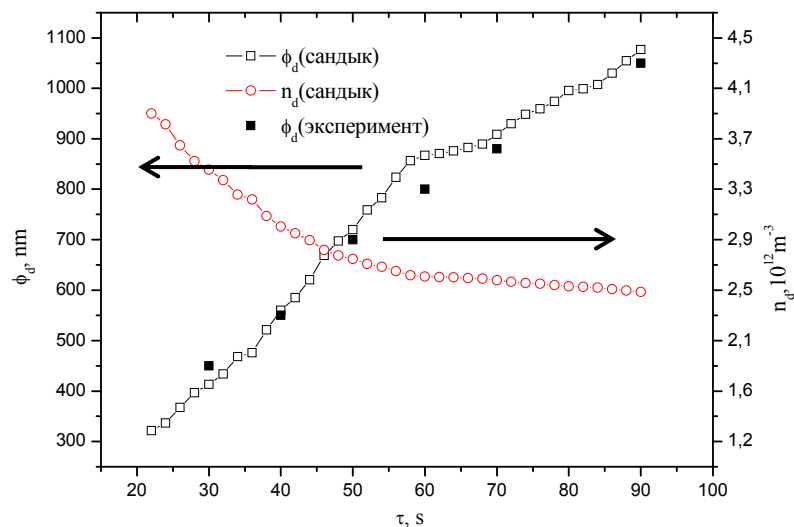
Сонымен бірге, төмендегі 4а-суретте синтезделу уақыты мен разряд қуатының тұрақты мәнінде, плазмадағы бөлшектердің өсуінің газ қысымының $p=0,5-1,1$ тор аралығындағы өзгерісіне тәуелділігі көрсетілген.



3-сурет – а) синтезделген көміртегі нано- және микробөлшектерінің өлшемдері бойынша таралу функциясы, $p = 0,6$ тор және $W = 20-40$ Вт; б) синтезделген бөлшектердің диаметрлерінің разряд қуатына тәуелділігі



4-сурет. а) синтезделген көміртегі нано- және микробөлшектерінің өлшемдері бойынша таралу функциясы, $W = 20$ Вт және $p = 0,5-1,1$ тор; б) бөлшектердің пайда болу уақытының газ қысымына тәуелділігі



5-сурет – Бөлшектердің диаметрі мен концентрациясының синтез уақытына тәуелділігі

46-суретте көріп отырғанымыздай, төменгі разряд қуаттарында бөлшектердің пайда болу процесі ұзақ уақытты қажет етеді, өйткені иондалу процессінің өзі арнайы бір уақытты қажет етеді. Газ иондалғаннан кейін, плазмадағы иондар нанокластерлер және нанобөлшектер түзуі үшін бір-бірімен химиялық байланысқа түседі. Ал разрядтың жоғарғы қуаттарында газдың иондалу процесі жылдам жүретіндіктен, бөлшектердің пайда болуы төмендейді.

Жасалған сериялы эксперименттік нәтижелерден нанобөлшектердің пайда болуының оптималь параметрлері анықталды. 46-суреттен 0,8 торға дейінгі газ қысымының өсуі бөлшектердің пайда болу уақытының төмендейтіні, ал одан ары газ қысымын жоғарылату бөлшектердің пайда болуы уақытының өсетіндігін көреміз.

Сонымен қатар, бөлшектердің диаметрі мен концентрациясының синтез уақытына тәуелділігі алынды. Жоғарыдағы алынған нәтижелер бөлшектердің өсуі плазма параметрлері, яғни разряд қуаты, газ қысымы және бөлшектердің синтезделу уақытына тікелей тәуелді екенін көрсетті.

Осы жұмыста алынған нәтижелер алдығы уақытта ЖЖ разрядты плазмада газдық фазадан бөлшектердің өсуінің басқа да разряд параметрлерлеріне тәуелділігін алуға және бөлшектер алудың технологиялық регламентін жасауға негіз болады.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Осипов В.В., Котов Ю.А., Иванов М.Г., Саматов О.М., Смирнов П.Б. // Изв. АН. Сер. Физическая. – 1999. – Т. 63. – № 10. – С. 1968-1971.
- [2] Осипов В.В., Платонов В.В., Лисенков В.В. // Квант. электрон. – 2009. – Т. 39, № 6. – С. 541-546.
- [3] Ramazanov T.S., Dzhumagulova K.N., Jumabekov A.N., Dosbolayev M.K. // Phys. Plasmas. – 2008. – Vol. 15. – P. 053704.
- [4] Ramazanov T.S., Jumabekov A.N., Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K., Jumagulov M. N. // Phys. Plasmas. – 2012. – № 19. – P. 023706.
- [5] Gabdullin M.T., Ramazanov T.S., Orazbayev S.A., Batryshev D.G., Dosbolayev M.K., Silamiya M. Ion – beam deposition of carbon nanofilms on silicon substrate // Advanced Science Letters. – 2013. – 19. – P. 960.
- [6] Fridman A., Boufendi L., Hbid T., Potapkin B., Bouchoule A. // J. Appl. Phys. – 79. – 1303.
- [7] Boufendi L., thesis Ph.D. University of Orléans, 1994.
- [8] Shiratani M., Fukuzawa T., Watanabe Y. // Jpn. J. Appl. Phys. – Part 1 38, 4542.

REFERENCES

- [1] Osipov V.V., Kotov Yu.A., Ivanov M.G., Samatov O.M., Smirnov P.B. News. AS. Ser. Phys. 1999. Vol. 63, N 10. P. 1968-1971. (in Russ.).
- [2] Osipov V.V., Platonov V.V., Lisenkov V.V. Quantum. el. 2009. Vol. 39, N 6. P. 541-546. (in Russ.).
- [3] Ramazanov T.S., Dzhumagulova K.N., Jumabekov A.N., Dosbolayev M.K. Phys. Plasmas. 2008. Vol. 15. P. 053704.
- [4] Ramazanov T.S., Jumabekov A.N., Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K. Jumagulov M.N. Phys. Plasmas. 2012. 19, P. 023706.
- [5] Gabdullin M.T., Ramazanov T.S., Orazbayev S.A., Batryshev D.G., Dosbolayev M.K., Silamiya M. Ion – beam deposition of carbon nanofilms on silicon substrate. Advanced Science Letters. 2013. 19, P. 960.
- [6] Fridman A., Boufendi L., Hbid T., Potapkin B., Bouchoule A. J. Appl. Phys. 79, 1303.
- [7] Boufendi L. Ph.D. thesis, University of Orléans, 1994.
- [8] Shiratani M., Fukuzawa T., Watanabe Y. Jpn. J. Appl. Phys., Part 1 38, 4542.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ВЧ РАЗРЯДА

С. А. Оразбаев, Т. С. Рамазанов, М. К. Досболаев, Д. Г. Батрышев, Л. Буфенди

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²GREMI, Орлеанский политехнический университет, Орлеан, Франция

Ключевые слова: наночастицы, пылевая плазма, наноматериалы, газовые разряды.

Аннотация. В работе получены наночастицы углерода в плазме высокочастотного емкостного разряда в газовой фазе и исследованы их размеры и структура в зависимости от параметров разряда. Синтез нано- и микрочастиц проводился в смесях газов аргон (98%) и метан (2%) в ВЧЕ разряде при разных параметрах, таких как время синтеза, давление и мощность разряда. Исследования поверхности и химического состава полученных частиц проводились с помощью сканирующего электронного микроскопа Quanta 3D 200i (SEM, USA FEI company). На основе графических и математических расчетов построены зависимости размеров наномикрочастиц от мощности разряда, давления газа и от времени синтеза.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 191 – 198

**THE ISSUE OF PROVIDING TEMPORARY STABILITY
OF FLUID SENSORS****K. A. Ozhikenov¹, P. G. Mikhailov², P. Rakhimzhanova³, Z. Abdikulov³**¹Kazakh National Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,²Penzensky State Technological University, Penza, Russia,³International Kazakh-Turkish University after named H. A. Yassavi, Turkestan, Kazakhstan**Keywords:** physical model, mathematical model, microelectronic sensor, sensor, measuring module.

Abstract. One of the main problems in instrumentation have always been questions of stability of sensors of physical quantities. Of particular relevance they have acquired in connection with the creation and development of complex autonomous measurement and control systems in various industries. This is due to factors such as the long period of operation of objects, the impossibility of their maintenance and repair, including the installation and dismantling of sensors, territorial remoteness, stealth, etc. Improved stability of the sensors of physical quantities is a complex problems, including: the creation of new design and technological solutions, the development of new technologies, methods and procedures for monitoring, testing, long-term analysis of failures and defects in the operation of sensors, etc. This priority is to create new designs and technologies, as the improvement of sensors using traditional methods of conversion, design and technology are mostly exhausted itself, and not justified in practice.

The article is devoted to the key issue of ensuring the stability of the sensors of physical quantities. Approaches to develop a set of physical and mathematical models, which will not only significantly reduce the duration of full-scale tests, but also to accelerate the entire development cycle of new and modernization of the previously developed sensors of physical quantities. It was created by a series of sensors and measurement modules microelectronic sensors and rapidly acoustic pressure.

УДК 681.586.72: 531.787

**ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ
ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН****К. А. Ожикенов¹, П. Г. Михайлов², П. Рахимжанова³, З. Абдикулова³**¹Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,²Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия,³Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Яссави, Туркестан, Казахстан

Ключевые слова: физико-математическая модель, микроэлектронный датчик, чувствительный элемент, измерительный модуль.

Аннотация. Одним из основных проблем в приборостроении всегда были вопросы обеспечения стабильности датчиков физических величин. Особую актуальность они приобрели в связи с созданием и развитием сложных автономных измерительных и управляющих систем в разных отраслях экономики. Это связано с такими факторами, как длительный период функционирования объектов, невозможность их обслуживания и ремонта, в том числе монтажа-демонтажа датчиков, территориальная отдаленность, скрытность и т.д. Повышение стабильности датчиков физических величин является сложнейшей комплексной задачей, включающей в себя: создание новых конструктивно-технологических решений, разработку новых технологий, методов и процедур контроля, испытаний, долговременного анализа отказов и дефектов датчиков в процессе эксплуатации и т.д. При этом приоритетным направлением является создание новых конструкций и технологий, так как совершенствование датчиков, использующих традиционные методы преобразования, конструкции и технологии в большинстве своем исчерпало себя и не оправдало на практике.

Статья посвящена ключевой проблеме обеспечения стабильности датчиков физических величин. Рассмотрены подходы по разработке комплекса физико-математических моделей, который позволит не только существенно сократить длительность натурных испытаний, но и ускорить весь цикл разработки новых и модернизации ранее разработанных датчиков физических величин. Был создан ряд чувствительных элементов и измерительных модулей микроэлектронных датчиков акустических и быстропеременных давлений.

Обзор проблемы обеспечения стабильности датчиков физических величин. Вопросы обеспечения стабильности датчиков физических величин (ДФВ) всегда были одними из основных в измерительной технике и приборостроении. Особую актуальность они приобрели в связи с созданием и развитием сложных автономных измерительных и управляющих систем в космонавтике, энергетике, трубопроводном транспорте, охране важных объектов, экологии. Это связано с такими факторами, как длительный период функционирования объектов, невозможность их обслуживания и ремонта, в том числе монтажа-демонтажа датчиков, территориальная отдаленность, скрытность и т.д. Показательными объектами вышеуказанных отраслей являются: охранные системы стратегических объектов, орбитальные комплексы, межпланетные станции, плотины гидроэлектростанций, ядерные реакторы, контейнерные автономные метеостанции, а так как все современные информационно-измерительные системы, построенные с применением микропроцессоров, контроллеров и компьютеров, имеющие на низовом уровне (процесс, установка, изделие, агрегат) опять те же ДФВ–преобразователи контролируемых параметров процесса. И если их характеристики будут нестабильны во времени, то ни какими программно-аппаратными средствами невозможно обеспечить информативность измерений и регулируемость процесса. Все это приводит не только к финансовым потерям, но может послужить причиной экологических катастроф (неуправляемость ядерной реакцией, аварии на нефте- и газопроводах, прорыв плотин гидроэлектростанций и т.д.). Повышение стабильности ДФВ является сложнейшей комплексной задачей, включающей в себя: создание новых конструктивно-технологических решений, разработку новых технологий, методов и процедур контроля, испытаний, долговременного анализа отказов и дефектов датчиков в процессе эксплуатации и т.д. При этом приоритетным направлением является создание новых конструкций и технологий, так как совершенствование датчиков, использующих традиционные методы преобразования, конструкции и технологии в большинстве своем исчерпало себя и не оправдало на практике [1, 2].

С проблемой обеспечения стабильности разрабатываемой продукции так или иначе сталкиваются все разработчики и изготовители, но особенно она является актуальной в таких отраслях, как ракетно-космическая техника (РКТ), авиация, атомная энергетика. Это связано, в первую очередь, с необходимостью назначения значительного рабочего ресурса, переходом на новую элементную базу, увеличенными уровнями внешних воздействующих факторов (ВВФ) действующими на приборы, материалы и комплектующие и проч.

Например, при создании орбитальных космических комплексов и межпланетных космических аппаратов главные конструкторы изделий требуют у разработчиков средств измерения (СИ) для РКТ увеличения ресурса СИ на два-три порядка по сравнению с теми, которые были ранее характерны для изделий РКТ (десятки, сотни часов при очень высокой надежности). Соответственно ужесточаются и требования по временной стабильности нового поколения СИ. В частности, для СИ, разрабатывавшихся для ракетно-космического комплекса «Энергия-Буран» основные ВВФ и технические требования к датчикам были следующие [3]:

- температурный диапазон от 253 до +700 °С;
- термоудары со скоростью до 5000 град/с;
- вибрации до 1200 g с частотой от 5 до 5000 Гц;
- ударные нагрузки до 700 g длительностью от 0,5 до 5 мс;
- акустический шум до 170 дБ;
- пожаро- и взрывобезопасность в среде «водород-кислород»;
- помехоустойчивость и электромагнитная совместимость;
- широкие диапазоны измерения;
- многоразовость применения (до 100 раз);
- надежность от 0,99 до 0,999 при обеспечении механической надежности до 0,99999.

Кроме того, для авиационной и ракетно-космической техники необходимы ДФВ малых габаритов и веса, так как их общее количество на одном изделии, особенно при стендовой и летно-конструкторской отработке очень велико и может достигать несколько тысяч штук, что связано с колоссальным числом контролируемых параметров и точек контроля. Так, например, общее число точек контроля на автономном спускаемом аппарате типа «Буран» было более 50000 шт.

Еще одним характерным примером резкого повышения требований к долговременной стабильности СИ и особенно датчиков является использование последних в ядерной энергетике для контроля функционирования ядерных реакторов. Дело в том, что зачастую установка ДФВ осуществляется таким образом, что в дальнейшем демонтировать или заменить его практически невозможно, так как это связано с возможными нарушениями целостности конструктивных элементов ядерного реактора.

Использование ДФВ в автономных управляющих системах: инженерных боеприпасах, системах охраны стратегических объектов, системах аварийной защиты ракет, стоящих на боевом дежурстве и прочее, также требует применения стабильных датчиков, в противном случае недостоверность выдаваемой информации может привести к значительным материальным и экономическим потерям, экологическим катастрофам, а также к гибели людей.

Обеспечение стабильности ДФВ – междисциплинарная проблема. Наряду с осознанием необходимости решения проблем, связанных с обеспечением стабильности разрабатываемой продукции, следует понимать, что данная проблема – многогранная, стыковая, так как завязана с различными областями знаний (материаловедение, физика твердого тела, вычислительная техника, системный анализ и проч.). Поэтому для решения вопросов стабилизации параметров ДФВ необходим комплексный, системный подход, включающий следующие аспекты [4-6]:

1. Научный (разработка теоретических вопросов, моделирование, исследование различных физических эффектов и проч.);
2. Технологический (разработка и внедрение новых технологических процессов и операций);
3. Материаловедческий (разработка и исследование новых материалов, в том числе и композитных);
4. Химический (подбор и исследование травителей, газов и т.д.);
5. Экологический (утилизация отходов, нейтрализация агрессивных газов и проч.)

Обеспечение стабильности датчиков физических величин является актуальной проблемой в большинстве отраслей науки и техники. Это объясняется, в первую очередь тем, что, несмотря на высокий уровень развития информационно-измерительных систем и интеллектуализацию процессов измерения и управления, первичным звеном, определяющим большинство технических характеристик систем (точность, быстродействие, надежность и проч.) является датчик. Следует подчеркнуть, что без разработки и освоения производства стабильных ДФВ применение даже новых интеллектуальных информационно-измерительных систем, построенных на основе микропроцессоров и современного программного обеспечения, не может обеспечить необходимого качества измерения, так как искаженную нестабильным ДФВ информацию невозможно скорректировать.

Традиционно высоконадежные ДФВ разрабатывались и изготавливались для нужд оборонных отраслей (авиация, космонавтика, военно-морской флот) на предприятиях военно-промышленного комплекса. Особенностью таких ДФВ является то, что при высокой надежности, достигающей до 0,99 и выше, они имеют, в подавляющем большинстве, малый ресурс работы (единицы, десятки часов), что объясняется жесткими условиями их эксплуатации (криогенные и повышенные температуры, ионизирующие излучения, высокие вибронагрузки, агрессивные среды и т.д.). Такой ресурс ДФВ обеспечивают при решении специальных задач: вывод спутника на орбиту, обеспечение старта ракеты, управление полетом самолета и пр., длительность выполнения которых, как правило, невелика.

В условиях сокращения вооружений и осуществлении конверсионных программ на большинстве предприятий оборонного комплекса разработчикам и производителям ДФВ пришлось срочно переориентироваться на гражданские отрасли, в первую очередь, на энергетику, химическую и нефтеперерабатывающую промышленность, газо- и нефтедобычу. При этом необходимо было коренным образом менять подход, заложенный при разработке изделий для оборонных нужд -

«малый ресурс при высокой надежности», на новый – «большой ресурс при приемлемой надежности». Для новых изделий, поставляемых для гражданских отраслей, требовалось повысить ресурс на несколько порядков. В частности, для датчиков давления, монтируемых на магистральных нефтепроводах, необходимо было повысить ресурс со 100 часов (у существующих датчиков) до 50 000 – 100 000 часов (для вновь создаваемых). Конечно, при таких ресурсах от ДФВ не требуется выдерживать повышенные ВВФ, но для обеспечения такого длительного ресурса необходимо было менять многое в конструкции, технологии, методах испытаний, расчетах. К примеру, даже ускоренные испытания ДФВ дают только десятикратный выигрыш по времени, поэтому экономически нецелесообразно проводить длительные ресурсные испытания. Кроме того, результаты ускоренных испытаний не могут гарантировать адекватного поведения ДФВ в реальных условиях эксплуатации.

Следует отметить, что аналитический обзор состояния стабильности ДФВ, выпускаемых в России и за рубежом проведенный автором по различным источникам, показал следующее:

1. В подавляющем большинстве производители не указывают временной стабильности параметров и только отдельные изготовители и разработчики, хотя и указывают, но только качественно, а не количественно.

2. Используемая терминология, характеризующая стабильность ДФВ, не соответствует ГОСТ и международным стандартам. В частности, используются следующие характеристики:

- долговременная стабильность метрологических характеристик (МХ);
- высокая точность и стабильность МХ в условиях эксплуатации;
- стабильность МХ в течение ресурса;
- стабильность МХ при эксплуатации в широком диапазоне частот, температур, воздействии давлений, вибрации, радиационных излучений;
- обладает долговременной стабильностью параметров.

3. Недостаточность и просто отсутствие информации от изготовителей о стабильности выпускаемых ими ДФВ объясняется, по всей видимости, несколькими основными причинами:

- трудностью корректного подтверждения временной стабильности технических характеристик ДФВ, что связано с большими временными и экономическими затратами;
- недостаточной развитостью математического аппарата создания долговременных прогнозных моделей.

При назначении параметров стабильности возникает необходимость создания математических и физических моделей, способных предоставить потребителю достаточную информацию по состоянию характеристик устройства либо через заданный интервал времени, либо в указанном временном диапазоне. Сложность создания таких моделей состоит в том, что количество учитываемых параметров в них слишком велико, при этом необходимо также учитывать режим работы устройства в тот или иной момент времени в течение всего срока эксплуатации датчиков. Поэтому при создании физико-математических моделей (ФММ) имеет место завышение многих ВВФ, таких как повышенная или пониженная температура, термоудары, периодические возрастания и понижения влажности, влияние агрессивных сред и т.п. Это приводит к тому, что в конечном итоге ДФВ проектируется по критическим значениям ВВФ (критические модели), но на практике условия эксплуатации являются критичными лишь относительно небольшое время по сравнению с общим эксплуатационным ресурсом. Хотя такого рода критические модели и способны облегчить усилия, затраченные на разработку и конструирование, но они не способны точно предсказать состояние системы или ДФВ в какой-либо заданный момент времени. Если же точно описать условия эксплуатации устройства, что, вообще говоря, практически невозможно из-за случайного характера внешних воздействий, то модель будет неустойчивой.

Разработка комплекса ФММ позволит не только существенно сократить длительность натурных испытаний, но и ускорить весь цикл разработки новых и модернизации ранее разработанных ДФВ. При этом следует учитывать, что при создании таких моделей требуются значительные информационные ресурсы, поэтому синтез ФММ возможен только при использовании современной вычислительной техники и нового программного обеспечения. Но затраты на эти цели с научной и экономической точек зрения вполне оправданы, так как позволяют создать для различных отраслей народного хозяйства целую гамму ДФВ с повышенной стабильностью. Таким образом,

проблема обеспечения стабильности ДФВ является нетривиальной задачей и требует решения целого комплекса проблем из различных отраслей науки и техники: материаловедения, информатики, механики, схемотехники, микроэлектроники, физики твердого тела и пр.

Как показала практика, отдельные меры, направленные на улучшение частных характеристик ДФВ, не приводя в целом к улучшению стабильности, чаще всего ухудшают другие характеристики (вес, ремонтпригодность, надежность и проч.). Поэтому при решении проблем обеспечения стабильности ДФВ необходимо использовать комплексный подход, включающий рассмотрение всего ДФВ как системы, разные уровни которой, начиная с низового (атом, домен, кристалл, зерно) и заканчивая верхним (нормирующий преобразователь), охвачены обратными связями - постоянными и временными (рисунок 1). При этом обратные связи могут быть как постоянные (в виде обратных преобразователей), так и временные, появляющиеся в процессе изготовления структур датчика и при проведении целенаправленных процессов стабилизации (термотренировка, искусственное старение и проч.).

Это предложение подтверждается также концепцией качества, изложенной в ИСО 9000 согласно которой необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению и поддержанию качества в процессе всего жизненного цикла изделия, начиная от технического задания на разработку и заканчивая его утилизацией. Поэтому стратегия обеспечения временной и параметрической стабильности ДФВ может быть представлена в виде блок-схемы описывающей основные этапы жизненного цикла ДФВ, причем в ней, также как и в ДФВ, присутствуют обратные связи, предназначенные для поддержания необходимого уровня стабильности системы (рисунок 1).

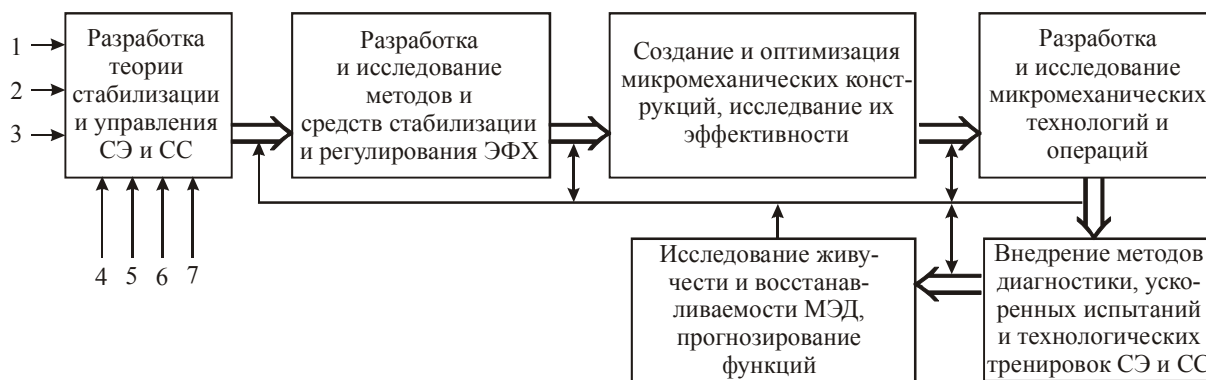


Рисунок 1 – Стратегия обеспечения стабильности микроэлектронных датчиков

Как видно из данной блок-схемы, задачу обеспечения стабильности условно можно разбить на следующие взаимосвязанные блоки:

- I. Разработка вопросов теории стабилизации и управления ДФВ;
- II. Разработка и исследование методов и средств стабилизации и регулирования ЭФХ;
- III. Создание и оптимизация микромеханических конструкций, исследование их эффективности;
- IV. Разработка и исследование микромеханических технологий и операций;
- V. Внедрение методов диагностики, ускоренных испытаний и технологических тренировок;
- VI. Исследование параметрической устойчивости, живучести, восстанавливаемости Д, прогнозирование функционирования;

В качестве основополагающих составляющих начального, теоретического блока, отнесены следующие вопросы [7-9]:

1. Анализ и оценка влияния ВВФ на устойчивость и стабильность ДФВ;
2. Стабилизация, авторегулирование элементами ДФВ;
3. Управляемость ЭФХ чувствительных элементов ДФВ;
4. Разработка математических моделей;
5. Прогнозирование дрейфа параметров ДФВ;
6. Выработка критериев стабильности;
7. Синтез обратных связей.

Следует отметить, что каждый из перечисленных вопросов является сам по себе проблемным, поэтому даже решение какой-либо части из них, может послужить существенным вкладом в деле создания датчиков с повышенной временной стабильностью.

На основе разработанных положений и методов был создан ряд чувствительных элементов и измерительных модулей микроэлектронных датчиков акустических и быстропеременных давлений (рисунок 2–5) [1-3, 6, 9-11].

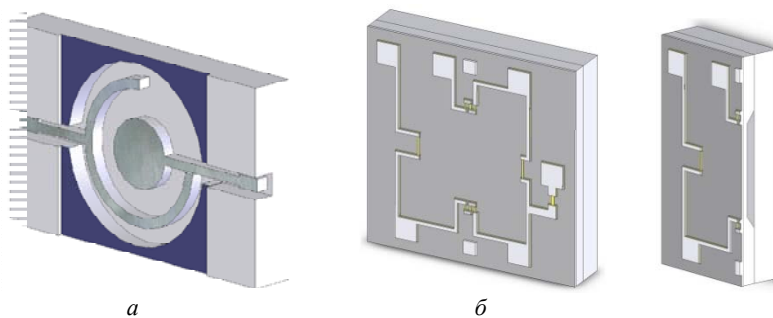


Рисунок 2 – 3D-модели ИМ МЭД давления: *а* – емкостный, *б* – пьезорезистивный

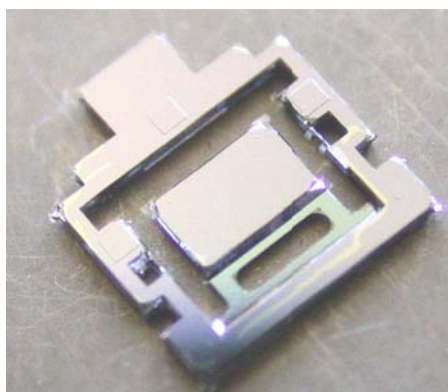


Рисунок 3 – Фотография кремниевого ЧЭ микромеханического акселерометра

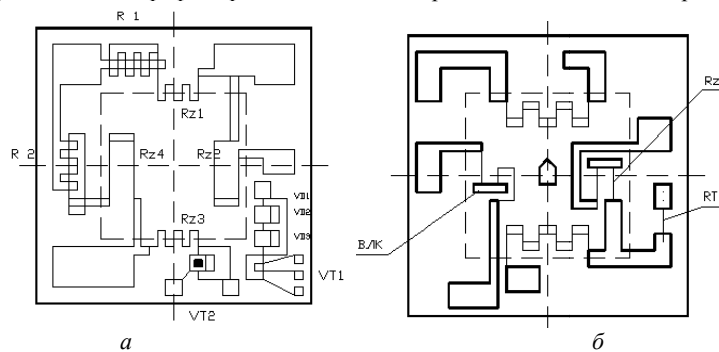


Рисунок 4 – 2D-модели ЧЭ МЭД давления: *а* – с элементами настройки и термокомпенсации; *б* – с ионнолегированным терморезистором и высоколегированными перемычками

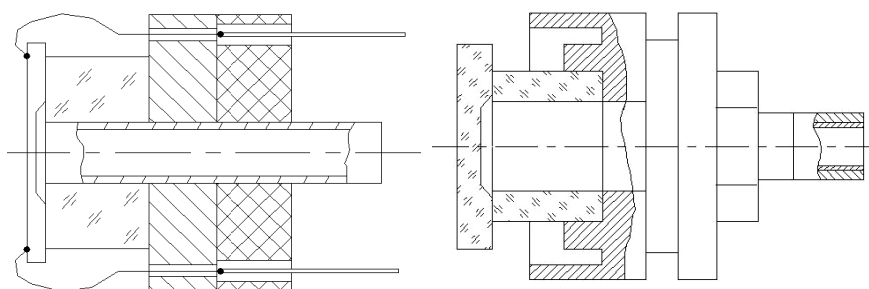


Рисунок 5 – Измерительные модули датчиков относительного давления

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Михайлов П.Г. Микроэлектронные датчики, особенности конструкций и характеристик, Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика, 2004, № 6, С.38-42.
- [2] Михайлов П.Г. Микроэлектронный датчик давления и температуры, Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика, 2003, № 11, С. 29-31.
- [3] Михайлов П.Г. Микроэлектронный датчик давления, Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика, № 11, 2003.
- [4] Михайлов П.Г. Экспериментальное исследование совмещенного датчика давления и температуры, Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика, № 12, 2003.
- [5] Михайлов П.Г. Синтез информационно-энергетических моделей датчиков, Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика, 2003, № 3, С. 37-40.
- [6] Михайлов П.Г. Мокров Е.А., Байдаров С.Ю. Изготовление неразъемных узлов микроэлектронных датчиков, Контроль, Диагностика, №6, 2011.
- [7] Михайлов П.Г., Цибизов П.Н., Тютюников Д.А. Разработка моделей качества датчиков физических величин на основе квалитетического подхода, Известия Южного федерального университета, Технические науки, 2011, №5(130). С. 99-104.
- [8] Михайлов П.Г., Соколов А.В. Моделирование чувствительных элементов датчиков механических напряжений в строительных конструкциях, Региональная архитектура и строительство, 2012, №3. С.110-117.
- [9] Михайлов П.Г., Мокров Е.А. Скотников В.В. Чувствительные элементы высокотемпературных датчиков давления. Материалы и технологии изготовления, Известия Южного федерального университета, Технические науки, 2014, №4, С. 204-213.
- [10] Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Касимов А.О., Скотников В.В. Использование обратных преобразователей в микроэлектронных датчиках, Вестник НАН РК, №6, 2014, С. 41-46.
- [11] Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Касимов А.О. Петрин В.А., Маринина Л.А. Общие вопросы моделирования компонентов и структур микроэлектронных датчиков, Вестник НАН РК, №6, 2014, С. 62-71.

REFERENCES

- [1] Mikhailov P.G. *Microelectronic sensors, design features and characteristics, Devices and Systems, Management, control, diagnostics* 2004, №6, pp.38-42. (in Russ.).
- [2] Mikhailov P.G. *Microelectronic pressure and temperature sensor, Devices and Systems. Management, control, diagnostics.* – 2003, №11, pp. 29-31. (in Russ.).
- [3] Mikhailov P.G. *Microelectronic pressure sensor devices and systems, Management, control, diagnostics, №11, 2003.*
- [4] Mikhailov P.G. *Experimental study of combined pressure and temperature sensor, Devices and Systems, Management, control, diagnostics. №12, 2003.* (in Russ.).
- [5] Mikhailov P.G. *Synthesis of information and energy models sensors, Instruments and Systems. Management, control, diagnostics, 2003, №3, pp. 37-40.* (in Russ.).
- [6] Mikhailov P.G., Mokrov E.A., Baydar S.Y. *Production of one-piece assemblies of microelectronic sensors, control, diagnosis, №6, 2011.* (in Russ.).
- [7] Mikhailov P.G., Tsibizov P.N., Tyutyunik D.A. *Development of models as sensors of physical quantities on the basis kвалитетического approach, Proceedings of the Southern Federal University, Technical sciences, 2011, №5, (130), pp. 99-104.* (in Russ.).
- [8] Mikhailov P.G., Sokolov A.V. *Simulation of the sensor element stresses in structures, Regional architecture and engineering in 2012, №3, pp. 110-117.* (in Russ.).
- [9] Mikhailov P.G., Mokrov E.A., Skotnikov V.V. *Sensitive elements of high-pressure sensors. Materials and manufacturing techniques, Southern Federal University, Technical sciences, 2014, №4, pp. 204-213.* (in Russ.).
- [10] Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Kasimov A.O., Skotnikov V.V. *The use of inverters in microelectronic sensors, Bulletin of National Academy of Sciences of Kazakhstan, 2014, №6, pp. 41-46.* (in Russ.).
- [11] Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Kasimov A.O., Petrin V.A., Marinina L.A. *Common questions of modeling components and structures microelectronic sensors, Bulletin of National Academy of Sciences of Kazakhstan, 2014, №6, p. 62-71.* (in Russ.).

**ФИЗИКАЛЫҚ ШАМА ДАТЧИКТЕРІНІҢ ТҮРАҚТЫЛЫҒЫН
ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ МӘСЕЛЕСІ**

К. А. Ожикенов¹, П. Г. Михайлов², П. Рахимжанова³, З. Абдикулова³

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Пенза мемлекеттік технологиялық университеті, Пенза, Ресей,

³Х. А. Ясауи ат. халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

Тірек сөздер: физикалық-математикалық модель, микроэлектрондық датчик, сезімтал элемент, өлшеуіш модуль.

Аннотация. Аспап жасаудағы қазіргі замандағы өзекті мәселелердің бірі – физикалық шама датчиктерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету. Әсіресе ол экономиканың әртүрлі саласындағы автономды өлшеу және басқарушы жүйелердің жасалуы мен дамуына байланысты өзектілігі арта түсті.

Мақала физикалық шама датчиктерінің тұрақтылығын қамтамасыз етудің негізгі мәселелеріне арналған. Мұнда тек қана физикалық шама датчиктерін сынау ғана емес, сонымен қатар жаңа датчиктердің жасалуы және бұрынырақта жасалынған датчиктердің жаңғыртылуын тездетудің жолдары қарастырылады. Акустикалық және тез ауыспалы қысым микроэлектрондық датчиктерінің өлшеу модульдерінің және сезгіш элементтері жасалды.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 198 – 203

A CALCULATION OF THE ELECTRON TEMPERATURE OF COMPLEX PLASMA IN NOBLE GASES MIXTURE IN CCRF DISCHARGE

S. A. Orazbayev, Ye. A. Ussenov, T. S. Ramazanov, M. K. Dosbolayev, A. U. Utegenov

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: sagi.orazbayev@gmail.com

Key words: nanoparticles, dusty plasma, nanomaterials, gas discharges.

Abstract. In this research the electron temperature of the dust and the buffer gas discharge plasma in mixtures of inert gases (helium and argon) in CCRF discharge was studied. The dependence of the temperature of plasma-forming gas (argon, helium and their mixtures) on pressure and power of the discharge was determined using optical spectral diagnostic method based on spectral lines. The probe method was used to measure the axial distribution of the electron temperature in the buffer plasma of RF discharge in helium and mixtures of helium and argon. The results of measurements show an increase in the temperature of electrons in the near-electrode regions compared to the area of a homogeneous plasma characterized by a relatively normal distribution of the electron temperature. It has been found that addition of a small amount of argon to helium causes a decrease in the main electron temperature, which considerably influences the properties of plasma-dust formations such as structure, charge, and the average interparticle distance. The results obtained in this research will be useful for studies of properties of RF plasma in various gases and their mixtures.

УДК 533.9.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОНОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЛАЗМЫ В СМЕСЯХ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ В ВЧЕР РАЗРЯДЕ ОПТИЧЕСКИМИ И ЗОНДОВЫМИ МЕТОДАМИ

С. А. Оразбаев, Е. А. Усенов, Т. С. Рамазанов, М. К. Досболаев, А. У. Утегенов

НИИЭТФ, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: нанобөлшектер, тозаңды плазма, наноматериалдар, газдық разряд.

Аннотация. В работе приведены результаты исследования температуры электронов пылевой и буферной плазмы газового разряда в смесях инертных газов (гелий+аргон) в ВЧЕР разряде. С помощью оптико-спектрального метода диагностики исследованы оптические свойства пылевой плазмы аргона, гелия и

их смесей. На основе спектральных линий плазмообразующих газов определены температура электронов в зависимости от давления газов и мощности разряда. Так же было измерено аксиальное распределение температуры электронов в межэлектродном пространстве. Измерения были проведены с помощью ВЧ компенсационного электрического зонда. Сравнение результатов эксперимента показывает что, при добавлении в малом количестве аргона в гелий, температура электронов буферной плазмы уменьшается. Присутствие пылевых частиц в плазме приводит к увеличению электронной температуры.

Введение. В последнее время в научных исследованиях и для решения многих практических задач применяются бинарные и многокомпонентные смеси газов и паров веществ. Подбором состава смесей можно достигать такие результаты, которые невозможно получить при использовании однородного состава газа. Поэтому необходимо знать зависимость основных характеристик плазмы от условий существования ионизованного газа: род и состав газов, парциальные давления компонентов, плотность тока, энергии ионизации частиц, температура и концентрация заряженных частиц и др. Смеси инертных газов активно применяются и в экспериментах при исследовании свойств комплексной (пылевой) плазмы. Пылевая плазма – это обычная плазма, содержащая в себе частицы вещества субмикронных размеров.

Исследование структурных и динамических свойств плазменно-пылевых образований в смесях инертных газов показало что с добавлением малого количества примесного газа свойства пылевых структур сильно изменяются. При проведении серий экспериментов ВЧЕР разряде было выявлено что малая примесь аргона в плазмообразующем буферном газе приводит к кристаллизации плазменной структуры, по сравнению с идентичными условиями эксперимента, где в качестве плазмообразующего газа буферной плазмы используется чистый гелий. Объяснение такого поведения плазменно-пылевых структур в фоновой плазме смеси газов требует знания основной характеристики разряда как температура электронов и его изменения с добавлением примесей в основной газ при разных условиях эксперимента.

В данной статье исследуются оптические свойства пылевой плазмы, созданной в емкостном высокочастотном разряде (ВЧЕР) аргона, гелия и их смесей на основе оптико-спектрометрического анализа свечения плазмы. Оптические методы позволяют получить обширную информацию о параметрах пылевой плазмы (температура, концентрация частиц плазмы) и достичь более детального понимания физических процессов в системе. Полученные спектры используются для выявления влияния пылевой компоненты на спектральные характеристики буферной плазмы.

Также в данной статье представлены результаты исследования аксиального распределения температуры электронов в комплексной плазме смеси инертных газов с помощью зондового метода. Зондовый метод дает возможность определения локальной температуры электронов в разрядном промежутке и позволяет выявить ее изменение в межэлектродном пространстве.

Экспериментальная установка. Эксперименты проводились в плазме ВЧЕР разряда [1, 2]. Основной частью экспериментальной установки является электродная система, где образуется высокочастотный емкостной газовый разряд. Электроды представляют собой алюминиевые диски с диаметрами 100 мм, которые расположены параллельно друг другу в горизонтальном положении. Верхний электрод заземлен и имеет в центре небольшое отверстие для инъекции пылевых частиц, а также для проведения видеосъемки. Нижний электрод подключен к ВЧ генератору с частотой 13,56 МГц. Расстояние между электродами составляет 30 мм. ВЧ компенсационный одиночный электрический зонд вводится в плазму и соединяется с блоком питания через многоконтактный LEMO разъем в вакуумной камере. В качестве рабочей среды использовались аргон, гелий и их смеси, давление рабочих газов варьировалось в пределах 0,1–1 Тор.

Зонд имеет компенсационный электрод из алюминия и резонансные LC фильтры рассчитанные на 13,56 МГц и 27,12 МГц ВЧ сигнала. Контактующая часть зонда имеет диаметр $D=0.12$ мм и длину $L=3.3$ мм. В качестве пылевых частиц использовались полидисперсные частицы Al_2O_3 и монодисперсные частицы меламина формальдегида размером 10 μm . Область собирающей (оголенной) поверхности цилиндрического зонда освещалась лазерным ножом, полученным с помощью специальной оптической системы линз. Весь процесс записывался с помощью CCD камеры в виде видеофайла и обрабатывался через компьютер. Частота камеры составляет 25 кадров в секунду. Вакуумная камера имеет боковые оптические окна, через которые ведется наблюдение за разрядом. Оптическая система, применяемая для диагностики плазмы, состоит из

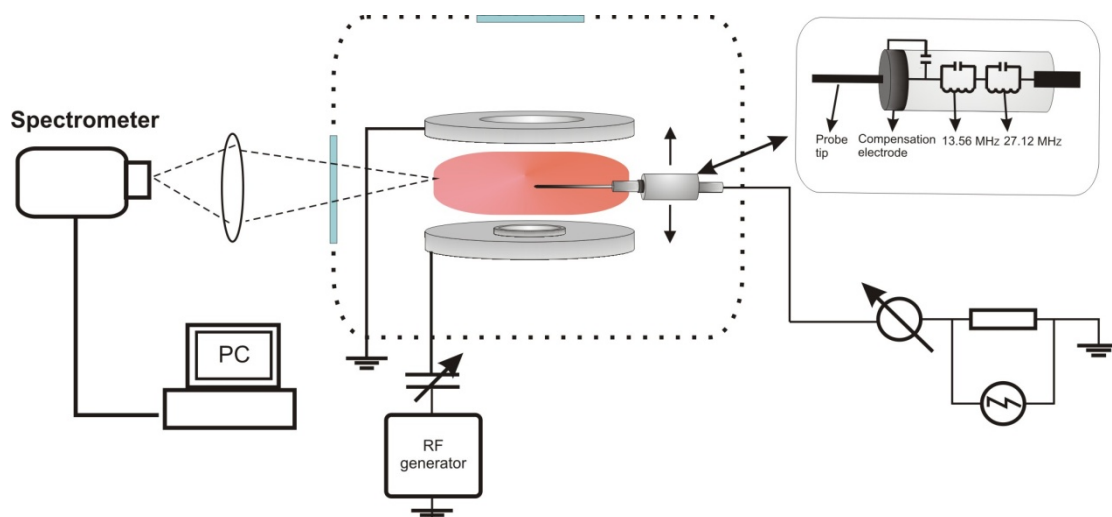


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки и схема измерения ВЧ компенсационного электрического зонда

системы линз и линейного спектрометра Solar Systems. Система линз подбирается таким образом, чтобы обеспечить четкое изображение межэлектродного пространства на входной щели спектрометра. Чувствительность и возможности спектрометра Solar Systems позволяют выполнять измерение оптических спектров в диапазоне 190 - 1100 нм.

Оптическая диагностика комплексной плазмы. Методом оптико-спектроскопической диагностики плазмы был получен спектр аргона и гелия. На основе полученных спектров методом абсолютной интенсивности спектральных линий была рассчитана температура электронов [8]. Этим методом мы определяем температуру электронов с помощью спектральной линии аргона 750.38 нм и гелия 388.86 нм, для спектральной линии 750.38 вероятность перехода равна $4.45 \cdot 10^7 \text{ c}^{-1}$, а спонтанный переход равен $2p_1 \rightarrow 1s_2$, а для линии 388.86 нм $9.47 \cdot 10^6$, $3p \rightarrow 3s_1$ соответственно. А также мы рассматриваем, что концентрация электронов по сравнению нейтральными атомами очень мала и обладают низкой температурой. Таким образом, уровень $2p_1(3p)$ будет пуст, и через этот уровень будет осуществляется спонтанное возбуждения, не будем учитывать самопоглощение и единственным источником возбуждения в нейтральных атомах является электроны и нейтральные атомы. Данный случай соответствует модели коронного баланса и уравнение выражается следующим образом:

$$n_e n_0 k(T) = \frac{N}{\tau},$$

k – коэффициент возбуждения, n_0 – давления газа аргона, n_e – концентрация электронов, τ – время простоя на уровне $2p_1(3p)$, N – концентрация на уровне $2p_1(3p)$.

С помощью сравнения спектральных линий интенсивности аргона и гелия с интенсивностью вольфрамовой лампы определяем концентрацию на уровне $2p_1(3p)$. Связь между коэффициентом возбуждения и температурой электронов установлено в работе Gordillo- Vasquez и др., то есть для аргона

$$k(T) \approx 2.78 \cdot 10^{-15} \exp\left(-\frac{13.5}{kT_e}\right)$$

$$T_e = -\frac{13.5}{\ln\left(0.7 \frac{N}{n_e}\right)},$$

также для гелия

$$k(T) \approx 3.97 \cdot 10^{-14} \exp\left(-\frac{24.5}{kT_e}\right)$$

$$T_e = -\frac{24.5}{\ln\left(3.06 \frac{N}{n_e}\right)}$$

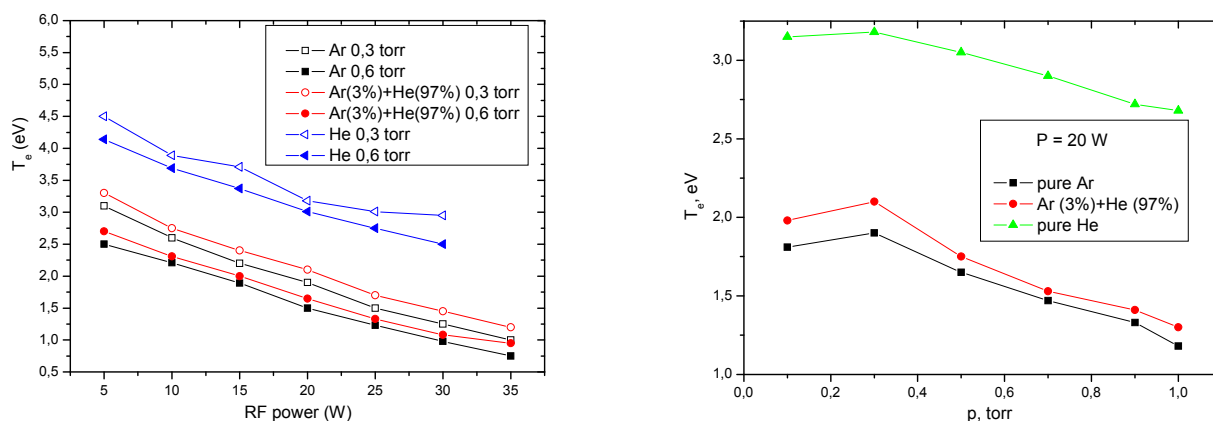


Рисунок 2 – а) зависимость электронной температуры от ВЧ напряжения в различных газах и их смесях;
б) зависимость температуры от давления смеси

Определено, что с увеличением мощности разряда температура электронов в плазме уменьшается. Это можно объяснить следующим образом: при увеличении мощности разряда процесс ионизации соответственно повышается и увеличивается концентрация электронов. Это приводит к тому, что частота столкновения электронов увеличивается и в результате уменьшается температура электронов.

Таким образом, вышеописанный метод на основе абсолютной интенсивности спектральных линий позволяют достаточно надежно измерять температуру электронов плазмы, которая для аргона варьируется в пределах 0.5 – 4 эВ, для гелия 2 – 7 эВ, для смеси (гелий + аргон) 0.5 – 5 эВ, при изменении давления в диапазоне 0.1 – 1 Тор. В тоже время полученные данные свидетельствуют о изменении характеристик плазмы в изученном диапазоне (см. рисунок 2б). Так, температура электронов возрастает при росте давления в диапазоне 0,1 – 0,3 Тор, и монотонно убывает в диапазоне 0,3 – 1 Тор.

Данное поведение можно объяснить на основе возрастающей роли нейтральной компоненты буферного газа при увеличении давления, так как изменение концентрации заряженной компоненты является незначительным. При низких давлениях буферного газа, «перекачка» энергии от переменного электрического поля к электронам является эффективной ввиду достаточно редких столкновений с нейтралами. При высоких давлениях газа столкновения с ними становятся достаточно частыми, что приводит к охлаждению электронов.

Исследование распределения температуры электронов с помощью зондового метода. Распределение температуры электронов в аксиальном направлении в буферной плазме чистого He и в смеси He+Ar были определены с помощью Ленгмюровского зонда. Температура электронов была измерена в диапазоне от 6 мм до 26 мм начиная от нижнего ВЧ электрода с шагом 2 мм (рисунок 3а). Увеличение температуры электронов в приэлектродном слое разряда можно объяснить стохастическим нагревом и ускорением электронов в ВЧ поле вблизи электродов. При добавлении аргона (3 %) в гелий (97 %) температура электронов уменьшается во всем разрядном промежутке. Это связано с потенциалом ионизации данных инертных газов. Потенциал ионизации аргона меньше чем у гелия, поэтому атомы аргона ионизируются интенсивнее при одинаковой энергии внешнего поля что приводит к увеличению концентрации заряженных частиц. В таком случае температура электронов уменьшается в следствии частых столкновений с ионами плазмообразующих газов. Так же, уменьшение температуры электронов с добавлением аргона можно объяснить с помощью сечения ионизации атомов данных газов. Сечение ионизации аргона больше, чем сечение ионизации гелия. Добавка малого количества аргона приводит к увеличению вероятности упругих столкновений, и следовательно, к уменьшению температуры электронов.

Также определено распределение температуры электронов плазмы в пылевой плазме чистого гелия и смеси гелия с аргоном. При введении контактирующей части зонда в пылевую плазму на зонд подается начальный отрицательный потенциал и вокруг зонда образуется область свободная от пылевых частиц. Такое же поведение пылевых частиц в призондовой области в тлеющем

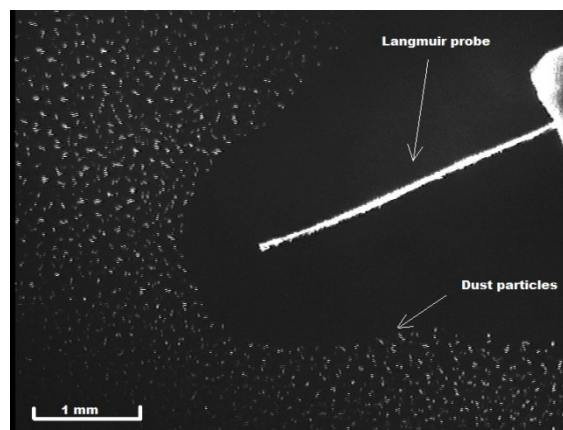
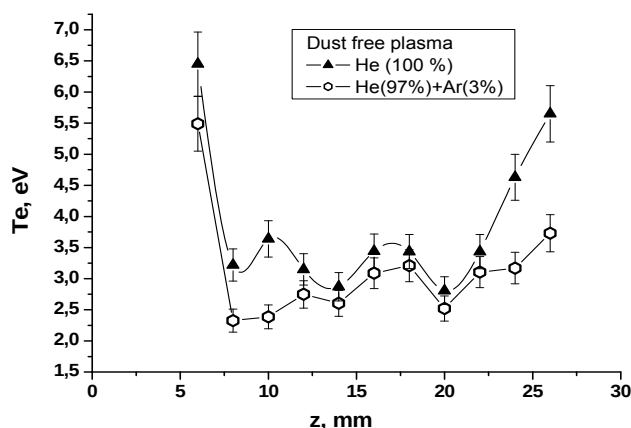


Рисунок 3 – а) аксиальное распределение температуры электронов плазмы в межэлектродном пространстве в чистом He и в смеси He+Ar. Давление в разрядной камере 0,3 торр, мощность 20 Вт;
б) Фотоизображение собирающей части Ленгмюровского зонда при взаимодействии с пылевыми частицами

разряде и в ВЧ разряде в условиях микрогравитации описаны в работах [10-13]. На рисунке 6 показана собирающая поверхность зонда и область свободная от пылевых частиц. Как показали результаты, в присутствии пылевых частиц в плазме наблюдается увеличение температуры электронов. Увеличение энергии электронов после инъекции пылевых частиц при одинаковых разрядных условиях была описана в работах [14, 15] и выявлено в результате численного моделирования [16].

Результаты измерения распределения температуры электронов буферной и пылевой плазмы гелия и смеси гелия с малым количеством аргона показаны на рисунке 4.

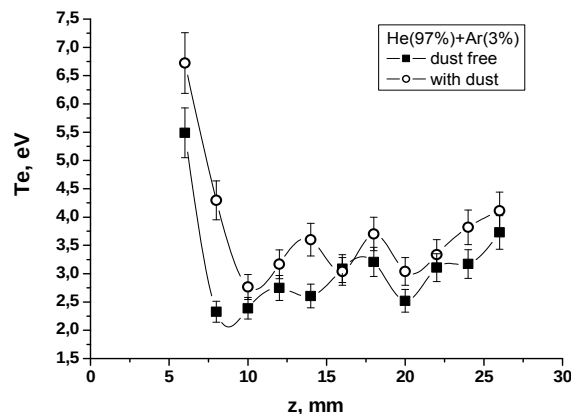
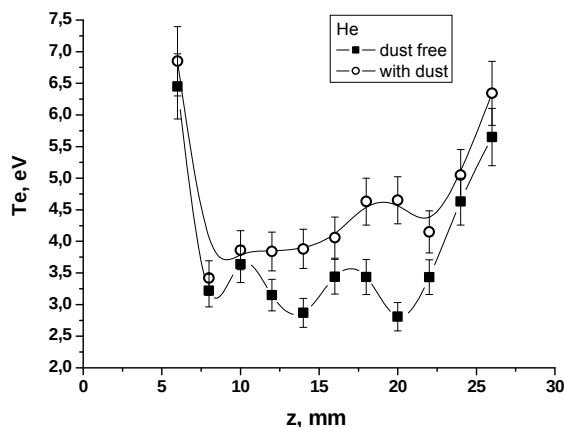


Рисунок 4 – Аксиальное распределение температуры электронов плазмы в межэлектродном пространстве в чистом He и в смеси He+Ar без пылевых частиц и присутствии пылинок. Давление в разрядной камере 0,3 торр, мощность 20 Вт

Закключение. В работе исследована температура электронов пылевой и буферной плазмы газового разряда в смесях инертных газов (гелий+аргон) в ВЧЕР разряде. С помощью оптико-спектрального метода диагностики и на основе спектральных линий плазмообразующих газов определены температура электронов в зависимости от давления газов и мощности разряда в пылевой и буферной плазме аргона, гелия и их смесей. Зондовым методом измерено аксиальное распределение температуры электронов в буферной плазме ВЧ разряда в гелие и в смеси гелия с аргоном. Результаты измерения показывают резкое увеличение температуры электронов в приэлектродных областях по сравнению с областью однородной плазмы где наблюдается относительно равномерное распределение температуры электронов. Обнаружено, что с добавлением малого количества аргона в основной газ гелий, температура электронов уменьшается, что в свою

очередь существенно сказывается на свойствах плазменно-пылевых образований как структура, заряд и среднее межчастичное расстояние.

Работа была выполнена при поддержке грантов Министерства Образования и Науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Maiorov S.A., Ramazanov T.S., Dzhumagulova K.N., Jumabekov A.N., Dosbolayev M.K. Physics of plasmas 15, 093701 (2008).
- [2] Ramazanov T.S., Jumabekov A.N., Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K., Jumagulov M.N. Phys. Plasmas. – 2012. №19. P. 023706.
- [3] Wattieau G., Boufendi L. Phys. Plasmas 19, 033701 (2012).
- [4] Usenov Ye.A., Ramazanov T.S., Dzhumagulova K.N., Dosbolayev M.K. EPL, 105 15002 (2014).
- [5] Thomas E. jr., Avinash K., Merlino L. Phys. Plasmas, (2004) 1770.
- [6] Klindworth M., Piel A., Melzer A., Konopka U., Rothermel H., Tarantik K., Morfill G.E. Phys. Rev. Lett., 93 (2004) 195002.
- [7] Dzhumagulova K.N., Ramazanov T.S., Usenov Ye.A., Dosbolayev M.K., Masheeva R.U. Contrib. Plasma Phys. 53, No. 4-5, 419 – 425 (2013).
- [8] Bouchoule A., Boufendi L. Plasma Sources Sci. Technol. 3 292-301(1994).
- [9] Klindworth M., Arp O., Piel A. Review of Scientific Instruments 78, 033502 (2007).
- [10] Akdim M.R., Goedheer W.J. Phys. Rev. E 67, 066407 (2003).

REFERENCES

- [1] Maiorov S.A., Ramazanov T.S., Dzhumagulova K.N., Jumabekov A.N., Dosbolayev M.K. Physics of plasmas 15, 093701 (2008).
- [2] Ramazanov T.S., Jumabekov A.N., Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K., Jumagulov M.N. Phys. Plasmas. – 2012. №19. P. 023706.
- [3] Wattieau G., Boufendi L. Phys. Plasmas 19, 033701 (2012).
- [4] Usenov Ye.A., Ramazanov T.S., Dzhumagulova K.N., Dosbolayev M.K. EPL, 105 15002 (2014).
- [5] Thomas E. jr., Avinash K., Merlino L. Phys. Plasmas, (2004) 1770.
- [6] Klindworth M., Piel A., Melzer A., Konopka U., Rothermel H., Tarantik K., Morfill G.E. Phys. Rev. Lett., 93 (2004) 195002.
- [7] Dzhumagulova K.N., Ramazanov T.S., Usenov Ye.A., Dosbolayev M.K., Masheeva R.U. Contrib. Plasma Phys. 53, No. 4-5, 419 – 425 (2013).
- [8] Bouchoule A., Boufendi L. Plasma Sources Sci. Technol. 3 292-301(1994).
- [9] Klindworth M., Arp O., Piel A. Review of Scientific Instruments 78, 033502 (2007).
- [10] Akdim M.R., Goedheer W.J. Phys. Rev. E 67, 066407 (2003).

ПЛАЗМА КӨРСЕТКІШІНІҢ ДЕҢГЕЙІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ КӨМІРҚЫШҚЫЛ НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ СИНТЕЗДЕЛУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ

С. А. Оразбаев, Е. А. Усенов, Т. С. Рамазанов, М. Қ. Досболаев, А. У. Утегенов

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: наночастицы, пылевая плазма, наноматериалы, газовые разряды.

Аннотация. Жұмыста ЖЖ разрядта инертті газдар (гелий+аргон) қоспасында буферлі және тозанды плазманың электрондар температурасы анықталған. Оптика-спектрлік әдіс және плазма түзуші газдардың спектрлік сызықтары негізінде аргон, гелий және олардың қоспасы буферлі және тозанды плазманың электрондар температурасының газ қысымы мен разряд қуатына тәуелділігі алынды. Электрлік зонд әдісімен ЖЖ разрядта гелий мен гелий және аргон қоспасы буферлі плазмасының электрондар температурасының аксиал бағыттағы таралуы есептелген. Зерттеу нәтижелері біртекті плазмалық облыстарға қарағанда электрод маңайындағы облыста электрондар температурасы күрт өсетіндігі анықталған. Негізгі газ гелийге аздап аргон газын қосқанда электрондар температурасы кемітіні анықталған және бұл өз кезегінде плазмалы-тозанды түзілімдердің құрылымдық қасиеттері, заряды және орташа бөлшектердің ара-қашықтығы сияқты қасиеттеріне әсер етеді.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 204 – 207

UDC 517.957.6

ANALYTICAL SOLUTION OF THE HEAT EQUATION WITH DISCONTINUOUS COEFFICIENTS AND BOUNDARY FLUX CONDITION

M. M. Sarsengeldin, N. T. Bizhigitova

Suleyman Demirel University, Almaty, Qaskelen, Kazakhstan.

E-mail: merey@mail.ru

Key words: Integral Error Functions, heat polynomials, moving boundaries.

Abstract. This paper is a continuation of study on analytical solution of heat equation with third type boundary conditions where initial conditions were not considered. Solution of the problem was found analytically.

Introduction. A lengthy paper [1] by D. V. Widder devoted to properties of heat polynomials. Classical methods represented in [2] and [3] are inapplicable for degenerate domains. In this paper we consider analytical solution of the heat equation with discontinuous coefficients in domain with moving boundary which degenerate at the initial time. We follow the method represented in [4] and utilize heat polynomials and integral error functions to solve the problem.

Problem statement. It is required to find the solution of the Heat Equation

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} = a_1^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2}, \quad 0 < x < \alpha(t), \quad \frac{\partial u_2}{\partial t} = a_2^2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2}, \quad \alpha(t) < x < \infty \quad (1)$$

with the boundary and initial conditions:

$$-\lambda_1 \frac{\partial u_1(0, t)}{\partial x} = f(t) \quad (2)$$

$$u_2(x, 0) = \varphi(x), \quad (3)$$

the conditions of conjugations of temperature and heat flux on a free boundary are

$$u_2(\infty, t) = 0 \quad (4)$$

$$x = \alpha(t): \quad u_1(\alpha(t), t) = u_2(\alpha(t), t) = U_m \quad (5)$$

$$\alpha(0) = 0, \quad u_2(\infty, t) = 0 \quad (6)$$

Problem solution. We represent the solution in the following form:

$$u_1(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n} (2a_1 t)^n \left[i^{2n} \operatorname{erfc} \frac{-x}{2a_1 \sqrt{t}} + i^{2n} \operatorname{erfc} \frac{x}{2a_1 \sqrt{t}} \right] + \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n+1} (2a_1 t)^{\frac{2n+1}{2}} \left[i^{2n+1} \operatorname{erfc} \frac{-x}{2a_1 \sqrt{t}} - i^{2n+1} \operatorname{erfc} \frac{x}{2a_1 \sqrt{t}} \right] \quad (7)$$

$$u_2(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n (2a_2 t)^{n/2} \left[i^n \operatorname{erfc} \frac{-x}{2a_2 \sqrt{t}} \right] + \sum_{n=1}^{\infty} C_n (2a_2 t)^{n/2} \left[i^n \operatorname{erfc} \frac{x}{2a_2 \sqrt{t}} \right] \quad (8)$$

where coefficients $A_{2n}, A_{2n+1}, B_n, C_n$ have to be found. Using Hermite polynomials we represent (7) in the form of Heat polynomials:

$$u_1(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n} \sum_{m=0}^n x^{2n-2m} t^m \beta_{2n,m} + A_{2n+1} \sum_{m=0}^n x^{2n-2m+1} t^m \beta_{2n+1,m} \quad (9)$$

Making substitution $\sqrt{t} = \tau$

$$u_1(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n} \sum_{m=0}^n x^{2n-2m} \tau^{2m} \beta_{2n,m} + A_{2n+1} \sum_{m=0}^n x^{2n-2m+1} \tau^{2m} \beta_{2n+1,m} \quad (10)$$

From (5) for $x = 0$

$$\left. \frac{\partial u_1}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{1}{-\lambda_1} P(t)$$

Using above expression we have

$$\sum_{n=0}^{\infty} A_{2n+1} t^n \beta_{2n+1,n} = \frac{1}{-\lambda_1} P(t)$$

$$A_{2n+1} = -\frac{1}{\lambda_1 \beta_{2n+1,n}} \cdot \frac{P^{(n)}(0)}{n!} \quad (11)$$

To find A_{2n} we use multinomial coefficients of Newton's Polynomials.

It is known that

$$(x_1 + x_2 + \dots + x_m)^n = \sum_{k_1+k_2+\dots+k_m=n} \binom{n}{k_1, k_2, \dots, k_m} \prod_{1 \leq i \leq m} x_i^{k_i}$$

where $\binom{n}{k_1, k_2, k_3, \dots, k_m} = \frac{n!}{k_1! k_2! \dots k_m!}$ is a *multinomial coefficient*

for

$$\beta(t) = \alpha_1 t^{1/2} + \alpha_2 t^1 + \alpha_{n+1} t^{3/2} + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_{n+1} t^{\frac{n+1}{2}} \quad (12)$$

after making substitution $\tau = \sqrt{t}$ we have

$$(\alpha_1 \tau + \alpha_2 \tau^2 + \dots + \alpha_{m+1} \tau^{m+1})^n = \sum_{k_1+k_2+\dots+k_{m+1}=n} \binom{n}{k_1, k_2, \dots, k_{m+1}} \cdot \alpha_1^{k_1} \alpha_2^{k_2} \dots \alpha_{m+1}^{k_{m+1}} \tau^{k_1+2k_2+\dots+(m+1)k_{m+1}} \quad (13)$$

where

$$\binom{n}{k_1, k_2, \dots, k_{m+1}} \alpha_1^{k_1} \alpha_2^{k_2} \dots \alpha_{m+1}^{k_{m+1}} \quad (14)$$

is a multinomial coefficient in our case

Thus to derive recurrent formula for A_{2n} , we take both sides of (5), $2k$ – times derivatives at $\tau = 0$, we use multinomial coefficients and get following expressions.

$$0 \equiv 0^{(4l)} = \sum_{n=1}^l A_{2n} \sum_{m=0}^{n-1} C_{2n,m} [4l] + \sum_{n=l+1}^{2l-1} A_{2n} \sum_{m=0}^{2l-n-1} C_{2n,m+2(n-l)} [4l] \beta_{2n,m+2(n-l)} + A_{4l} \beta_{4l,2l} +$$

$$+ \sum_{n=1}^l A_{2n-1} \sum_{m=0}^{n-1} C_{2n-1,m} [4l] \beta_{2n-1,m} + \sum_{n=l+1}^{2l} A_{2n-1} \sum_{m=0}^{2l-n} C_{2n-1,m+2(n-l)-1} [4l] \beta_{2n-1,m+2(n-l)-1} \quad (15)$$

where $l=1, 2, \dots$ and

$$\begin{aligned}
 0 \equiv 0^{(2(2l-1))} &= \sum_{n=1}^{l-1} A_{2n} \sum_{m=0}^{n-1} C_{2n,m} [2(2l-1)] \beta_{2n,m} + \sum_{n=l}^{2l-2} A_{2n} \sum_{m=1}^{2l-n-1} C_{2n,m+2(n-l)} [2(2l-1)] \beta_{2n,m+2(n-l)} + \\
 &+ A_{4l-2} \beta_{4l-2,2l-1} [2(2l-1)] + \sum_{n=0}^{l-1} A_{2n+1} \sum_{m=0}^n C_{2n+1,m} [2(2l-1)] \beta_{2n+1,m} + \\
 &+ \sum_{n=l}^{2l-2} A_{2n+1} \sum_{m=1}^{2l-n-1} C_{2n+1,m+2(n-l)+1} [2(2l-1)] \beta_{2n+1,m+2(n-l)+1} \\
 A_0 &= 0
 \end{aligned} \tag{16}$$

Thus A_{2n} , coefficients are found explicitly and can be calculated from (15) and (16) where $C_{i,j}[4l]$ or $C_{i,j}[4l-2]$ multinomial coefficients or sums of coefficients at $\beta_{i,j}$.

B_n coefficients can be found from (3).

$$B_n = \frac{1}{2} \cdot \varphi^{(n)}(0) \tag{17}$$

To calculate C_n we apply Leibniz, Faa Di Bruno's formulas and Bell polynomials

Using Leibniz formula we have

$$\left. \frac{\partial^k [2^{n/2} \tau^n \cdot i^n \operatorname{erfc} \beta]}{\partial \tau^k} \right|_{\tau=0} = \begin{cases} 0, & \text{for } k < n \\ \frac{2^{n/2} k!}{(k-n)!} \cdot [i^n \operatorname{erfc} \beta]^{(k-n)}, & \text{for } k \geq n \end{cases} \tag{18}$$

Using Faa Di Bruno's formula and Bell polynomials for a derivative of a composite function we have

$$\left. \frac{\partial^{k-n} [i^n \operatorname{erfc}(\pm \beta)]}{\partial \tau^{k-n}} \right|_{\tau=0} = \sum_{m=1}^{k-n} (i^n \operatorname{erfc}(\pm \beta))^{(m)} \Big|_{\beta=0} \cdot B_{k-n,m}(\beta'(\tau), \beta''(\tau), \dots, \beta^{(k-n-m+1)}(\tau)) \Big|_{\tau=0} \tag{19}$$

where

$$B_{k-n,m} = \sum \frac{(k-n)!}{j_1! j_2! \dots j_{k-n-m+1}!} \cdot \beta_1^{j_1} \beta_2^{j_2} \beta_3^{j_3} \dots \beta_{k-n-m+1}^{j_{k-n-m+1}} \tag{20}$$

and $j_1, j_2, \dots$ satisfy following equations

$$\begin{aligned}
 j_1 + j_2 + \dots + j_{k-n-m+1} &= m \\
 j_1 + 2j_2 + \dots + (k-n-m+1)j_{k-n-m+1} &= k-n \\
 [i^n \operatorname{erfc}(\pm \beta)]^{(m)} \Big|_{\beta=0} &= (-1)^m i^{n-m} \operatorname{erfc} 0 = (\mp 1)^m \frac{\Gamma(\frac{n-m+1}{2})}{(n-m)! \sqrt{\pi}}
 \end{aligned} \tag{21}$$

From $x = \beta(\tau)$ we have

$$\sum_{n=0}^k \frac{g^{(n)}(0)}{n!} \cdot \mu + \sum_{n=0}^k C_n \cdot \mu = 0 \tag{22}$$

where

$$\mu = (2)^{1/2} \frac{k!}{(k-n)!} \sum_{m=1}^{k-n} (-1)^m \frac{\Gamma(\frac{n-m+1}{2})}{(n-m)! \sqrt{\pi}} \cdot \sum \frac{(k-n)!}{j_1! j_2! \dots j_{k-n-m+1}!} \cdot \beta_1^{j_1} \beta_2^{j_2} \beta_3^{j_3} \dots \beta_{k-n-m+1}^{j_{k-n-m+1}}$$

Thus analytical solution of problem (1)-(6) is found, coefficients $A_{2n}, A_{2n+1}, B_n, C_n$ of (7) and (8) can be calculated from (11), (15), (16), (17), (22).

Convergence can be proved following the proof analogy of represented in [4]

REFERENCES

- [1] Widder D.V. *Analytic solutions of the heat equation*, Duke Math. J. 29 (1962), 4 97-503.13.
[2] Tikhonov A.N., Samarski A.A. *Equations of Mathematical Physics*. Gostechteorizdat, 1951. (in Russ.).
[3] Friedman A. *Free boundary problems for parabolic equations I. Melting of solids*, J. Math. Mech., 8 (1959), pp. 499–517.
[4] Kharin S.N. *The analytical solution of the two-phase Stefan problem with boundary flux condition*, Mathematical journal, Vol.14, № 1 (51), 2014, pp. 55–76.

**ЖЫЛУӨТКІЗГІШТІК ТЕНДЕУІНІҢ
ЖЫЛЖЫМАЛЫ АЙМАҚТАРДА АНАЛИТИКАЛЫҚ ШЕШІМІ**

М. М. Сарсенгельдин, Н. Т. Бижигитова

Сүлеймен Демирел атындағы университет, Қаскелен, Қазақстан

Тірек сөздер: интегралды Қателіктер Функциясы, жылу полиномдары, жылжымалы аймақтар.

Аннотация. Жылуөткізгіштік тендеуінің интегралды қателіктер функциялары және жылу полиномдары арқылы аналитикалық шешімі табылған.

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
С РАЗРЫВНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ**

М. М. Сарсенгельдин, Н. Т. Бижигитова

Университет им. Сулеймана Демиреля, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: Интегральная Функция Ошибок, тепловые полиномы, подвижные границы.

Аннотация. Найдено аналитическое решение уравнения теплопроводности с разрывными коэффициентами методом интегральных функций ошибок и тепловых полиномов.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 207 – 211

**ACTION SOME ASPECTS
OF THE FIELD AND WAVE IN THE RFID**

O. B. Suieubaev

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: olzhas3384@mail.ru

Keywords: RFID-technology, interference, ferrite, impedance, label, counter.

Abstract. In this work, according to the task has been studied free distribution and reducing the intensity of RFID systems for remote areas: video, dissipation, self-diffraction of light or other sources of radiation is increased sensitivity RFID. In the case of RFID calculator used the EQ and multi-antenna. In the RFID system in remote areas antenna radiation pattern is distorted when you change the location of each other, therefore decreases the power return signal.

In RFID systems of a distant zone of the directional pattern of antennas of tags can also significantly be distorted at their close relative positioning and, respectively, efficiency of transfer of power and signals will decrease.

КЕЙЫР АСПЕКТИЛЕРДІҢ RFID ЖҮЙЕСІНДЕ ӨРІС ПЕН ТОЛҚЫНҒА ӘСЕРІ

О. Б. Сүйеубаев

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: RFID технологиясы, интерференция, феррит, импеданс, белгі, есептеуіш.

Аннотация. Жұмыста ұсынылған тақырыпқа сәйкес еркін таралу салдарымен және интенсивтіліктің жай кемуі RFID жүйелерінің алыс аймақтарда: бейнелерге, шашыратуға немесе өзінің дифракциялық сәулеленуіне немесе басқа көздердің сәулеленуі RFID жүйелерінің жоғарғы сезімталдығы болып табылады. RFID жағдайында есептеуіштерде эквайзерлі және антенналы көп арналылық қолданылады. RFID жүйесінде алыс аймақтағы белгі антенналарының диаграммалық бағытталуы олардың өзара орналасуы кезінде бұрмаланады, сәйкесінше қуат жіберілуі және сигнал нәтижесі төмендейді.

Кіріспе. RFID технологиясын қолдану мүмкіндіктері тек қана адам ойымен ғана шектеулі. Алайда, RFID - желі өтімін басқару немесе тұтынушы қолданатын тауарлар саласын басқару үшін көбірек жарайды деген пікір бар, RFID желісінің диапазоны бұл пікірлерден әлдеқайда тыс қолданылады. Қолдану аймағына қарай жүйенің техникалық сипаттамаларының негізгі компоненттеріне шектеу қатары қолданылады.

RFID жүйесінің негізгі техникалық сипаттамаларына: қашықтық, тез әрекеттілік, байланыс сенімділігі және электромагниттік үйлесімділігі жатады. Құрылғының әрбір бөлек сипаттамасы тікелей немесе жанама құрамымен анықталады. Арнаның байланысты тарату қасиеті мынадай параметрлермен анықталады: ылғалдылық, ортаның температураға тәуелділігі және де айналадағы әртүрлі заттардың қатынасымен анықталады.

RFID жүйесінің сипаттамасына ауытқудың ықпалдылығы. Атмосфера біртекті және жұтылмайтын болып келеді, қоршаған және әсер ететін, тарату және қабылдау объектілер жоқ. Бірақ, тәжірибеде қоршаған орта еркін орта моделіне сәйкес келмейді. Біз бұл аспектілерді қысқаша қарап өтеміз. Сонымен қатар қоршаған ортаға әсерін тигізетін интерференция және шуылдарды да қарастырамыз.

RFID жүйелерінде, жақын аймағында функционалданатын өріс кернеулігі $1/r^2$ немесе $1/r^3$ пропорционалды түрде кемиді, ал $1/r$ алыс аймағына қарағанда, сигналға жақын аймақтағы әсер етуші элементтер қатысты түрде жақсы белгілі. Айта кететін жайт, алыс емес қашықтықта өрістің интенсивтілігін, диаграмманың бұрмалануын және жүйенің басқа да жалпы сипаттамаларына өрістің әсерін елемеуге болады. Бірақ та, жақын аймақтағы индуктивті және көлемді жүйелер қоршаған материалдар мен заттардың әсерінен әсіресе, өткізгіш материалдарға қатты душар болады.

Индуктивті жүйелер токка сезгіш магнитті өрістермен қатынаста болады. Үлкен өткізгіш заттар магниттік өрісте уақыт бойынша әсерлесе, онда оларда ток индукцияланады. Бұл токтар құйынды ток деп аталады және оларды индукцияландырған магниттік өріске кері әсерін тигізеді, сонымен қатар омдық шығындарға алып келеді. Құйынды токтар магниттік өрісті әлсіретеді, RFID жүйесі кезінде антенналарды өзгертеді және қашықтық әрекетін кішірейтеді. Әсіресе, төзімділігі жоғары жүйелер сезімтал болып табылады. Жоғарғы өткізгіштерді экрандауда құйынды токтарды болдырмау үшін мыс-ұнтақты материалдар немесе ферриттер қолданылады. Трансформатордағы құйынды токтарды және омдық жоғалтуларды төмендету үшін төмен электроөткізгішті ферриттер қолданылады. Сыйымдылықты байланыс жүйелері қоршаған заттарға өте сезімтал болып келеді. Себебі, сыйымдылық жүйелері электр өрісі арқылы ара-қатынас тудырады, олардың мәселесі потенциалдардың әртүрлі бұрмалауымен шартталған. Кез келген жерленген объектілер антеннаның электр өріс желісін тартады және сәйкесінше есептеуіш және белгілердің арақатынасы аймағындағы конфигурациясын өзгертеді [1].

Алыс аймақтағы жоғалтулар мен көпсәулелік таралу. RFID жүйесінің қашықтық қатынасы негізінде электромагниттік өрістің кернеулік сәулеленуімен және қоршаған ортаның электро-

динамикалық сигнал таралуы қасиеттерімен шектеледі. Сәулеленетін өріс кернеулігі тікелей әкімшіліктік нормалармен белгіленген (регламенттермен), сондай-ақ әкімшіліктік нормалар арқылы және сигналдың спектрлік енімен шектеулігі байланыс үдерісінің заңдылығымен анықталады. Өрістің кернеулігі антенна түріндегі есептеуіш пен белгі орналасқыштан және өзара бағдарлаудан үлкен тәуелділікте орналасқан. Әкімшілікті реттегіш, өрістің кернеулігін және белгілі бір аймақтағы қуат тығыздығын, тіпті бұл параметрлерді кең көлемдегі техникалық әдістермен қамтамасыздандырса да шектейді.

Кеңістіктің кейбір нүктесіндегі өріс кернеулігі немесе қуат тығыздығы белгілі болғандағы келесі мәселе, қуатты қабылдау болып табылады. Максимальді индукциялы кернеулікке немесе қол жетімді қуатқа жету үшін, сәулеленетін өріс қатынасына сай белгі антеннасын оптимальді түрде бейімдету қажет. Тәжірибеде бұл өте қиын тапсырма болуы мүмкін. Өріс кернеулігі немесе қуат тығыздығы – антенналық белгісі ретінде оның геометриясымен, бейімдеушілік есебімен анықталады. Белгіленген күйдегі геометрия және белгі функционалды антеннаның электронды сұлба параметріне тәуелді болады. Әсіресе, антеннаның импедансы тізбекке және жүктемеге сәйкес маңызды болады.

Байланыстың кері желісінде, белгіден есептеуішке дейінгі белгі жадында сақталатын ақпаратты сигнал модуляциясы өндіріледі. Бұл жағдайда модуляцияланған сигналдың деңгейі әлдеқайда есептеуіш сигнал деңгейінен кем болады. Алайда, есептеуіш сигналдың қиын өңделуі арқасында, бұл жүйенің алысқа қатынасын шектемейді [2].

Антеннаның алыс аймағындағы электромагниттік толқындардың сәулеленуі қоршаған ортаға таралады. Өріс кернеулігі $1/r$ пропорционалды түрде кемиді, бұл, үлкен қашықтықты қатынасты шарттайды. Еркін таралу салдарымен және интенсивтіліктің жай кемуі RFID жүйелерінің алыс аймақтарда: бейнелерге, шашыратуға, өзінің дифракциялық сәулеленуіне немесе басқа көздердің сәулеленуі RFID жүйелерінің жоғарғы сезімталдығы болып табылады. Алыс аймақта жоғалтуларды үлкен масштабты немесе кіші масштабты әртектілікпен сипаттауға болады. Үлкен масштабты әртектілік үлкен арақашықтағы өріс кернеулігінің өзгеруімен анықталады. Кіші масштабты әртектілік көпсәулелену түрлерімен көрсетіледі, бастаудан қабылдағышқа таралатын толқындар интерференцияланып, қабылдағыш нүктедегі өріс кернеулігінде үлкен өзгертулерді тудырады. Кіші масштабты әртектілік үлкен емес арақашықтарда тез флуктуациямен сипатталады. Кіші масштабты және де үлкен масштабты әртектілікпен шартталған жоғалтулар сәйкес модельдермен сипатталады.

Үлкен масштабты жоғалту модельдері, сигналдағы қуаттың өшуі жіберуші арасындағы арақашықтықпен сипатталады. Олар еркін жазықтық үшін кері квадраттық қалыпты заңның теңдеуімен және атмосфера мен материалдар қатынасымен шартталған өшуін сипаттайды. Егер өшу мынаған тең болса:

$$PL(R) = (\lambda / 4\pi R) \quad (1)$$

мұндағы n еркін ортада 2-ге тең болса, онда теңдеу мына түрде болады:

$$Pr = p Pt Gt Gr PL(R) \quad (2)$$

Әдетте бөлме ішіндегі кеңістікте таратылатын бағаны жоғалту логарифмдік модельмен беріледі:

$$PL(R) [\text{дБ}] = PL(R\sigma) + 10 n \log (R/R0) + X\sigma \quad (3)$$

мұндағы n бөлме қасиетіне тәуелді, $X\sigma$ – қалыпты таралған стандартты айнымалы ауытқу σ , децибелмен анықтаған. $R0$ шамасы өлшеу өткізілетін тіркелген қашықтық болады және ол әдетте бөлме ішіндегі өріс таралу шартында 1-ге тең. Кестеде n және σ мәндерін өрістің таралуындағы әртүрлі шарттарда және әртүрлі жиіліктерде көрсетілген. σ -ның кіші мәніне модель дәлірек сәйкес келеді.

Көпсәулелі таралу көрінісін кіші масштабты федингті модельдер сипаттайды. Көпсәулелі таралу – шағын арақашықтықтарда амплитуданың және фазаның қатты флуктуациялануын, кездейсоқ жиілікті модуляцияны және уақытша дисперсияны тудырады. Кеңістікте, металдық заттар және объектілерді бейнелейтіндер, көпсәулелі таралу және сигнал интерференциясына ие болуы мүмкін. Көп сәулеленуді сипаттау үшін әртүрлі статикалық модельдер қолданылады, ал, орташа

N параметрлері және бөлме ішіндегі кеңістікте таралатын логарифмдік модель жоғалтуы σ

Ғимарат	Жиілік (МГц)	n	σ
Талдап сату дүкені	914	2,2	8,7
Бакалейлі дүкен	914	1,8	5,2
Тығыз офис	1500	3,0	7,0
Тығыз емес офис	900	2,4	9,6
Тығыз емес офис	1900	2,6	14,1
Тоқымалы, химикалық өндірістер	1300	2,0	3,0
Тоқымалы, химикалық өндірістер	4000	2,1	7,0 – 9,7
Кітап дүкені, нан дүкені	1300	1,8	6,0
Металл өңдейтін өндіріс	1300	1,6 – 3,3	5,8 – 6,8
Тұрмыс ғимаратының қабырғасы	900	3,0	7,0

квадраттық ауытқудың (ОКА) шамасы кешігіп таралудың ортақ мәні болып табылады. Шағын металдық фрагменттер санымен және тығыз жоспарлауы бар ғимараттардың орташа квадраттық ауытқуы кешігу аймағында 30 нс-дан 60 нс-қа дейін болады. Үлкен ғимараттар, үлкен металдық фрагмент сандарының және ашық шеткі жапсаржайлардың таралу кешігулері 400 нс-қа ие болуы мүмкін. Көп сәулеленудің таралу эффектісін минимальді ететін технологиялар, эквалайзерлі, көп арналы және арнаны кодтау болып табылады. RFID жағдайында есептеуіштерде эквалайзерлі және антенналы көп арналық қолданылады. Мұндай белгілерде өлшемдердің шектелуі, қиыншылықтар және бағасының салдарынан болатын мұндай әдістер қолданылмайды [1].

Көрші антенналардың әсері. Көптеген белгілер бір-біріне жақын орналасқандықтан, олардың антенналар арасындағы байланысы сигналды қабылдауы мен жіберуіне кері әсерін тигізуі мүмкін.

Белгілердің жақын аймақта орналасуы көрші антенналардың бұзылуына әсер етуі мүмкін. Әсіресе, жоғарғы төзімділікті белгілер сезімтал болады. Осы жақын өрістегі мәселені шешу әдісі - белгілер антенналарын бір-біріне жақын орналастыруда, оларды жоғары жиілікке қою қажет.

RFID жүйесінде алыс аймақтағы белгі антенналарының диаграммалық бағытталуы олардың өзара орналасуы кезінде бұрмаланады, сәйкесінше қуат жіберілуі және сигнал нәтижесі төмендейді.

Температура және ылғалдылық. Қоршаған орта температурасының өзгеруі тізбектегі параметрлерге сәйкесінше өзгерістер тудырады және нәтижелі емес қуат жіберуіне алып келуі мүмкін. Жоғарғы төзімділік жүйесі резонансты жиіліктің қозғалуынан қатерлі бұзулуына алып келуі мүмкін. Сондықтан төменгі температуралы коэффициент компоненттері қолданылуы қажет. Ылғалдылық сипаттаманың құлдырауына алып келуі мүмкін. Жалпы бұл эффектілер жоғары жиіліктерде зиянды болып келеді.

Сонымен, қорыта айтар болсақ электромагниттік өріс пен RFID толқын жүйелерінің энергетикалық және ақпараттық байланысқа жету жолдарын, антенна көмегімен электромагниттік өрістер мен толқындардың пайда болуын, сондай-ақ аталған антенна көмегімен сәулеленетін жақын және алыс аймақтағы өріс қасиеттерін, әрбір аймақтағы энергетикалық және ақпараттық байланыс мәндерін түсіндік. Түйіндей келе біз, қоршаған ортаның кейбір аспектілерінің өріс пен толқынға әсерін қарастырдық.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Шарфельд Т. Системы RFID низкой стоимости. – М., 2006. – 197 с.
- [2] <http://www.masters.donntu.edu.ua/2009/kita/naumenko/library/article3.htm>
- [3] Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб. пособие для вузов по специальности «Радиотехника». – М.: Высш. школа, 1992. – 416 с.

REFERENCES

- [1] Sharfeld T. *RFID systems low cost*. М., 2006. P. 197.
- [2] <http://www.masters.donntu.edu.ua/2009/kita/naumenko/library/article3.htm>
- [3] Baskakov S.I. *Electrodynamics and Propagation: Textbook*. Manual for schools in the specialty «Radio Engineering». М.: Graduate school, 1992. P. 416.

ДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ НА ПОЛЕ И ВОЛНЫ В СИСТЕМЕ RFID**О. Б. Суйеубаев**

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: RFID-технологий, интерференция, феррит, импеданс, метка, считыватель.

Аннотация. В работе дана информация о том, что следствием свободного распространения и слабого спада интенсивности является повышенная чувствительность систем RFID в дальней зоне к отражениям, рассеянию или дифракции собственного излучения или излучения других источников. В случае RFID в считывателях используется эквалайзирование и антенная многоканальность.

В системах RFID дальней зоны диаграммы направленности антенн меток также могут существенно искажаться при их близком взаимном расположении и, соответственно, эффективность передачи мощности и сигналов будет снижаться.

*Поступила 25.02.2015 г.***NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 211 – 215

**THE BASIC STRUCTURE OF TEACHING
IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS WITH INFORMATION
AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT****Z. T. Suranchieva, A. K. Otelbaeva**

Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: zina_ss@mail.ru

Key words: information and communication technology, information, digital educational resources, multimedia, distance learning, information educational environment.

Abstract. This article describes the basic structure of education using new methods of information technology in higher education. The main issues of using information technology in the educational process are included. The need to organize training courses to develop skills in the use information and communication technologies in the learning process is an urgent problem today. The methods of teaching are used in conjunction with the new information technologies. Also the features and structure of the educational environment of distance learning are described.

УДК 372.851.02

**ЖОҒАРҒЫ ОҚУ ОРНЫНДА АҚПАРАТТЫҚ
БІЛІМ БЕРУ ОРТАСЫНДА БІЛІМ АЛУДЫҢ НЕГІЗГІ ҚҰРЫЛЫМЫ****З. Т. Суранчиева, А. К. Отелбаева**

Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, ақпараттандыру, сандық білім беру қорлары, мультимедия, қашықтан оқыту, ақпараттық білім беру ортасы.

Аннотация. Мақалада жоғарғы оқу орнында ақпараттық технологияның жаңа әдістерін пайдаланып білім арудың негізгі құрылымы қарастырылған. Білім берудегі ақпараттық технологияны қолданудың негізгі

мәселелері қамтылған. Педагогтардың ақпараттық және коммуникациялық технологияларды оқыту үрдісінде қолдана білу мүмкіндігін дамыту мақсатында оқу курстарын ұйымдастырудың қажеттілігі бүгінгі білім беру жүйесінің өзекті мәселесінің біріне айналып отыр. Жаңа ақпараттық технологияны қолдануда пайдаланылатын оқытудың тәсілдері көрсетілген. Сонымен бірге қашықтықтан білім берудің ерекшеліктері, ақпараттық білім беру ортасының құрылымы сипатталған.

Қазіргі заманғы ғылым мен техниканың даму кезеңі оқу-ағарту саласында ақпараттық технологияның жаңа әдістерін кең көлемде қолдануды қажет етеді. Осыған байланысты қазіргі білім беру мазмұны жаңарып, жаңа көзқарас пайда болып, білім беру жүйесінде ақпараттық коммуникациялық технология өмірге келді. Ақпараттандырудың негізгі саласының бірі білім саласын ақпараттандыру болып саналады. Қоғамымызды құрайтын тұрғындардың алдыңғы қатардағыларының ой-еңбегінің жемісі болып табылатын ақпараттық ресурстарды күнбе-күн пайдалану ісі өсіп келе жатқан жас ұрпақты ізденісі мол шығармашылық бағытта тәрбиелеу керек екендігін анықтап отыр.

Қазіргі білім беру ортасында студенттер мен оқытушылардың компьютермен қамтамасыз етілуі білім берудегі ақпараттық технология негізінде дами келе негізгі үш мәселені қамтиды:

- оқу үрдісіндегі Интернет желісін қолдану әр түрлі орындарда жүзеге асырылады;
- білім берудегі және шығармашылық үрдістегі әрбір қолданушылар бір-бірімен әр уақытта байланысып, бірыңғай білім берудегі ақпараттық кеңістікте білімдері дамиды;
- педагогтар мен білім алушылар біріге отырып ақпараттық білім беру ресурсын басқаруды қолданып әр түрлі мәліметтер қорларын құрып, дамыта алады.

Осыларды негізге ала отырып компьютерлік-желілік байланыс қамтамасыз етіліп, үздіксіз білім беру жүзеге асырылып жатыр. Яғни сырттай білім алатындар үйінде отырып желілік байланыс негізінде қашықтықтан білім алуына болады. Сонымен қатар осындай ақпараттық кеңістікте білім беруде бұрынғы дәстүрлі оқытудағы әдістерді қолданбай, компьютерде қолдануға болатын жаңа әдіс-тәсілдерді енгізу қажет. Ғалымдар мен мамандардың пікірінше, педагогтың ақпараттық мәдениетін дамытудың негізгі факторы ақпараттық және компьютерлік технологияларды қолдануға байланысты біліктілікті көтеру жүйесі болып саналады. Педагогтардың ақпараттық және коммуникациялық технологияларды оқыту үрдісінде қолдана білу мүмкіндігін дамыту мақсатында оқу курстарын ұйымдастырудың қажеттілігі бүгінгі білім беру жүйесінің кезекті мәселесінің біріне айналып отыр. Білім беруді ақпараттандыру мемлекеттік саясатынан, материалды-техникалық қамтамасыз етуден және педагогикалық мамандарды даярлаудан бөлек, мемлекеттік білім беру стандартына сәйкес сандық білім беру қорларының жасалуына себеп болды [1].

Қазіргі заманғы ақпараттық технологияларды пайдалану өз білімін көтеру тиімділігін де арттырады. Бұл бірінші кезекте сандық түрде жазылған ақпараттарды пайдалану кезінде қажетті мәліметтерді оңай табуға мүмкіндік береді. Қазіргі кезде көптеген әлемге танымал энциклопедиялар, сөздіктер электронды түрге айналдырылған.

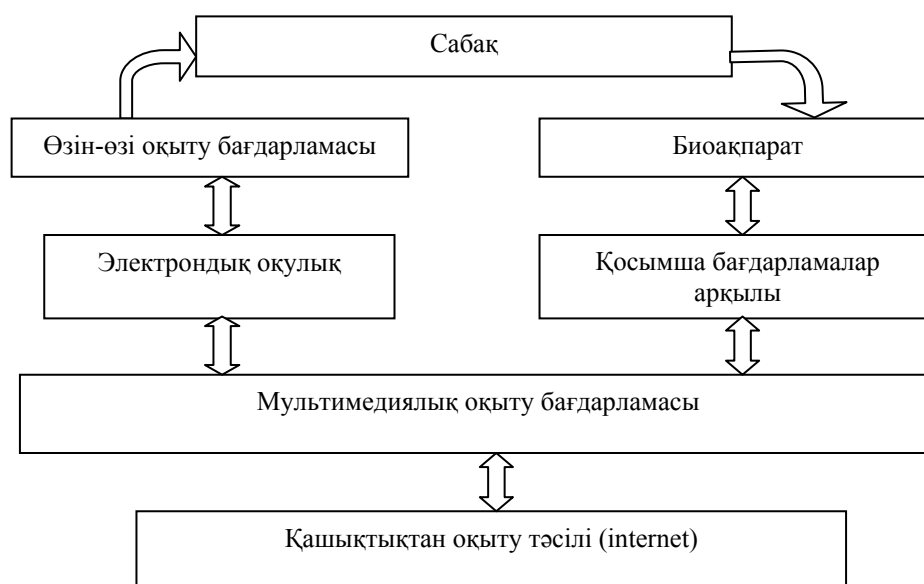
Жаңа ақпараттық технологияны пайдалануда оқытудың әртүрлі тәсілдерін пайдалану барысында білім сапасын арттыруға болады. Пайдаланатын әдістерді төмендегідей сызба түрінде көрсетуге болады.

Сабақта жоғарыда көрсетіліп отырған барлық әдіс бойынша қай оқыту тәсілін пайдалансаңыз да өзіңіз білесіз. Мұндағы оқытушының қызметі: студенттердің компьютермен жұмыс істеу қабілетін ескеріп, пән аралық қорытынды сабақ өту барысында компьютермен байланыстыру керек.

Өзін-өзі оқыту бағдарламасы. Бұл әдісте оқытушының қызметі студенттерді қадағалап тұру және жаңа сабақты қысқаша түрде түсіндіру. Содан кейін студенттер өздері компьютердегі алдынала дайындалып қойылған бағдарламаны ашып, жұмыс жасай береді.

Биоақпарат әдісі. Оқытушының міндеті - әдебиеттер беру және студенттерді тыңдап, оның қате кеткен жерлерін айту. Бұл әдістің ерекшелігі әр студенттің ізденімпаздығын, яғни шығармашылық жұмыс жасауын арттыру болып табылады.

Электрондық оқулық. Студенттер үшін электрондық оқулық мектеп қабырғасында жүрген жылдарында өздігінен білімін толықтырып отыруға және мақсатты түрде бітіру емтихандарына дайындалуға мүмкіндік беретін ақпарат көзі. Электрондық оқулықтар бойынша студент тапсырманы қызыға орындайды, сонымен қатар өз қатесін табады. Студенттің оқу түріне сай және әркімнің шамасына, мүмкіндігіне қарай тапсырма беруге қолайлы.



1-сурет – Жаңа ақпараттық технологияны қоланудағы оқытудың әртүрлі тәсілдері

Қосымша бағдарламалар арқылы. Яғни, қолданбалы бағдарламаларды қолдана отырып, Microsoft PowerPoint пен ActivInspire программаларында презентация, Microsoft Excel арқылы диаграмма құру арқылы көптеген қызықты сабақтар өткізуге болады.

Мультимедиялық оқыту бағдарламасы. Студентке компьютер экраны арқылы жаңа сабақты түсіндіріп, оқу үрдісін өзі атқарады.

Қашықтықтан оқыту тәсілі. Қашықтықтан білім беру белгілі бірқашықтықта отырып, компьютерлік телекоммуникация және де басқа байланысу орталары көмегімен оқып үйрену мақсатындағы ақпараттармен өзара алмасу тәсіліне негізделген.

Қазіргі заманғы ақпараттық технологияларды пайдалану өз білімін көтеру тиімділігін де арттырады. Бұл бірінші кезекте сандық түрде жазылған ақпараттарды пайдалану кезінде қажетті мәліметтерді оңай табуға мүмкіндік береді. Қазіргі кезде көптеген әлемге танымал энциклопедиялар, сөздіктер электронды түрге айналдырылған.

Білім берудегі ақпараттық технологиялар ақпараттық есептеуіш техникаларды қолдану барысында туындайды. Білім берудегі ақпараттық технологиялар білім беру ортасында жұмыс істейтін келесі компоненттерді анықтайды:

- техникалық (қатынау құралында және компьютерлік техникада қолданылатын түрі);
- программалық-техникалық (нақтыланған техникалық оқытуға қажетті программалық құралдар);
- ұйымдастырушылық-әдістемелік (оқу үрдісіндегі ұйымдардағы оқытушылар мен оқушыларға арналған нұсқаулар).

Білім беру технологиясы негізінде жоғарғы оқу орнында ғылыми және инженерлік білім және әдістер мен құралдар пәндік аймақта ақпаратты сақтап, өңдеп, жинап тасымалдауға арналып қолданылады. Оқу бағдарламаларына сәйкес ақпараттық технологиялардың қолданылуы тікелей тәуелденіп қалыптасады. Жоғарғы оқу орнындағы ақпараттандыру мәселелерінің басты міндеті ретінде жаңа ақпараттық технологияны мамандарды ақпараттық мәдениет көрсеткішіне дейін сапалы түрде дайындау мақсатында жаһандандыруды арттыру болып табылады. Индустриалды қоғамның қажеттілігіне сәйкес мамандарды дайындау қажет [2].

Қашықтықтан білім берудің ерекшеліктері төмендегідей:

1. Икемділік – студент өз еркімен сабақтың уақытын, орнын жоспарлайды.
2. Модульдік – оқуға арналған материалдар модуль түрінде болады, яғни студенттің қажеттілігі мен сұрауларына сәйкес орындалады.
3. Қолжетімділік – студенттің географиялық және уақытқа тәуелсіз бірыңғай білім алуы жүзеге асырылады.

4. Тиімділік – білім мекемесінде экономикалық жағынан шығындардың, яғни уақыттың экономикалық ресурсы, материалдық жағынан (баспаға шығару, материалдарды көбейту) аз кетуіне қажеттілігін тигізеді.

5. Мобильділік – оқытушы мен студент арасындағы кері байланыс қашықтықтан оқытудың үлкен жетістіктер үрдісі болады.

6. Қамтамасыз ету – оқыту ақпараттарына бір уақытта қатынау (электронды кітапханалар, мәліметтер банкі, білім қорларына және т.б.).

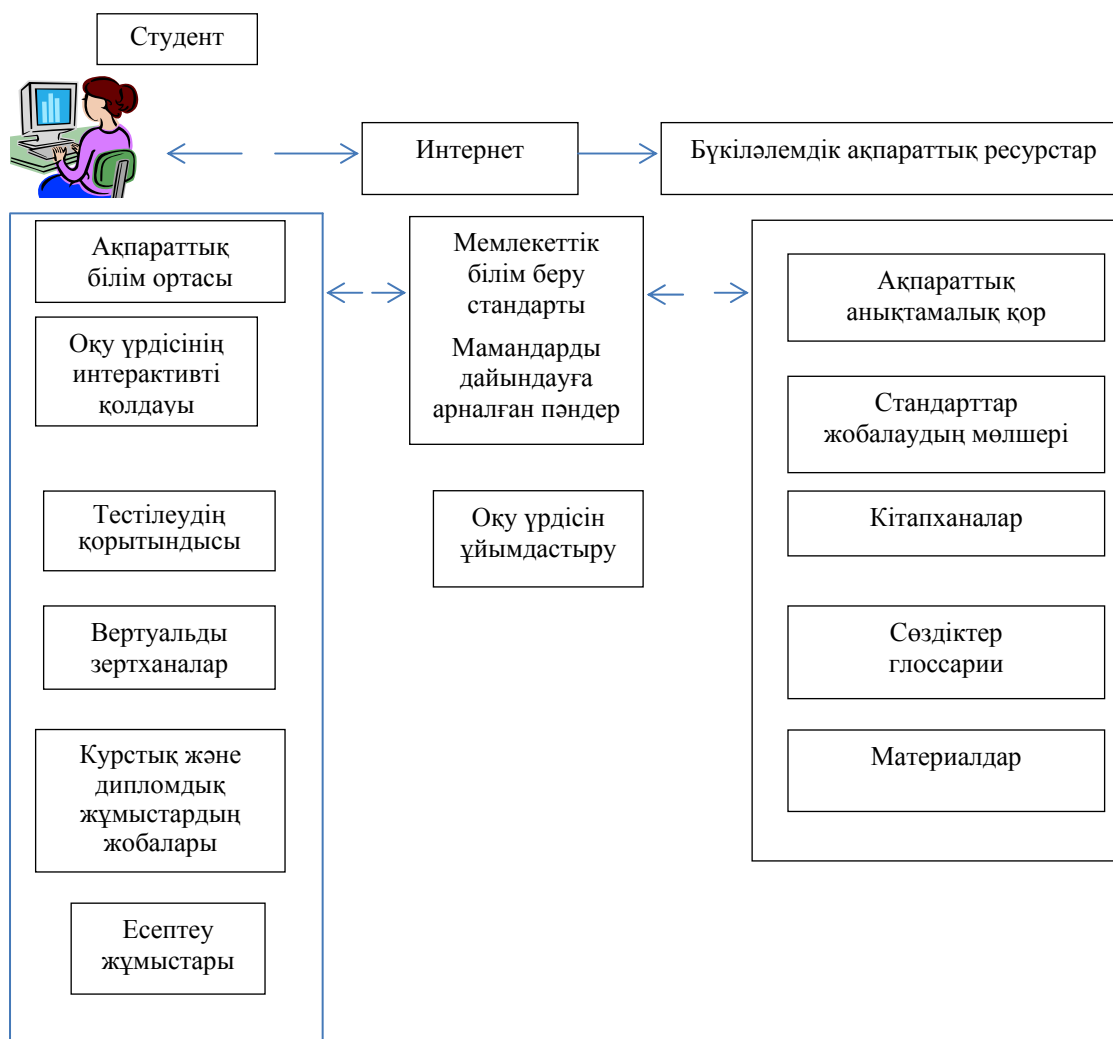
7. Технологияландыру – білім беру үрдісіндегі ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялардың жаңа жетістіктерін қолдану.

8. Қоғамдық тепе-теңдік – студенттің тұрған орнына, денсаулығына, материалдық қамтамасыздануына тәуелсіз бола отырып, білім алу теңдей жүзеге асырылады.

Ақпараттық технологиялар оқу үрдісінің модельдерінің өзгеруіне яғни, репродуктивті оқытуда оқытушыдан студентке креативті модельге өтуге мүмкіндік береді.

Ақпараттық білім беру ортасындағы жетістіктері мен кемшіліктерінің талдануы және қазіргі кездегі жағдайы мен телекоммуникациялық құралдар келесі принциптерді көздей отырып, қазіргі уақытта ақпараттық білім беру ортасында жобаланып құрылуы қажет:

- Көпкомпонентті-ақпараттық білім беру ортасы оқу-әдістемелік материалдарды, бағдарламалық жабдықтарды, тренингтік жүйелерді, білімді бақылау жүйесін, техникалық құралдар, мәліметтер қоры және ақпараттық-анықтамалық жүйелер, ақпараттың әр түрін сақтау, бір-бірімен байланысын қамти отырып көпкомпоненттіліктің ортасын құрайды.



2-сурет – Ақпараттық білім ортасының құрылымы

- Интегралды-ақпараттық компоненттер ақпараттық білім ортасында мамандардың дайындалуымен анықталған әлемдік ресурстағы ғылым және техника аумағындағы мәліметтер білімін пәнаралық байланыстарды ескеріп, білімді ақпараттық-анықтамалық қосымша оқу материалдарын өзіне қосып алуы қажет.

- Таратылу – ақпараттық білім беру ортасындағы ақпараттық компоненттер ақпаратты сақтау бойынша, қазіргі кездегі техникалық құралдардың шектелуімен таралады.

- Бейімделу – ақпараттық білім беру ортасы білім беру жүйесінен ауытқымай, оның құрылуын және принциптерін өзгертпей, ақпараттық білім беру ортасында ақпараттың көпшілік қажеттігіне қарай орындалуы қажет. Осыларды негізге ала отырып ақпараттық білім беру ортасының құрылымы 2-суреттегідей сипатталады.

Тұжырымдалған принциптер ақпараттық білім беру ортасында дәстүрлі білім беру жүйесінде білім беруге қажетті болып, басқа жағынан өзіндік жүйе ретінде жаңа ақпараттық технологияларды қолданып студенттердің белсенді шығармашылық әрекетіне бағытталады.

Ақпараттық-коммуникациялық технологияларды игеру қазіргі заманда әрбір жеке тұлға үшін оқу және жазу қабілеті әрбір адам үшін қажетті шартқа айналды. Алынған білім мен дағдылар бұдан әрі қоғамның даму жолдарын анықтайды.

Сонымен ақпараттық білім беру ортасында студенттерге білім беруде ақпараттандыру үрдісінің негізгі бағыттарымен таныстырып, болашақ педагог мамандардың ақпараттық мәдениетін қалыптастыру керек. Осыларды ескере отырып ақпараттық білім беру ортасында үздіксіз білім беруді жетілдіру негізінде қашықтықтан ақпараттық технологияның көмегімен білім алуды оқытушы және студент болып кеңінен қолға алу қажет. Осыларды орындай келе біздің елде ақпараттық білім беру кеңістігінде бәсекеге қабілетті мамандар дайын болады.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Авдеева С. Цифровые ресурсы в учебном процессе: [о проекте «Информатизация системы образования» и о создании Единой коллекции цифровых образовательных ресурсов] // Народное образование. – 2008. – № 1. – С. 176-182.
[2] Арменголь М. Влияние глобализации на деятельность иберо-американского виртуального университета // Высшее образование в Европе. – 2002. – Т. XXVII, № 3.

REFERENCES

- [1] Avdeeva S. *Digital resources in the learning process* [about the project "Informatization of Education System" and the establishment of a single collection of digital educational resources] Public education. 2008, № 1, 176-182. (in Russ.).
[2] Armengol' M. *The impact of globalization on the activities of the Ibero-American Virtual University*. Vysshee obrazovanie v Evrope. 2002, Vol. XXVII, № 3 (in Russ.).

ОСНОВНАЯ СТРУКТУРА ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ С ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДОЙ

З. Т. Суранчиева, А. К. Отелбаева

Казахский государственный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: информационно-коммуникативные технологии, информатизация, цифровые образовательные ресурсы, мультимедия, дистанционное обучение, информационная образовательная среда.

Аннотация. В статье рассмотрена основная структура образования с применением новых методов информационной технологий в высшем учебном заведении. Включены основные вопросы использования информационных технологий в учебном процессе. Необходимость организации учебных курсов в целях развития навыков применения педагогами информационных и коммуникационных технологий в учебном процессе является актуальной проблемой на сегодняшний день. Рассмотрены методы обучения используемые совместно с новыми информационными технологиями. Также описаны особенности и структура информационно-образовательной среды дистанционного обучения.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 216 – 222

POSSIBILITIES OF THE USE BIPOLYARIZATOR MADE FROM ICELANDIC SPAR

A. U. Umbetov

Arkalyk state pedagogical institute after I. Altynsarin, Arkalyk, Kazakhstan.

E-mail: umbetov.a@mail.ru

Key words: hertzian waves, crystal, quantum electronics, interference, laser, polarization, interferometer.

Abstract. The theory of cooperation of hertzian waves with substances in fundamental research presents both theoretical and practical interest. An analysis and synthesis of the optical systems from monaxonic crystals show the important value of their application in the optical-electronic devices of transmission, distribution and treatment of information. One of interesting on the functional possibilities of the crystal optical systems is bipolizator (BP). In the real work the method of calculation of motion of hertzian waves is shown in bipolizator and feature of origin of interference pictures on the exit of bipolizator. Using bipolizator in a laser radiation, by means of interference of the hertzian waves formed to them on an exit it is possible with greater exactness to define locations small longitudinal displacement and corner of turns of objects. Thus on a base bipolizator it is possible to create a number of laser polarization interferometric devices using in various directions coherent optics.

УДК 533.09.01

ИСЛАНД ШПАТЫНАН ЖАСАЛЫНҒАН БИПОЛЯРИЗАТОРДЫҢ ҚОЛДАНЫЛУ МҮМКІНДІКТЕРІ

A. У. Умбетов

Ы. Алтынсарин атындағы арқалық мемлекеттік педагогикалық институты, Арқалық, Қазақстан

Тірек сөздер: электромагнитті толқындар, бір осьті кристалдар, квантты электроника, интерференция, лазер, поляризация, интерферометр.

Аннотация. Электромагнитті толқындардың заттармен әсерлесу теориясы іргелі зерттеулердегі теориялық және тәжірибелік жағынан маңызды мәселелердің бірі. Әртүрлі бағыттар бойынша ерекшеленетін оптикалық жүйелердегі электромагнитті толқындардың таралуы және маңызды құбылыстар береді. Бір осьті кристалдарды әртүрлі үлгіде қарастыра отырып, квантты электроникаға қажетті элементтер аламыз. Солардың бірі биполяризатор (БП). Мақалада биполяризатордың құрлысы және одан электромагнитті толқындардың таралуы, өткен сәулелердің ерекшеліктері және интерференция құбылысының алыну тәртібі қарастырылады. Осындай жүйелерді лазер сәулесінде қолдана отырып, денелердің кеңістіктегі орнын, аз ығысу шамасы мен бұрылу бұрышын өте үлкен дәлдікпен анықтай аламыз. Сонымен бірге кристалды оптикалық жүйелердің негізінде әртүрлі мақсатта қолданылатын лазерлік поляризациялық интерферометрлер құрастыруға мүмкіндіктер туады.

Квантты электроника мен когерентті оптиканың дамуына байланысты әртүрлі кристалды оптикалық жүйелердің ғылыми техникалық және өндірістік құрылымдарда қолданылуы кең түрде артты. Кристалды оптикалық қондырғылардың көмегімен лазер сәулелерін басқару, амплитудасын, жиілігін, фазасын және поляризациясын басқару сәтті шешіледі. Сонымен бірге жарық сәулесін үздікті және үздіксіз сканірлеу, сапасын модуляциялау және оптикалық резонатордың модтарын бөліп алу, оптикалық сәулелердің ұзақтылығы мен түрін басқару сәтті шешіледі [1, 2].

Кристалды оптикалық жүйелер, сонымен қатар кеңістіктік кодировкалау және декодировкалау үшін, басқармалы кеңістіктік сүзгіштерді құру үшін қажет [3]. Кристалды оптикалық жүйелер негізінде көптеген поляризациялық интерферометрлік қондырғылар жасалынған [4]. Олардың көмегімен үлкен дәлдікпен оптикалық денелерді өңдеу, сапасын анықтауға [5], лазер сәулелерінің геометриялық параметрлерін, лазер сәулесінің өрісінің кеңістіктік корреляциялық функциясын және когеренттік дәрежесін анықтай аламыз [6].

Электромагнитті толқындардың анизотропты кристалдардағы таралуының теориясы, орталардың бөліну шекарасындағы шағылу және сыну заңдары жеткілікті дәрежеде жақсы зерттелінген [7]. Алайда бірнеше анизотропты кристалдардан тұратын жүйелердегі лазерлердің жолын қатаң түрде есептеу үлкен, инженерлік есептеулерге жарамсыз өрнектерге алып келеді. Және кристалды оптикалық жүйелердің жалпы қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік бермейді.

Оқулықтарда белгілі қосарланып сындырғыш призманың сәулелердің жолын есептеу [8, 9] призманың кіріс қабырғасының жарықтың нормаль түсіуімен шектеледі және әр бір жеке призмаға бөлек есептелінеді. Қосарланып сындыратын айнымалы екілену бұрышты призмалардағы (КСАЕБП) жолдарын есептеу әдістемесі белгілі [10]. Және Дове түріндегі призмалардағы есептеу әдістемесі де белгілі [11].

Берілген жұмыста биполяризацияларды теориялық және тәжірибе жүзінде толығырақ зерттеу мақсат етіп қойылды. Жүйенің құрамдарындағы кристалдардың оптикалық осьтері әр түрлі бағытталады.

Жұмыста келесі міндеттер орындалды.

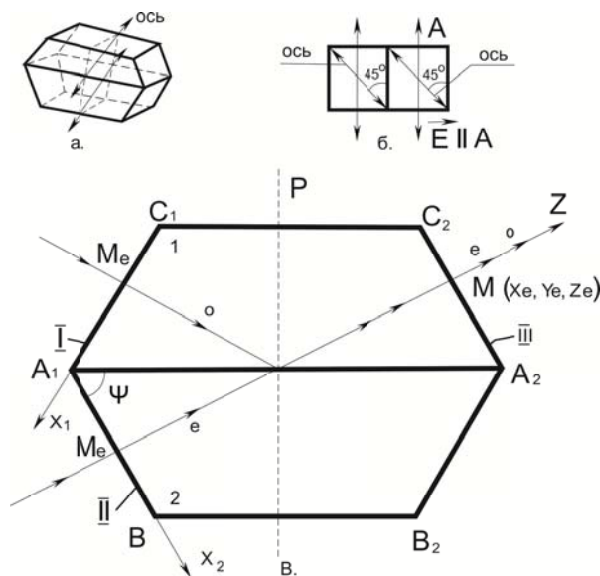
1. Биполяризациядан электромагнитті толқындардың өтіуінің жалпы есептеу әдістемесін жасау. Бұл әдіс айтылған жүйелердің қасиеттерін талдауға ыңғайлы және инженерлік есептеулерге тиімді.

2. Биполяризацияда поляризациялық сәулелерді жіктеу режимінде олардың арасындағы интерференция құбылысын зерттеу.

3. Бифокалды линзалар мен биполяризациядың жаңа лазерлік өлшегіш құралдарды құру үшін қолданылу мүмкіндіктерін зерттеу.

Биполяризатор. Инновациялық технологиялардың ғылым мен өндірістегі алатын орнының ерекшелігіне сәйкес іргелі зерттеулерді дамыту маңызды. Солардың ішінде электромагнитті толқындардың құрылымдары әртүрлі оптикалық жүйелерден өту теориясының практикалық маңызы зор. Кристалды оптикалық жүйелер негізінде әртүрлі бағыттар мен мақсаттар үшін қолданылатын лазерлі поляризациялық интерферометрлер алуға болады. Сондай оптикалық жүйелердің бірі – биполяризатор (БП).

Биполяризатор (БП) (1, а.б-сурет) көрсетілгендей құрылым түрінде болады. Исланд штатынан жасалған призма көлденең қимасы теңбүйірлі трапеция түрінде (Дове призмасы) үлкен негізі бойынша канадтық балзаммен желімделіеді. CaCO_3 жасалынған Дове призмасы жұмыста қарастырылған. Бұл жұмыста қарастырылған құрылымның айырмашылығы оптикалық остердің бағыттарына байланысты. Дове призмасындағы төменгі және жоғарғы бөліктерінде оптикалық остерінің бағытталынуы келесідей. Остер вертикалді жазықтықта орналасқан. Өзара паралель және желімделіну жазықтығымен $\frac{\pi}{4}$ бұрыш құрайды (1б-сурет). Остердің бағыттарының осылай таңдап алынуы БП лазер сәулелерімен жұмыс істегенде ыңғайлы болады. Лазер сәулелерінің электр өрісінің кернеулі $\vec{E}$ вертикал бағытталған. БП формасын параметрлерімен белгілейік. Жалпы негізінің ұзындығы $A_1A_2=2a$ бүйір қабырғасының ұзындығы $A_1B_1=l$, $L(A_2A_1B_1)=\varphi$ (54 в-сурет). φ бұрышы шеңберлі поляризацияланған сәуле қабырғаға аз бұрышпен түскен кезде БП-да (о) кәдімгі (е) кәдімгі емес сәулелерге бөлінетіндей етіп таңдап алынады. е-сәуле желімнің қабаты арқылы өтеді (желім келесі шартты қанағаттандырады $n_e < n_{k.b} < n_0$), ал о- сәуле желімделген бөлікте A_1A_2 толық ішкі шағылуға ұшырайды және A_2C_2 қабырға арқылы шығады. Дәл осылай шеңберлі поляризацияланған сәуле A_1B_1 қабырғасына нормаль түсе отырып, о- сәулеге бөлінеді. Ол желімденген бөліктен АА толық ішкі шағылуға ұшырайды, ал е- сәуле желім қабаты арқылы өтіп, БП-дан АС қабырғасы арқылы шығады. $\varphi=65^\circ$ бұрыш қойылған талаптарды қанағаттандырады [12].



1-сурет – а. Биполяризатордың (БП) аксиометриялық түрі, б – Р қоймадағы БП түрі, в – БП-ғы о- және е-толқындардың таралуы

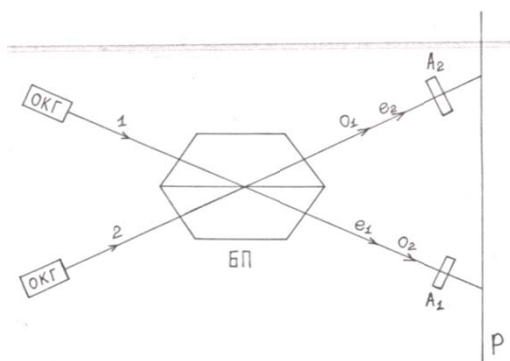
БП шағысында о-және е сәулелер анализатормен біріктіріледі. Анализатор БП қабырғасына перпендикуляр қойылған, осыдан интерференциялық сурет пайда болады. Интерференциялық сурет A_1C_1 және A_1B_1 қабырғаладағы сәулелердің пайда болу шартымен анықталады.

БП интерференциялық режимдық жұмысы келесідей; 1 лазер сәулесі (2-сурет) БП кіріс қабырғасына кіре отырып, екі ортогоналды поляризацияланған сәулелерге бөлінеді: o_1 – кәдімгі және e_1 – кәдімгі емес. БП-ғы екі Дове призмасындағы бас остер өзара паралель және БП негізімен бұйырлы қабырғасына перпендикуляр жазықтықта жатады және Дове призмасының негізімен 45° бұрыш құрайды. Бұл жағдай лазер сәулелерімен жұмыс істегенде ыңғайлы болады. Себебі лазер сәулесі вертикаль жазықтықта поляризацияланған және БП-ға түсетін жарық сәулесінің электрлік тербеліс векторы БП қабырғасына паралель. Сонымен o - және e -сәулелердің интенсивтіліктерін бірдей болуына қажетті шарттар туады. Осы шарттың негізінде контрастілігі максималды интерференциялық сурет аламыз. o -кәдімгі сәуле БП-дан Дове призмалары желімделген негіздерінен толық ішкі шағылуға ұшырап шығады. Желімдеу канадтық балызаммен жүргізілген. Себебі канадтық балызамның сыну көрсеткіші аралық мәнге ие болады

$$n_e < n_{K\bar{6}} < n_0.$$

е – кәдімгі емес сәуле БП ауытқымай шығады.

λ лазер сәулесі (2-сурет) БП теріс қабырғасына келіп түскен соң ол да ортағаналды поляризацияланған екі сәулеге жіктеледі: o_2 және e_2 . Сонымен БП шығысында төрт поляризацияланған сәулелер болады: o_1 , e_1 , o_2 , e_2 .



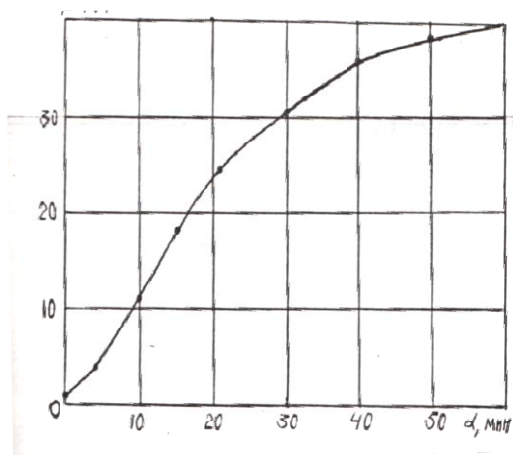
2-сурет –
БП-поляризатордың
жұмыс режимы

o_1, e_2, e_1, o_2 сәулелер арасында және екі өлшегіш жолдар бойында A_1 анализатордың көмегімен фотобірігу жүргізіледі. Интерференциялық сурет БП бүйір қабырғасына параллель, қалыңдықтары бірдей жолақтар түрінде болады.

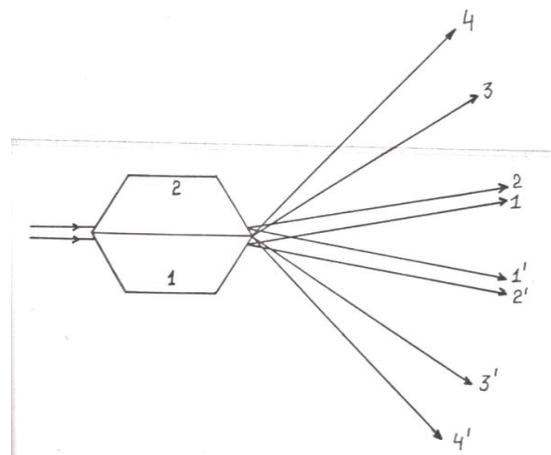
БП-ды сәл бұрғаннан өзінде схеманың екі жолы бойынша да интерференциялық жолақтардың өз ара ығысуы жүреді. Тәжірибе негізінде БП-ның кіріс қабырғаларына жарықтың түсу бұрышына интерференциялық растрлердің кеңістіктік жиілігінің тәуелділігі зерттеледі. Тәжірибенің нәтижелері 3-суретте келтірілген. Тәжірибенің көрсетуі бойынша өлшенетін бұрыштар аралығы $\alpha = \pm 70^\circ$ шамада болатындығы анықталды. 3-суретте БП-дың “лазер сәулесін жіктегіш” режиміндегі жұмыс схемасы көрсетілген. Көлденең қыймасының диаметрі ~ 5 мм коллимерленген лазер сәулесі Дове призмасының желімделген негізі арқылы өтеді. Осыдан БП-нің шығысында сегіз поляризацияланған, төртеуден ортогональді жазықтықтардағы сәулелер пайда болады. 1, 2, 4 және 4'-кәдімгі сәулелер болады, ал 1', 2', 3' және 3-кәдімгі емес толқындар болады. 1 және 2, сонымен бірге 1' және 2' сәулелер өз ара параллель бағытта тарайды (3-суретте көрсетілгендей).

БП соңғы режимі оның негізгі сипаттамаларына жатпайды. Бірақ кейбір жағдайларда лазер сәулесін сегіз каналдар бойынша мультипликациялау үшін қолданылуы мүмкін. БП-ның негізгі жұмыс режимі ол екі каналді режим. Әрбір канал бойынша интерференция аламыз, одан соң екі каналді өз ара қосып, фототіркеудің нәтижесінде қорытынды сигналді аламыз. Бұл жағдай қондырғының сезімталдығын өте үлкен шамаға дейін арттырады.

БП осындай күйде лазер сәулесін жіктейтін қондырғылар есебінде триангулярлы түрдегі лазер гироскопында қолдануға мүмкіндік береді.



3-сурет – БП-ғы интерференциялық жолақтарының кеңістіктік жиілігінің α бұрылу бұрышына тәуелділігі



4-сурет – БП-биполяризатордың “лазер сәулесін жіктегіш” режиміндегі жұмысы (1, 2, 4, 4')-0-сәулелер, (1', 2', 3', 3)-е-сәулелер

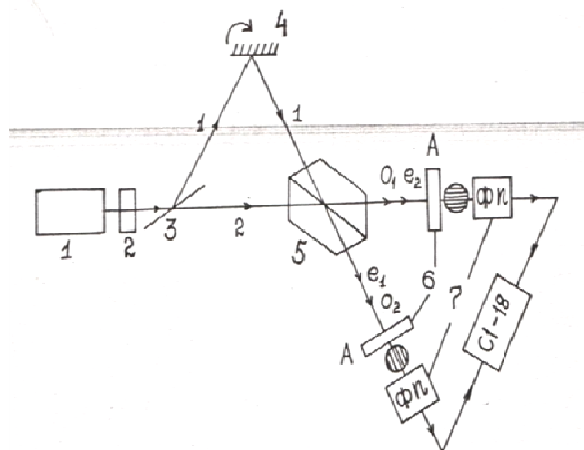
БП жасалынған теориясының негізінде онының қолданылуымен жасалынған поляризациялық интерферометр ұсынылады. $\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha}$ өрнектен шығатыны БП шығысындағы интерференциялық суреттің кеңістіктік жиілігін оның кіріс қабырғасына түсетін лазер сәулесінің түсу бұрышына тәуелді болады. Бұл жағдай БП денелердің аз бұрышқа жілжуын өлшеуге және бақылау үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Белгілі қондырғыларда айтылған максаттарді шешу үшін қосарланып сындырғыш пластинкалардың бір мезгілде немесе жеке бірнеше түрлері қолданылады. Бұл белгілі қондырғыларда объектілердің аз бұрыштық ығысуын өлшеу дәлдігі жоғары емес (бірнеше ондық бұрыштың секунд).

БП құрлысы объектілердің өте аз бұрыштық ығысуларын үлкен дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік беретін схемаларды құруға мүмкіндік береді (оннан бір бұрыштық секунд).

Осындай мүмкін болатын схеманың бірі төменде көрсетілген.

Ұсынылған қондырғының функционалды схемасы 5-суретте көрсетілген. Қондырғы келесідей жұмыс істейді. Жарық ағыны поляризацияланған жарық көзінен 1,2 коллиматордың көмегімен кеңейтіліп, параллельді ағынға түрлендіргеннен кейін (ол микрообъективтен және онымен фокусы сәйкес орналасқан ұзын фокусты объективтен тұрады), 3 жарық бөлгіштен интенсивтіктері бірдей екі сәулеге бөлінеді. Бірінші сәуле 4 жазық айнаға бағытталуы, ол объектіде орналасқан және одан шағылып, 5 БП-ға түседі, ал екінші сәуле 2 жарық бөлгіштен өтіп, ол да БП-ға келіп түседі. Екі сәуле де БП кіріс қабырғаларына нормаль түседі.



5-сурет – Объектілердің аз бұрыштық ығысуларын өлшеуге арналан поляризациялық интерферометр

БП-ның кіріс қабырғасына түсетін әрбір ағын поляризациясы ортогоналды екі сәулеге бөлінеді: (о)-кәдімгі және (е)-кәдімгі емес (1-сурет). БП-ның жасалуы ерекшеліктеріне байланысты оның Дове призмаларындағы бас осьтері өзара параллель және БП-ның бүйірлі қабырғалары мен негізі жатқан жазықтыққа перпендикуляр және Дове призмасының негізімен 45° бұрыш құрайды. Бұл жағдай айтылып өткен жағдайға сәйкес лазер сәулелерімен жұмыста ыңғайлылық туғызады. Себебі лазер сәулесінің поляризациясы вертикальды жазықтықта болады, яғни БП-ға түсетін жарық ағынының электр векторының тебелісі БП қабырғасына параллель түседі.

Сонымен интенсивтіліктері бірдей о- және е- сәулелерін алу шарттары құрылады. Бұл шарт орындалған жағдайда алынған интерференциялық суреттің контрасттылығы максимал болады. (o_1 және o_2) кәдімгі сәулелер БП-дан Дове призмаларының желімделген негізінен толық ішкі шағылғаннан соң шығады. Желімдеу канад балызаманың жұқа қабатымен жүргізіледі, себебі канад балызаманың сыну көрсеткіші келесідей аралық мәнге ие

$$n_e < n_{k.o} < n_o$$

(e_1 , e_2) кәдімгі емес сәулелер БП – дан өткенде бағыттарын өзгертпейді. БП-дың шығысында o_1 e_2 және e_1 o_2 сәулелер арасында екі жол бойынша фотобірігу жүргізілуі қажет. Ол үшін интерферометрдің екі жолына 5 анализаторды қоямыз. Анализатор БП-ның қабырғасына перпендикуляр бағытталған. 6 фотоқабылдағыш екі жолдағы (каналдағы) сигналдарды тіркейді. 4 жазық айнаны кез келген аз бұрышқа бұраған кезде поляризациялық интерферометрдің екі жолындағы интерференциялық жолақтардың өзара ығысуы жүреді. 7 фотоқабылдағышпен қабылданатын сигналдар айырымы 4 жазық айнаның бұрыштық ығысуының өлшемі болып табылады. 4 жазық айна объектіге бекітілген.

Ұсынылған қондырғының сезімталдығын $\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha}$ өрнектің көмегімен сыйпаттауға болады. Интерферометр макетын алдын ала зерттеудің көрсеткеніндей өлшенетін бұрыштар аралығында $\alpha = \pm 70$ өлшеу дәлдігі бұрыштық секундты құрайды. Қондырғының дірілдерге орнықтылығын арттырған жағдайда интерференциялық суреттің ығысуын өлшеу $\frac{1}{10}$ жолақ дәлдігімен орындалуы мүмкін. Бұл объектінің бұрыштық ығысуын оннан бір бұрыштық секундқа ығысуына эквивалентті.

Ұсынылған қондырғының белгілі қондырғылармен салыстырғанда келесідей артықшылығы бар:

- 1) объектілердің өте аз бұрыштық ығысуының өлшеу дәлдігін арттырады.
- 2) интерферометрдің құрылымын жеңілдетеді.

БП-биполяризатор кристалды оптикалық жүйеде электромагнитті толқындардың таралуын есептеу әдісі жасалынды. БП қасиеттерін талдауға ыңғайлы өрнектер алынды.

БП-ның оның шығысындағы поляризациялық сәулелердің интерференциясы режиміндегі жұмысы қарастырылды. БП беретін интерференциялық жолақтардың кеңестіктік жиілігінің оның кіріс қабырғасына лазер сәулелерінің түсу бұрышына тәуелділігі алынды.

БП-нің поляризациялық интерферометрлерде объектілердің аз бұрыштық ығысуын өлшеу үшін қолданылу мүмкіндігі көрсетілді.

Қорытынды. Биполяризатор құрылымы ерекше поляризациялық призма. Одан өткен электромагниттердің өту жолын есептеу әдісі – аз параметр әдісі теориялық жағынан және инженерлік есептеулерге ыңғайлы нәтижелер береді. Биполяризатордың шығысындағы поляризациялық сәулелердің интерференциясының жолақтар айырымын есептеу өрнегі оны әртүрлі мақсаттарға қолдануға мүмкіндік береді. Соның бірі биполяризаторды қандай да бір зерттелінетін денемен біріктіре отырып, интерференциялық жолақтардың ығысу шамасын анықтау негізінде үлкен дәлдікпен денелердің өте аз шамаға ығысуын және бұрылу бұрышын анықтай аламыз.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Осипов Ю.В. Пространственный мультипликатор сигналов // Изв. вузов. Радиофизика. – 1992. – Т. XV, № 12.
- [2] Батраков А.С., и др. Лазерные измерительные системы. – М.: Радио и связь, 1991.
- [3] Girard A. Nouveaux dispositifs de spectroscopie a grande luminosite. – Optica Acta. – 1990. – Vol. 7.
- [4] Franson M. Optical Interferometry – Academic Press, 1986. – P. VII.
- [5] Коломийцов Ю.В. Интерферометры. – Л.: Машиностроение, 1996.
- [6] Сороко Л.М. Основы когерентной оптики и голографии. – М.: Наука, 2004.
- [7] Федоров Ф.И., Филиппов В.В. Отражение и преломление света прозрачными кристаллами. – Минск: Наука, 1996.
- [8] Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 2001.
- [9] Ландсберг. Ф.С. Оптика. – М.: Наука, 1996.
- [10] Запаский. Поляризационные приборы. – М., 2011.
- [11] Подкин И.А., Шитанов К.В. Сборник реферативных работ по курсу «Прикладная оптика». – Ижевск, 2008.
- [12] Барсуков К.А. и др. О двухпреломляющих призмах переменных угла двоения // Оптика и спектроскопия. – 1998. – Т. 48, вып. 3.

REFERENCES

- [1] Osipov Y. Spatial multiplier signals. Math. High schools Radio, 1992. T. V, № 12.
- [2] Batrakov AS, et al. Laser measuring systems. M.: Radio and communication. 1991.
- [3] Girard A. Nouveaux dispositifs de spectroscopie a grande luminosite. Optica Acta, 1990, Vol. 7.
- [4] Franson M. Optical Interferometry, Academic Press. 1986. P. VII.
- [5] Kolomiytsov Y. Interferometer. L.: Mechanical Engineering, 1996.
- [6] Soroko L.M. Basics of coherent optics and holography. M.: Science, 2004.
- [7] Fedorov F.I., Filippov V.V. Reflection and refraction of light transparent Crystals, Minsk: Science, 1996.
- [8] Born M., Wolf E. Principles of Optics. M.: Nauka, 2001.
- [9] Landsberg F.S. Optics. M.: Science, 1996.
- [10] Zapasskii. Polarizing devices. M., 2011.
- [11] Podkin I.A., Shitanov K.V. Collection of abstract works for the course "Applied Optics" Izhevsk, 2008.
- [12] Barsukov K.A. and others. On the variable angle prisms dvuhprelomlyayuschih ghosting. Optics and Spectroscopy. 1998. T. 48, vol. 3.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИПОЛЯРИЗАТОРА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ИСЛАНДСКОГО ШПАТА

А. У. Умбетов

Аркалыкский государственный педагогический институт им. И. Алтынсарина, Аркалык, Казахстан

Ключевые слова: электромагнитные волны, кристалл, квантовая электроника, биполяризатор, интерференция, лазер, поляризация, интерферометр. электромагнитные волны, кристалл, квантовая электроника, интерференция, лазер, поляризация, интерферометр.

Аннотация. Теория взаимодействия электромагнитных волн с веществами в фундаментальном исследовании представляет как теоретический, так и практический интерес. Анализ и синтез оптических систем из одноосных кристаллов показывает важное значение их применения в оптико-электронных устройствах передачи, распределения и обработки информации. Одной из интересных по своим функциональным возможностям кристаллооптических систем является биполяризатор (БП). В настоящей работе показан оригинальный метод расчета хода электромагнитных волн в биполяризаторе и особенности возникновения интерференционных картин на выходе биполяризатора. Используя биполяризатор в лазерном излучении, с помощью интерференции электромагнитных волн, сформированных им на выходе можно с большей точностью определить местоположения малых продольных смещений и угла поворотов объектов. Таким образом на базе биполяризатора можно создать целый ряд лазерных поляризационных интерферометрических устройств, использующих в разных направлениях когерентной оптики.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 222 – 227

POWER AND PHASE CHARACTERISTICS OF DIFFRACTION FLAT PRINTING RADIATORS

A. P. Evdokimov¹, G. M. Iskakova², S. A. Kydirova²

¹Institut radiophysics and electronics of A. Ya. Usikov NAN of Ukraine, Kharkov, Ukraine,

²Evrasiysky national university of L. N. Gumilev, Astana, Kazakhstan

Abstract. Results of the analysis power (efficiency of radiation) and phase (delay coefficient) elementary radiators of new type for diffraction antennas of millimetric range are presented in the message. The results for the other frequencies as a new, unusual and are fundamental cognitive character. Scheme implementation of the method of experimental research transformation of surface waves into volume is electrically interconnected electrodynamic system of inhomogeneous plane waves and the lens (grating or dielectric medium) Fig. 1a. As an electrodynamic system of surface waves can be used: dielectric waveguides of different cross-sections, spiral waveguides line Goubaux, ribbed bars and others. Part of the power propagating along the waveguide, is centered in the outer in relation thereto region. It is localized near the waveguide slow waves, the surface of the field causes diffraction on the elements of the periodic structure. Because of this slow-wave energy is converted into energy fast spatial harmonics emitted into the surrounding space. Experimental study of surface waves diffraction on periodic structures and dielectric bodies were carried out in the wavelength range chetyrehmillimetrovom.

УДК 621.372.09

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ФАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИФРАКЦИОННЫХ ПЛОСКИХ ПЕЧАТНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

А. П. Евдокимов¹, Г. М. Исакова², С. А. Кыдирова²

¹Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков, Украина,

²Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Аннотация. В сообщении представлены результаты анализа энергетических (эффективность излучения) и фазовых (коэффициент замедления) элементарных излучателей нового типа для дифракционных антенн миллиметрового диапазона.

Электродинамическая схема дифракционного плоского излучателя приведена на рисунке 1. В качестве периодических преобразователей поверхностных волн в волны объемные используются печатные дифракционные решетки 1. Для их изготовления применен двухсторонний фольгированный листовой фторопласт толщиной $h = 1,6$ мм. Ленточная решетка выполнена на одной стороне этого листа, имеет ширину 12 мм и длину 140 мм. Для экспериментальных исследований изготовлено четыре образца дифракционных решеток с периодом $l = 6,5$ мм каждая. Решетки отличаются только величиной размера щели d , т.е. коэффициентом заполнения. Выбраны величины $d = 1,5$ мм, $d = 2,5$ мм, $d = 3,5$ мм и $d = 4,5$ мм. Диапазон исследуемых частот $f = 27 \text{ ГГц} \div 36 \text{ ГГц}$.

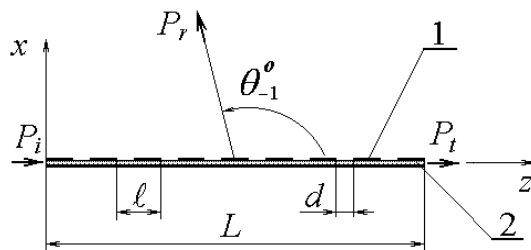


Рисунок 1 – Электродинамическая схема дифракционного плоского печатного излучателя:
1 – ленточная решетка; 2 – диэлектрический волновод

Излучатель возбуждается медленной поверхностной волной волноведущего диэлектрического слоя 2. Коэффициент замедления возбуждающей волны $U = \lambda/\lambda_g$, где λ_g – это ее длина, а $\lambda = 2\pi/k$ – длина рабочей волны в свободном пространстве. Преобладающими компонентами электрического поля являются E_x и E_z . В результате дифракции медленной волны на решетке 1 формируется объемная волна с горизонтальной поляризацией и цилиндрическим фазовым фронтом в вертикальной плоскости yOx .

Экспериментальные энергетические характеристики плоских печатных излучателей (зависимости отбора мощности P_i/P_t , P_i – подведенная мощность, P_t – прошедшая мощность) приведены на рисунке 2. Все полученные зависимости отличаются высокой эффективностью

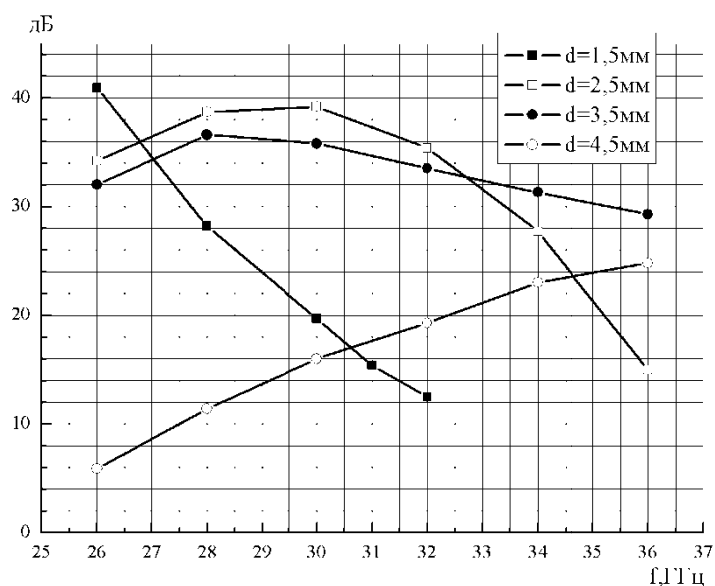


Рисунок 2 – Экспериментальные энергетические характеристики (зависимости $P_i/P_t(f)$) плоских печатных излучателей

преобразования медленной волны волноведущего слоя 2 в объемную волну, уходящую от излучателя в направлении, определяемом углом $\theta_{-1} = \arccos(U - \lambda/l)$ [1]. Для частоты $f = 26$ ГГц наблюдается последовательное с расширением щели от $d = 1,5$ мм до $d = 4,5$ мм снижение рассеянной мощности. Этот фактор может служить основанием для создания плоского печатного излучателя с заданным амплитудным распределением на раскрыве. Приведенные результаты для других частот также новы, необычны и носят фундаментальный познавательный характер.

Для проверки достоверности полученных результатов были выполнены (по алгоритмам работы [2]) расчеты для решеток бесконечной ширины со щелями $d = 1,5$ мм и $d = 4,5$ мм. Сравнение экспериментальных и расчетных энергетических характеристик для этих решеток приведено на рисунке 3. Приведенные экспериментальные и расчетные зависимости хорошо коррелируют, и следовательно, достоверны.

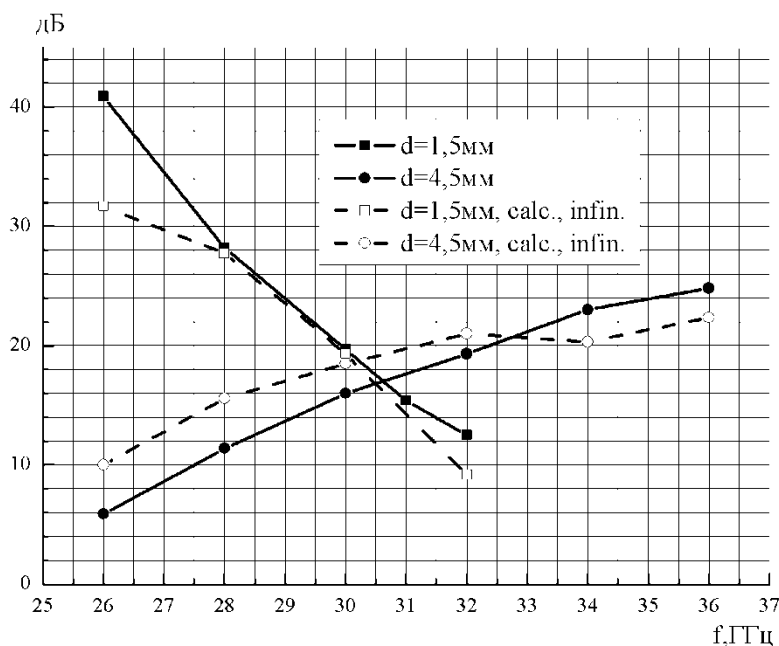


Рисунок 3 – Экспериментальные и расчетные энергетические характеристики (зависимости $P_i/P_t(f)$) плоских печатных излучателей со щелями $d = 1,5$ мм и $d = 4,5$ мм

Поведение экспериментальных значений углов излучения θ_{-1} минус первых пространственных гармоник [2] плоских печатных излучателей со щелями $d = 1,5$ мм, $d = 2,5$ мм, $d = 3,5$ мм и $d = 4,5$ мм (рисунок 4) предсказуемо, так как с ростом частоты увеличивается замедление волны в волноведущем слое 2 решетки.

Изучению характера поведения коэффициентов замедления волны $U(f)$ в волноведущем слое решеток с различными щелями посвящены результаты, приведенные на рисунках 5–7.

На рисунке 5 приведены экспериментальные и расчетные значения дисперсионной зависимости $U(f)$ волноведущего слоя в печатной решетке с шириной щели $d = 1,5$ мм. Расчеты выполнены для решетки шириной 12 мм и решетки бесконечной ширины. Аналогичные зависимости – экспериментальные и расчетные – для печатной решетки с шириной щели $d = 4,5$ мм приведены на рисунке 6. В обоих случаях получены результаты, близкие к расчетным, для решеток с шириной 12 мм, равной ширине реальных образцов печатных решеток.

Сравнительные экспериментальные характеристики дисперсионных зависимостей ГДВ, ПДВ и волноведущих слоев в печатных решетках со щелями $d = 1,5$ мм, $d = 2,5$ мм, $d = 3,5$ мм и $d = 4,5$ мм приведены на рисунке 7.

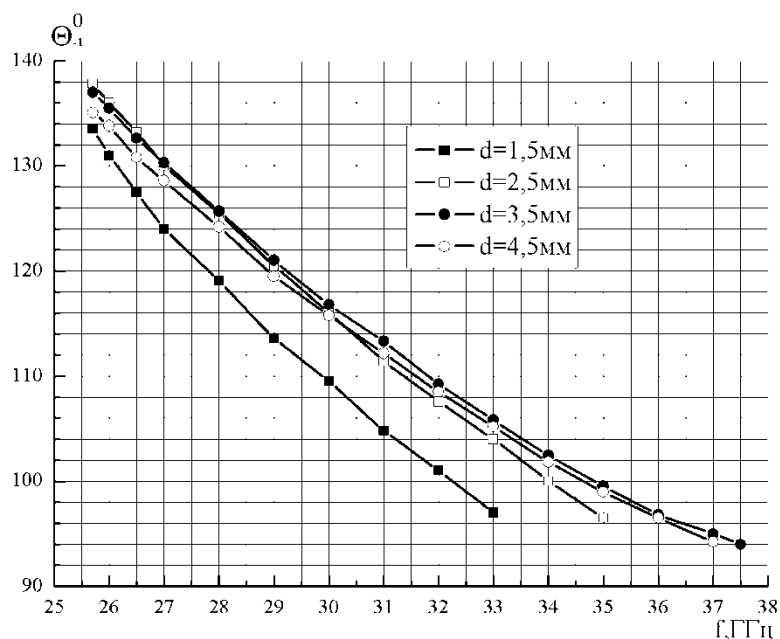


Рисунок 4 – Экспериментальные значения углов излучения θ_{-1} минус первых пространственных гармоник плоских печатных излучателей со щелями $d = 1,5$ мм, $d = 2,5$ мм, $d = 3,5$ мм и $d = 4,5$ мм

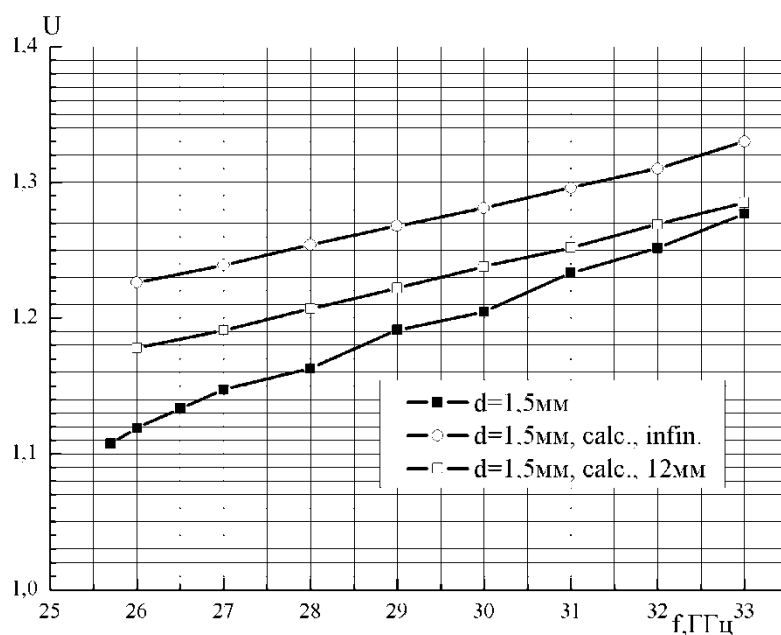


Рисунок 5 – Экспериментальные и расчетные значения дисперсионной зависимости $U(f)$ волноведущего слоя в печатной решетке с шириной щели $d = 1,5$ мм

Ранее, в [3] для прицельного расстояния $\Delta = 2$ мм была получена резонансного вида кривая зависимости эффективности (до 18,65дБ) отбора в системе «гребневый диэлектрический волновод (ГДВ) – печатная решетка с шириной щели $d = 1,5$ мм». Этот резонанс наблюдался на частоте $f = 30$ ГГц и связан он с равенством в этом месте замедлений двух открытых линий передачи. Предполагалось, что первая линия – ГДВ, а вторая линия передачи образована слоем диэлектрика, находящимся внутри печатной решетки. Резкий отбор энергии решеткой от ГДВ возможен при

перекачке энергии из одной линии передачи в другую при равенстве их постоянных распространения. Это явление характерно для связанных открытых линий передачи. Дисперсионные зависимости для ГДВ и печатной решетки с $d = 1,5$ мм (рисунок 7) подтверждают это. Мы видим, что на частоте $f = 31$ ГГц их дисперсионные характеристики пересекаются. Отличие по частоте в 1 ГГц вызвано тем, что в использовавшейся ранее схеме ГДВ находится в электродинамической связи с решеткой, влияющей на замедление его волны в сторону уменьшения.

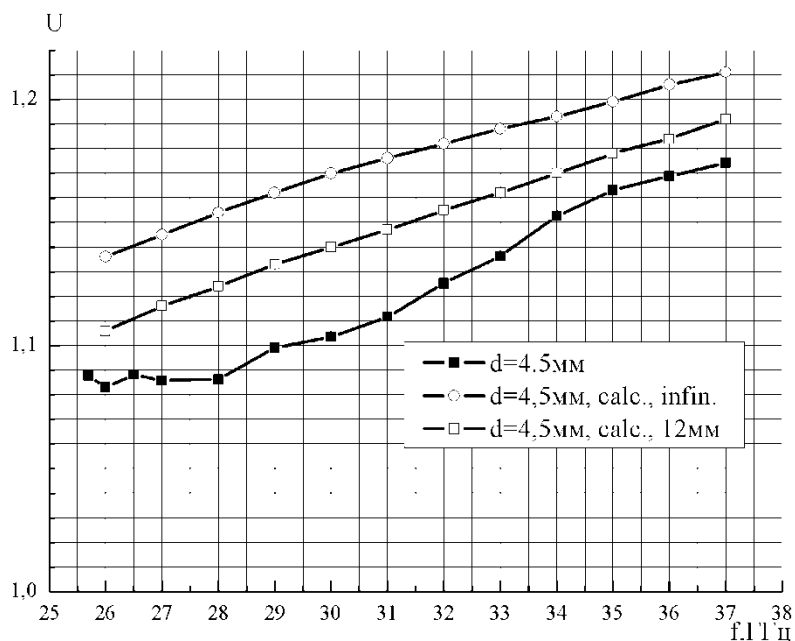


Рисунок 6 – Экспериментальные и расчетные значения дисперсионной зависимости $U(f)$ волноведущего слоя в печатной решетке с шириной щели $d = 4,5$ мм

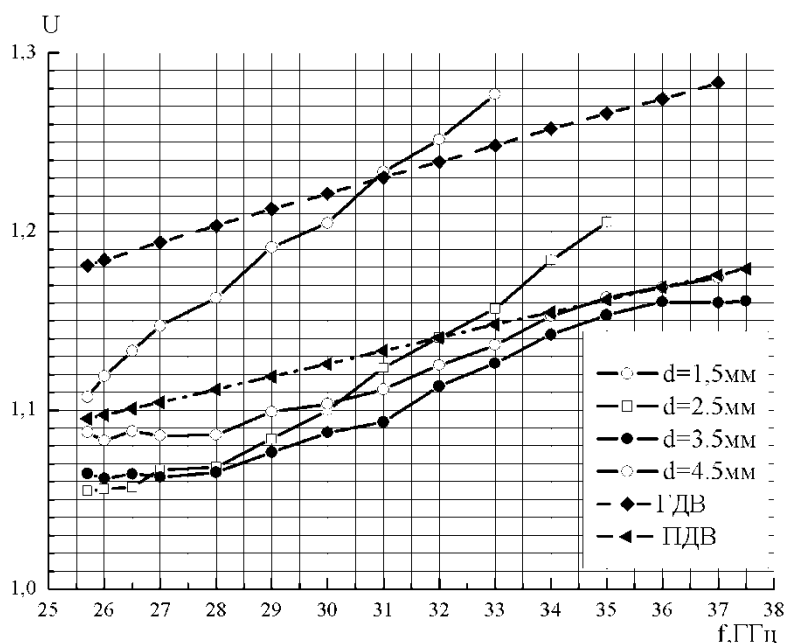


Рисунок 7 – Сравнительные экспериментальные характеристики дисперсионных зависимостей $U(f)$ ГДВ, ПДВ и волноведущих слоев в печатных решетках со щелями $d = 1,5$ мм, $d = 2,5$ мм, $d = 3,5$ мм и $d = 4,5$ мм

На рисунке 7 наблюдается также пересечение дисперсионных кривых для ПДВ и печатной решетки с $d = 2,5$ мм. Если построить электродинамическую схему излучателя, состоящую из ПДВ (источник медленной волны) и печатной решетки со щелью $d = 2,5$ мм (дифракционный рассеиватель), то следует ожидать, что на частоте, близкой к $f = 32$ ГГц, также будет наблюдаться резкий отбор энергии решеткой.

Итак, приведенные в сообщении результаты позволяют сделать вывод о возможности построения дифракционных антенн, излучающие элементы которых могут быть выполнены с использованием достаточно простых технологий и с использованием недорогих и доступных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Евдокимов А.П. Антенны дифракционного излучения // Физические Основы Приборостроения. – 2013. – Т. 2, № 1. – С. 108-125.
- [2] Шестопалов В.П., Литвиненко Л.Н., Масалов С.А., Сологуб В.Г. Дифракция волн на решетках. – Харьков: Изд.-во Харьковского университета, 1973. – 288 с.
- [3] Евдокимов А.П., Крыжановский В.В. Антенна радиолокатора 8-миллиметрового диапазона обзора летного поля // Электромагнитные Волны и Электронные Системы. – 2008. – Т. 13, № 6. – С. 46-52.

REFERENCES

- [1] Evdokimov A.P., *Antennas of diffraction radiation, Physical Fundamentals of Instrument making*, 2013. T. 2, № 1. C. 108-125. (in Russ)
- [2] Shestopalov V.P., Litvinenko L.N., Masalov S. A., Sologub V., *Diffraction of waves on lattices*, Kharkov, 1973. 288 c.
- [3] Evdokimov A.P., Kryzhanovsky V.V., *Radar of 8-millimetric range of the review of an airfield, Electromagnetic Waves and Electronic Systems*, 2008. T. 13, № 6. C. 46,52.

ДИФРАКЦИОННЫЕ ТУТАС БАСПАЛЫ СӘУЛЕ ТАРАТУШЫЛАРДЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ФАЗАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

А. П. Евдокимов¹, Г. М. Искакова², С. А. Кыдирова²

¹А. Я. Усиков атындағы радиофизика және электроника институты Украин , Харьков, Украина

²Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Аннотация. Хабарламада миллиметрлік диапазон үшін жана түрдегі миллиметрлік диапазондағы дифракциялық антенна үшін энергетикалық және фазалық қарапайым жаңа типтегі сәуле таратушылар.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 227 – 231

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN TEACHING CHILDREN WITH DISABILITIES

G. I. Salgaraeva, A. S. Makhanova

Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: gulnaz_sal@mail.ru

Keywords: information, communication, technology, educational games, methods, distance learning, education, children, disabilities.

Abstract. In modern pedagogical concept learning is not considered only as the transfer of knowledge from teacher to student. Defining trends of modern education is the shift to student-centered education that can be provided through information and communication technologies (ICT). Similar techniques are used extensively for communication and interoperability of the teacher and the student in modern open and distance education. The modern teacher must not only have knowledge of ICT, but also to be an expert on their application in their professional activity.

МҮМКІНДІГІ ШЕКТЕУЛІ БАЛАЛАРДЫ ОҚЫТУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Г. И. Салғараева, А. С. Маханова

Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, дамытушы ойындар, интербелсенді әдіс, қашықтан оқыту, мүмкіндігі шектеулі балаларды оқыту.

Аннотация. Қазіргі заманауи педагогикалық концепцияларда оқыту оқушыға мұғалімнен берілетін білімді жеткізу үдерісі ретінде қарастырылмайды. Заманауи оқытудың анықтаушы тенденциясы ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) көмегімен қамтамасыз етілетін тұлғалық-бағытталған білім беру жүйесіне ауысу болып табылады. Мұндай технологиялар ақпаратты тасымалдауда, ашық және қашықтан оқытудың заманауи жүйелерінде оқытушы мен білім алушының қарым-қатынасын қамтамасыз етуде кеңінен қолданылады. Қазіргі мұғалім АКТ облысындағы білімді меңгеріп қана қоймай, оларды өзінің кәсіби қызметтерінде қолданудың маманы болу керек.

Білім берудің кез-келген жүйесінің ақпараттық ортасындағы АКТ негізгі құралдары мүмкіндігі онда орнатылған программалық қамтамамен анықталатын дербес компьютер болып табылады.

Әдістемелік жағынан қолдану облысындағы АКТ құралдарының классификациясы келесі құралдардан тұрады: *оқытушы* - білімді хабарлайды, меңгерудің қажетті деңгейін қамтамасыз ете отырып оқу немесе тәжірибелік іс-әрекеттердегі білік, дағдыларды қалыптастырады; *жаттықтырушы* - білік, дағдыларды өңдеп, қайталауға және өтілген материалды бекітеді; *ақпараттық-ізденушілік және анықтамалық* - деректерді хабарлайды, ақпаратты жүйелеу бойынша білік, дағдыларды қалыптастырады; *демонстрациялық* - оқытылатын нысандарды, көріністерді, зерттеу мен меңгеру мақсатында үдерістерді модельдеуге мүмкіндік береді; *имитациялық* - нақтылықтың анықталған аспектісін құрылымдық және қызметтік сипаттамаларды үйрену үшін ұсынады; *зертханалық* - нақты құрылымда жойылған тәжірибелерді өткізуге мүмкіндік береді; *модельдеуші* - нысандарды, көріністерді, оларды зерттеу мен меңгеру мақсатында үдерістерді; *есептеушілік* - түрлі есептер мен басқа да операцияларды автоматтандырады; *оқу-ойындық* - білім алушылардың іс-әрекеті ойын түрінде жүсеге асатын оқу жағдаяттарын құруға арналған.

АКТ көмегімен шешілетін дидактикалық міндеттерге:

- Оқытуды ұйымдастыруды жетілдіру, оқытуды жекешелендіруді арттыру;
- Оқушылардың өз бетінше дайындалу өнімділігін көтеру;
- Мұғалімнің өз жұмысын жекелендіру;
- Педагогикалық тәжірибе жетістіктеріне қол жетімділік пен таралымын жылдамдату;
- Оқуға қызығушылығын арттыру;
- Оқу үдерісін белсендіру, оқушыларды зерттеушілік іс-әрекетке тарту мүмкіндігі;
- Оқу үдерісінің иірімділігін қамтамасыз ету жатады [2].

Мүмкіндігі шектеулі балалардың танымдық әрекетін дамыту түрлі факторларға оның ішінде оқу материалы қабылдауда қаншалықты көрнекі мен қолайлы екендігіне тәуелді.

Оқу мен сабақ кезінде электронды оқу материалдарын қолдану балаларды пәндік өмірмен таныстырып қана қоймай, олардың ақпараттық құзырлығы мен танымдық аймағын түзетуді дамытуға әсер етеді.

АКТ қолдану облысындағы жұмыс үдерісі кезінде:

- Ақпаратты технологияны қолдану арқасында мүмкіндігі шектеулі балалардың танымдық үдеріс деңгейінің артқандығын;

- Ақпараттық технологиялар мен түзету-дамыту жұмыстарының әдістемесі облысында тұлғалық деңгейлерінің артқандығын;
- білім алушылардың көпшілігінің мотивациялық құрауыштарының қалыптасқандығын байқауға болады.

Интербелсенді тақтамен жұмыс жасау кез-келген материалды шығармашылық тұрғыда қолдануға мүмкіндік береді, бірақ дербес оқыту жағдайында ол орынсыз. Арнайы қажеттілікті талап ететін бала қоршаған ортаға бейімделуі, нысандардың қасиеттері мен қатынастарын белгілеуі, анықтауы үшін, қандай да бір әрекетті түсінуі үшін дұрыс дамыған балаға қарағанда көптеген қайталауларды талап етеді. Дидактикалық компьютерлік ойындар тапсырмаға деген жағымды әсерлерін сақтай отырып түрлі материалдарды қажетінше қайталауға мүмкіндік береді.

Дидактикалық ойындардың оқыту үдерісінде алатын ерекше орнын сол ойынның өзі оқыту үдерісін әсерлі, әрекетті ететіндігімен анықталып, балаға өзіндік тәжірибе алуға мүмкіндік береді. Түзету-дамыту жұмыстарында оқу-ойындық құралдар мен жаттықтыруларды қолдану нәтижесі компьютерлік технологиялардың дәстүрлі түзету әдістемесінде педагогикалық әдістерді қолдандың жаңа мүмкіндіктерін ашатындығын көрсетеді:

1. Түрлі қиындықтағы материалдарды таңдап алу мүмкіндігі. Нақты бір балаға оның қазіргі мүмкіндіктері мен оқыту міндеттеріне сәйкес келетін тапсырманы ұсынуға болады.

2. Дәстүрлі оқыту барысында анықталуы қиын бала дамуындағы мәселелерді «көрінетін» етіп қоюға болады.

3. Балада өзінің жеке дағдыларын ойлау үдерісін қалыптастыруға болады.

4. Жаттығудың сәтті орындалуына компьютерде орындалатын тапсырмалар жайлылық шарттарын ұсынады.

5. Білім алушылармен тұлғалық қарым-қатынасты меңгерудің негізгі құралы ретінде қолданылатын компьютерлік программалардағы ойдан алынған батырлармен байланыс моделін меңгеру мүмкіндігі туады.

6. Білім алушы тартымды графикаға бағыттала отырып көрген кателерін түзетуге тырысады, өзін-өзі бақылау әдістерін үйренеді.

7. Компьютерлік программаны қолдана отырып орындалатын тапсырмалар кезінде қандай да бір ережелер мен формулаларды көп ретгі қайталау қажеттілігімен байланысты білім алушыдағы қарама-қарсы теріс әрекеттер (негативизм) жойылады. Оларды өз күштеріне деген сенімділік пен оқуды жалғастыру құлшыныстары оянады, өзіне қтын болған жұмыстарды орындауға жігерлері артады.

8. Балалар аз шаршап, жұмыс істеу қабілеттерін көп сақтайды.

9. Монитор экранына қарап, бала өз жұмысының нәтижесін көреді.

Осылайша компьютерлік программаларды қолдану ойын есебінен ғана жігерді арттырып қоймай, балаға үлкендер жағынан, компьютер тарапынан мақтау, мақұлдау алуына септігін тигізеді.

Word мәтіндік процессоры мен Access мәліметтер қоры, Power Point презентацияларымен танымал Microsoft Office пакеті, Active Inspire бағдарламалары мұғалімге сабақ өткізу мен дайындық барысында үлкен көмек береді. Word мәтіндік процессоры таратпа қағаздары мен дидактикалық тапсырмалар жасауда қолданылады. Power Point презентациялары мұғалімге уақытты үнемдей отырып, қысқа уақыт ішінде сабаққа көрнекілік дайындауға мүмкіндік береді. Презентация арқылы жасалынған сабақтар ақпаратпен жұмыс істеу барысында өте тиімді.

Бүгінде қашықтан оқыту бойынша сұрақтар көптеп қойылады, қашықтан оқытуға қызығады, тіпті кейбіреулер күмәнмен қарайды, алайда мектеп мұғалімдерінің арасында бұл оқыту формасы кең таралмаған.

БҰҰБҒМҰ (UNESCO) болжамы бойынша XXI ғасырда ортамектеп оқушылары мектепте 30-40% уақыттарын, қашықтан оқуға 40% уақыттарын, ал қалған уақыттарын өз бітінінше білім алуға жұмсайды делінеді. Осыдан қарап-ақ университет, орта мектепте білім беру шеңберінде қашықтан оқытуға деген қызығушылықтың артқанын байқауға болады. Қашықтан оқыту деп біз оқушының оқу-әдістемелік материалдар мен оқытушының кеңесіне аптасына жеті күн, кез-келген уақытта қолжетімді етіп ұйымдастырылған оқыту формасын айтамыз [3].

Осы ретте қашықтан оқытудың мүмкіндігі шектеулі балаларға беретін мүмкіндіктеріне тоқталып өтсек дейміз. Компьютерлік технологияларды оқу үдерісіне енгізу түзету мен оңалтумен

айналысынан мамандар жұмысын жеңілдетеді, балаларға жылдам және байқаусыз өздерін қоршаған ортаға кіріп кетуіне көмектеседі, сонымен қатар ақпаратқа заманауи жолдармен қол жеткізуге мүмкіндік береді. Компьютерлік технологияны қолдану балаларға жаңа іс-әрекет түрінде – компьютермен өз бетінше жұмыс істеу әрекетінде дамуға жол ашады. Оқудың жекеленген жолын қамтамасыз ету мүмкіндігі, білімді меңгеру әдістері мен әрбір балаға жол табу, бір сөзбен айтқанда жекеленген жүйелік көмекті қамтамасыз ету – түзету педагогикасында компьютерлік технологияларды қолдану артықшылығын береді. Компьютермен оның ішінде, қашықтан білім беру ресурстарымен жұмыс балалардың зияткерлік әрекетін, кеңістікті ойлау, жады, логика, зейінін дамытады, өз бетімен жұмыс істеуге, шешім қабылдауға үйретеді, алдына қойған мақсатты өзі шешуіне, саусақтарының, қолдарының моторикасын дамытуға көмектеседі [4].

Қашықтан оқыту элементтерін қолдана отырып, оқытушы білім беруде өзінің жеке ролін белсендіруді қамтамасыз етеді (бағытты, оқытудың формалары мен күйін таңдауда); оқытушыға адамзаттың мәдени-тарихи және ғылыми жетістіктері жайындағы білімдерге қол жеткізуді кеңейтеді.

Оқытудың қашықтан оқыту формасы тұлғалық қарым-қатынас үдерісін жеңілдетеді, онымен болатын психологиялық сипаттағы мәселелерді шешеді. Үй жағдайында білім алатын бала педагог-мамандармен, құрдастарымен, территориялық орналасуына тәуелсіз байланыс, қарым-қатынас жасау, тілдесу мүмкіндіктеріне ие болады.

Мүмкіндігі шектеулі балалармен жеке жұмыс атқару тәжірибесі оқытудың бұл жаңа түрін үлкен қызығушылықпен қабылдайтындығын көрсетеді.

Қашықтан оқыту режимінде жұмыс жасайтын мұғалімдер мүмкіндігі шектеулі балалармен жұмыс жасайтын өз әріптестері жүргізетін оқытудың дәстүрлі шарттарын орындайды, бірақ олардың балалармен арасында қатынастың болмауы оқытудың арнайы формасына алып келеді. Мысалы, оқушы жанында мұғалімнің жоқтығынан өзін сенімсіз сезінеді немесе өзінің көп жағдайда басқа оқушылардың алып отырған бағасына келіспейді. Балалардағы мұндай сезімнің бар болуы кейбір курстардың құрылымы әлі де болса толық ашылмағандығын білдіреді [1].

Бұл мәселелерді шешу үшін оқушылармен бірге 3 жұмыс кезеңінен өту керек. Біріншісі – бұл дайындық кезеңі (күндізгі) – қашықтан оқыту жұмысында. Одан кейін балалар мұғалімнің қадағалауымен немесе Skype арқылы өз бетінше жұмыс жасап көру керек (күндізгі – сырттай кезең). Енді барып, бала өзін сенімді сезінгенде ғана қашықтан оқыту кезеңіне өтуге болады.

Қашықтан оқыту курстарының көрнекі әрі ыңғайлы түріне MOODLE программалық платформасында құрылған курстарды жатқызуға болады. Ол түрлі онлайн оқу курстарын құруға, өткізуге мүмкіндік береді, мұнда оқытушы мен оқушы, оқушы мен оқушы арасындағы белсенді қарым-қатынасты қолдауға көп көңіл бөлінеді. Мұнда келесілерді көрсетуге болады:

- Мәтіндер, web-беттер, дыбыстық және бейне файлдар;
- Автоматты тексерілетін тесттер, интербелсенді оқу материалы;
- Ішкі білім беру ресурстарын қосу.

Жоғарыда келтірілген мүмкіндіктерді қашықтан оқыту порталында сабақ құру кезінде қолдануға болады. Ол сабақтың қажетті теориялық матриалын қойып, оны қызықты етуге мүмкіндік береді. Портал негізінде жаңа білім беру технологияларын, әрбір баланың дербес ерекшеліктерін ескере отырып сабақтар құруға болады. Мысалы, денсаулық сақтау технологияларын жүзеге асыра отырып, сабаққа музыкалық үзіліс, көзге арналған жаттығулар, шынықтыру минуттарын қосуға болады. Оқушы өз деңгейіндегі тапсырмаларды немесе қиын тапсырмаларға қайта қарастырып орындауға, тапсырмаларын түзетуге, өз жұмысының нәтижесін бірден көруге мүмкіндік алады.

Оқушылардың компьютерлік технологияларды меңгеруі оларға қашықтық конкурстарына, жобаларға (олимпиадалар мен конференцияларға) қатысуына мүмкіндік береді.

Компьютерлік технологиялар мүмкіндігі шектеулі балаларды оқытуда оларға қоғамның қажетті бір бөлігі мен тұлға ретінде дамуына көмектесе отырып оқытудың маңызды бөлігіне айналады.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гозман Л.Я., Шестопал Е.Б. Дистанционное обучение на пороге XXI века. – М.: Мысль, 2008. – С. 167-169.
- [2] Ковалев Д.С. Место и роль компьютерных технологии в системе образования детей с ОВЗ // Коррекционная педагогика. – 2013. – № 3. – С. 76-78.

REFERENCES

- [1] Gozman L.Ya., Shestopal E.B. *Distance learning on the threshold of the XXI century*. 2008, M.: Mysl', p.167-169. (in Russ.).
- [2] Kovalev D.S. *The place and role of computer technology in the education of children with HIA*. Correctional pedagogics. 2013. №3. P. 76-78. (in Russ.).

**ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ ДЕТЕЙ
С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Г. И. Салгараева, А. С. Маханова

Казахский государственный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: информационно-коммуникативные технологии, развивающие игры, интерактивные методы, дистанционное обучение, обучение детей с ограниченными возможностями здоровья.

Аннотация. В современных педагогических концепциях обучение перестает рассматриваться только как процесс передачи знаний от учителя ученику. Определяющей тенденцией современного обучения является переход к личностно-ориентированной системе образования, что можно обеспечить с помощью информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Подобные технологии активно применяются для передачи информации и обеспечения взаимодействия преподавателя и обучаемого в современных системах открытого и дистанционного образования. Современный преподаватель должен не только обладать знаниями в области ИКТ, но и быть специалистом по их применению в своей профессиональной деятельности.

Поступила 25.02.2015 г.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 231 –

**THE GENERALIZED DECISIONS AND SINGULAR BOUNDARY
INTEGRAL EQUATIONS OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM
OF ELASTODYNAMICS AT SUPERSONIC TRANSPORT LOADS**

L. A. Alexeyeva

Institute of Mathematics and mathematical modeling IMIM of the MES RK, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: alexeeva@math.kz

Keywords: isotropic elastic medium, supersonic transport load, boundary value problem, generalized functions method.

Abstract. The transport boundary value problem for the isotropic elastic medium limited by a cylindrical surface of any cross section is considered in case of action of supersonic transport loads. On the basis of generalized functions method its analytical decision is constructed. The corresponding BVP in space of the generalized functions is set, its generalized decision is build in convolution form, its regularization is performed, the dynamic analog of Somigliana formula and the singular boundary equations are constructed which resolve the BVP.

For the transport boundary value problems of elasticity theory for subsonic transport loads, the speed of which is less than the speed of propagation of elastic waves in a medium, MGIU is developed earlier by the author in [1]. It is associated with the first boundary value problem of elasticity theory in a cylindrical area that is elliptical. At supersonic speeds, traffic load than the speed of propagation of longitudinal and transverse waves in an elastic medium, the corresponding boundary value problem becomes a strictly hyperbolic, among shock waves appear, which requires the development of the theory of pseudo-differential operators for its decision. The most convenient apparatus for constructing the solutions of such problems is the generalized functions method (GFM), which summarizes

the method of V.S. Vladimirov of Cauchy problem solution for differential equations on the boundary and initial-boundary problems. The most detailed it set out by the author on the example of the classical wave equation in spaces of different dimensions in the paper [2].

УДК 539.3

ОБОБЩЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И СИНГУЛЯРНЫЕ ГРАНИЧНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ПРИ СВЕРХЗВУКОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗКАХ

Л. А. Алексеева

Институт математики и математического моделирования ИМИМ МОН РК, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: изотропная упругая среда, сверхзвуковая транспортная нагрузка, краевая задача, метод обобщенных функций.

Аннотация. Транспортные нагрузки – наиболее распространенный вид динамических нагрузок в средах, порождающих волновые процессы в них. Исследование процессов распространения и дифракции волн на основе методов математического моделирования приводит к решению различных краевых задач математической физики, для которых используются разнообразные методы. Здесь на основе теории обобщенных функций разработан метод граничных интегральных уравнений (ГИУ) решения транспортной краевой задачи теории упругости, которая является модельной для изучения динамики массива в окрестности подземных сооружений типа транспортных тоннелей при произвольном профиле сечения.

Для транспортных краевых задач теории упругости при дозвуковых транспортных нагрузках, скорость движения которых меньше скорости распространения упругих волн в среде, МГИУ разработан автором ранее в [1]. Он связан с решением первой краевой задачи теории упругости в цилиндрической области, которая является эллиптической. При сверхзвуковых скоростях транспортной нагрузки, превышающей скорость распространения продольных и поперечных волн в упругой среде, соответствующая краевая задача становится строго гиперболической, в среде появляются ударные волны, что требует разработки теории псевдодифференциальных операторов для ее решения. Наиболее удобным аппаратом для построения решений таких задач является метод обобщенных функций (МОФ), который обобщает метод В. С. Владимирова решения задач Коши для дифференциальных уравнений на краевые и начально-краевые задачи. Наиболее детально он изложен автором на примере классического волнового уравнения в пространствах различной размерности в статье [2]

Здесь рассмотрена транспортная краевая задача для изотропной упругой среды, ограниченной цилиндрической поверхностью произвольного поперечного сечения, в случае действия сверхзвуковых транспортных нагрузок. На основе МОФ, строится ее решение. Поставлена соответствующая краевая задача в пространстве обобщенных функций, получено ее обобщенное решение, проведена его регуляризация, построен динамический аналог формулы Сомильяны и сингулярные граничные уравнения, разрешающие краевую задачу.

1. Постановка транспортной краевой задачи. Пусть упругая изотропная среда (λ, μ, ρ) занимает область $D^- \subset R^3$, ограниченную гладкой цилиндрической поверхностью Ляпунова D , образующие которой параллельны оси Z . Множество $S^- \subset R^2$ --перпендикулярное сечение D^- , S - его граница: $D^- = S^- \times Z$, $D = S \times Z$, $\mathbf{n} = (n_1, n_2, 0)$ - единичный вектор внешней нормали к D , $D_+ = S \times Z_+$, $Z_+ = \{z \in R^1 : z \geq 0\}$.

Пусть на границе D заданы транспортные нагрузки $P(x, x_3 + ct)$, движущиеся с постоянной скоростью c :

$$P = \sigma_{ij} n_i e_j = \theta(z) e_j p_j(x, z), \quad x \in S, \quad j = 1, 2, 3 \quad (1)$$

Здесь e_j - орты декартовой системы координат, $x = (x_1, x_2)$, $z = x_3 + ct$, $\theta(z)$ - функция Хевисайда. Предполагается, что $P(x, z)$ интегрируемы на $D_+ : p_j(x, z) \in L_1(D_+)$.

Уравнения Ламе, описывающие динамику упругой среды [3], в подвижной системе координат $x' = (x'_1, x'_2, x'_3) = (x_1, x_2, x_3 + ct)$, связанной с транспортной нагрузкой, имеют вид:

$$\Lambda_j^i \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) u_i = \left((M_1^{-2} - M_2^{-2}) \frac{\partial^2}{\partial x_i' \partial x_j'} + \left(M_2^{-2} \Delta - \frac{\partial^2}{\partial x_3'^2} \right) \delta_j^i \right) u_i = 0 \quad (2)$$

где $M_j = c/c_j$ - числа Маха, $c_1 = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$, $c_2 = \sqrt{\mu/\rho}$ - скорости распространения продольных (сжатия-расширения) и поперечных (сдвиговых волн) в упругой среде. Здесь

$$M_j > 1 \quad (j = 1, 2), \quad (3)$$

что делает уравнения (2) гиперболическими [4, 5].

Граничные условия: при $z=0$

$$u_{i,z}(x, 0) = 0, \quad \sigma_{i3}(x, 0) = 0, \quad x \in S^-, \quad (4)$$

При $\|(x, z)\| \rightarrow \infty$

$$u_j \rightarrow 0, \quad \exists \varepsilon > 0: \quad \|\partial_j u\| < O(\|(x, z)\|^{1+\varepsilon}), \quad j = 1, 2, z. \quad (5)$$

При сверхзвуковых скоростях возникают ударные волны. На их фронтах F удовлетворяются условия на скачки [6]:

$$\begin{aligned} [u_j]_F = 0 &\Rightarrow h_z [u_{i,j}]_F = h_j [u_{i,z_3}]_F, \\ h_j [\sigma_{ij}]_F &= \rho c^2 h_z [u_{i,z}]_F \end{aligned} \quad (6)$$

где $h = (h_1, h_2, h_3)$ - волновой вектор - единичная нормаль к F в R^3 , направленная в сторону распространения волны. Требуется построить решение этой краевой задачи.

2. Постановка задач в пространстве обобщенных функций и ее обобщенное решение.

Для решения задачи используем метод обобщенных функций. Для этого перейдем к постановке краевой задачи в пространстве обобщенных функций $D'_3(R^3) = \{\hat{f} = (\hat{f}_1, \dots, \hat{f}_3), \hat{f}_k \in D'(R^3), k = 1, 2, 3\}$, где $D'(R^3)$ - пространство обобщенных функций [7] и введем регулярную обобщенную функцию, определенную на R^3 :

$$\hat{u}(x, z) = u(x, z)H_D^-(x) = u(x, z)H_S^-(x)\theta(z). \quad (7)$$

Здесь $H_S^-(x)$ - характеристическая функция множества S^- , равная $1/2$ на S , $H_D^-(x)$ - характеристическая функция полуцилиндра $D^- = \{(x, z) : z > 0, x \in S^-\}$, $S^- \in R^2$ -- открытое множество, ограниченное кривой S , $D = \{(x, z) : z > 0, x \in S\}$:

$$H_D^-(x) = H_S^-(x)H(z) = \begin{cases} 1, & (x, z) \in D^- \\ 1/2, & (x, z) \in D \\ 0, & (x, z) \notin D^- + D \end{cases} \quad (8)$$

Используя свойства дифференцирования регулярных обобщенных функций со скачком на S , получим, с учетом граничных условий, уравнение для $\hat{u}$:

$$\begin{aligned} L_i^j \left(\frac{\partial}{\partial x'} \right) \hat{u}_j(x') &= (\rho c^2 n_z u_{i,z} - p_i) \delta_D(x, z) + (n_z u_i \delta_D(x, z))_{,z} - \\ &- \left(\lambda u_k n_k \delta_{ij} + \mu (n_j u_i + n_i u_j) \right) \delta_D(x, z)_{,j} + \left(\sigma_{iz}(x, 0) - \rho c \frac{\partial u_i}{\partial z} \Big|_{z=0} \right) \delta(z) H_S^-(x) \end{aligned} \quad (9)$$

$\hat{G} = c^{-1} G H_D^-(x, z)$, $\delta_D(x, z) = \delta_S(x) H(z)$ - простой слой на D_+ . Поскольку $n_3 \equiv 0$ на D_+ ,

используя свойства свертки с тензором Грина, и граничные условия (4), получим представление решения КЗ в пространстве обобщенных функций:

$$\hat{u}_i = \hat{U}_i^k * p_k \delta_D + \lambda u_k n_k \delta_D * \hat{U}_{i,l}^l + \mu (n_l u_j + n_j u_l) \delta_D * \hat{U}_{i,l}^j. \quad (10)$$

Если ввести тензор фундаментальных напряжений

$$\hat{T}_i^j(x, z, n) = \lambda \hat{U}_{i,l}^l n_j + \mu (\partial_n \hat{U}_i^j + n_k \hat{U}_{k,i}^j), \quad (11)$$

связанный с порождаемым тензором $\hat{U}_j^i$ тензором напряжений

$$\Sigma_{jk}^i(x, z) = \lambda \hat{U}_{l,i}^l \delta_{jk} + \mu (\hat{U}_{j,k}^i + \hat{U}_{k,j}^i). \quad (12)$$

соотношением

$$\hat{T}_i^j(x, z, n) = \Sigma_{jk}^i(x, z) n_k \quad (13)$$

то в формуле (10) правую часть можно представить в виде поверхностного интеграла по границе области. С учетом введенных обозначений на границе она примет вид:

$$\hat{u}_i(x, z) = \theta(z) \int_0^\infty d\tau \int_S (U_i^j(x, y, z, \tau) p_j(y, \tau) + T_i^j(x, y, z, \tau, n(y)) u_j(y, \tau) dS(y) \quad (14)$$

где введены тензоры - сдвиги:

$$U_j^i(x, y, z, \tau) = \hat{U}_j^i(x - y, z - \tau), \quad T_j^i(x, y, z, \tau, n) = \hat{T}_j^i(x - y, z - \tau, n). \quad (15)$$

Формула аналогична формуле Сомильяны статической теории упругости [3], которая позволяет по известным граничным значениям перемещений и напряжений определять перемещения в среде. Однако использовать эту формулу для определения решения краевой задачи в случае сверхзвуковых нагрузок невозможно, т.к. второе слагаемое содержит сильные неинтегрируемые особенности на фронтах ударных волн тензора T_j^i , поэтому интегралы являются расходящимися. Для построения регулярного интегрального представления формулы опишем вначале свойства фундаментальных тензоров U_j^i, T_j^i .

3. Тензор Грина транспортного уравнения Ламе и его первообразная по $\mathbf{z}$. $\mathbf{U} = \{\hat{U}_k^i\}_{3 \times 3}$ -

матрицу фундаментальных решений транспортного уравнения Ламе:

$$A_i^j \left\{ \frac{\partial}{\partial x'} \right\} \hat{U}_j^k + \delta(x') \delta_i^k = 0, \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (16)$$

удовлетворяющую условиям затухания на бесконечности.

$$\hat{U}_i^k \rightarrow 0, \quad \hat{U}_{i,j}^k \rightarrow 0 \quad \text{при } x' \rightarrow \infty. \quad (17)$$

назовем *тензором Грина* (можно показать, что $\mathbf{U}$ является тензором). Он описывает перемещения упругой среды при действии сосредоточенной в точке силы с компонентами $G_i = \rho c^2 \delta(x) \delta(z) \delta_i^{[k]}$, действующей в направлении координатной оси X_k , бегущей со скоростью c вдоль оси X_3 . Для произвольной регулярной массовой силы с компонентами $G_k = \rho c^2 g_k$ соответствующее решение имеет вид свертки

$$\hat{u}_i = \hat{U}_i^k * \hat{g}_k = \int_{R^3} \hat{U}_i^k(x - y, z - \tau) g_k(y, \tau) dy_1 dy_2 d\tau, \quad i, k = 1, 2, 3, \quad (18)$$

если она существует.

Представление $\hat{U}_i^k$ для разных скоростей c с использованием преобразования Фурье обобщенных функций получено и изучено ранее автором в [4,5]. В сверхзвуковом случае (при $c > c_1$) матрица Грина имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
2\pi\hat{U}_1^1 &= \frac{M_2^2\theta_2}{V_2^-} + \frac{z^2x_1^2}{\|x\|^4} \left(\frac{\theta_1}{V_1^-} - \frac{\theta_2}{V_2^-} \right) - \frac{x_2^2}{\|x\|^4} (\theta_1V_1^- - \theta_2V_2^-), \\
2\pi\hat{U}_2^2 &= \frac{M_2^2\theta_2}{V_2^-} + \frac{z^2x_2^2}{\|x\|^4} \left(\frac{\theta_1}{V_1^-} - \frac{\theta_2}{V_2^-} \right) - \frac{x_1^2}{\|x\|^4} (\theta_1V_1^- - \theta_2V_2^-), \\
2\pi\hat{U}_3^3 &= \left(\frac{\theta_1}{V_1^-} + \frac{m_2^2\theta_2}{V_2^-} \right), \quad 2\pi\hat{U}_1^3 = \frac{x_1z}{\|x\|^2} \left(\frac{\theta_1}{V_1^-} - \frac{\theta_2}{V_2^-} \right), \\
2\pi\hat{U}_2^3 &= -\frac{x_2z}{\|x\|^2} \left(\frac{\theta_1}{V_1^-} - \frac{\theta_2}{V_2^-} \right), \quad \hat{U}_2^1 = \hat{U}_1^2, \quad \hat{U}_3^2 = \hat{U}_2^3, \quad \hat{U}_3^1 = \hat{U}_1^3, \\
2\pi\hat{U}_1^2 &= \frac{x_1x_2}{\|x\|^4} \left(z^2 \left(\frac{\theta_1}{V_1^-} - \frac{\theta_2}{V_2^-} \right) + (\theta_1V_1^- - \theta_2V_2^-) \right).
\end{aligned} \tag{19}$$

Здесь введены обозначения: $\theta_j = \theta(z - m_j\|x\|)$, $V_j^- = \sqrt{z^2 - m_j^2\|x\|^2}$, $m_j = \sqrt{M_j^2 - 1}$, $j = 1, 2$, $H(z)$ - функция Хевисайда, равная $\frac{1}{2}$ при $z=0$. Удобно выделить объемную и сдвиговую составляющие тензора $\hat{U}_i^j$:

$$\hat{U}_i^j = \hat{U}_{i1}^j + \hat{U}_{i2}^j,$$

которые описывают объемные и сдвиговые деформации в отдельности. Их легко выписать, используя (19), группируя слагаемые с одинаковым индексов в θ_j . Легко видеть, что компоненты

тензоров $\hat{U}_{il}^j$ вне звуковых конусов $K_l^+ = \{(x, z) : z > m_l\|x\|\}$ ($l=1,2$) равны нулю. Вне зоны K_1^+ среда покоится. В зоне между звуковыми конусами деформация только объемная, в зоне K_2^+ к объемной добавляется также и сдвиговая деформация. На поверхностях конусов: $K_j = \{(x, z) : z = m_j\|x\|\}$ - волновых фронтах фундаментальных решений $\hat{U}_j^i$ сингулярны, имеют особенности типа $(z^2 - m_j^2\|x\|^2)^{-1/2}$.

Кроме того, имеют место следующие свойства симметрии:

$$\hat{U}_j^i(x, z) = \hat{U}_i^j(x, z) = \hat{U}_j^i(-x, z), \tag{20}$$

что удобно использовать при решении краевых задач. Далее для регуляризации интегралов нам понадобится тензор $\hat{W}_j^i$ - первообразный по z для $\hat{U}_j^i$ ($\hat{U}_j^i = \partial_z \hat{W}_j^i$):

$$\hat{W}_j^i = \sum_{k=1}^2 \hat{W}_{jk}^i = \hat{U}_j^i * \delta(x_1)\delta(x_2)H(z) = \hat{U}_j^i *_{\underline{z}} \theta(z). \tag{21}$$

Он имеет вид:

$$\begin{aligned}
2\pi\hat{W}_i^j &= \frac{1}{\|x\|} (\theta_1V_1^- - \theta_2V_2^-) \left(\frac{z}{r} (r_{,i}r_{,j} - 0,5\mathfrak{z}_{[i]3}\delta_{ij}) - \delta_{i3}r_{,j} - \delta_{j3}r_{,i} \right) + \\
&+ \theta_1 \ln \frac{z+V_1^-}{m_1\|x\|} \left(0,5m_1^2\mathfrak{z}_{[i]3}\delta_{ij} + \delta_{i3}\delta_{j3} \right) - \theta_2 \ln \frac{z+V_2^-}{m_2\|x\|} \left((0,5m_2^2\mathfrak{z}_{[i]3} - M_2^2)\delta_{ij} + \delta_{i3}\delta_{j3} \right),
\end{aligned}$$

где $r_{,j} = x_j/\|x\|$, $j = 1, 2$; $r_{,3} = 0$; $\mathfrak{z}_{ij} = (1 - \delta_{ij})$. Обозначение $\mathfrak{z}_{[ij]}$ означает фиксирование индекса i (по i в произведении не сворачиваем). В нем также удобно выделить объемную и сдвиговую части:

$$\hat{W}_i^j(x, z) = \sum_{k=1}^2 \hat{W}_{ik}^j = \sum_{k=1}^2 \theta(z - m_k \|x\|) \int_{m_k \|x\|}^z \hat{U}_{ik}^j(x, \tau) d\tau. \quad (22)$$

Очевидно, $\hat{W}_i^j$ имеет тот же носитель, что и $\hat{U}_i^j$, но поскольку на K_j^+ :

$$m_j \|x\| = z \Rightarrow V_j^-(x, z) = 0 \Rightarrow \ln \frac{z + V_j}{m_j \|x\|} = 0,$$

Следовательно, он непрерывен на фронтах K_j . При $\|x\| \rightarrow 0$, $z \neq 0$,

$$\|x\|^{-2} (\theta_1 V_1^- - \theta_2 V_2^-) \rightarrow \frac{m_2^2 - m_1^2}{2z},$$

поэтому $\hat{W}_i^j$ не имеет сильных особенностей на оси z , однако имеет слабую логарифмическую особенность по $\|x\|$. Выделим эти особенности, разбив $\hat{W}_i^j$ на слагаемые:

$$\hat{W}_i^j(x, z) = \hat{W}_i^{js} + \hat{W}_i^{jd} = \sum_{k=1}^2 \theta_k \hat{W}_{ik}^{js}(x) + \hat{W}_{ik}^{jd}(x, z), \quad (23)$$

где

$$2\pi \hat{W}_{i1}^{js}(x) = -(\delta_{i3} \delta_{j3} + 0,5 m_1^2 \delta_{ij} \vartheta_{[i]3}) \ln(m_1 \|x\|),$$

$$2\pi \hat{W}_{i2}^{js}(x) = -(\delta_{i3} \delta_{j3} + \delta_{ij} (0,5 m_2^2 \vartheta_{[i]3} - M_2^2)) \ln(m_2 \|x\|).$$

Тензоры $\hat{W}_{il}^{js}$ диагонального вида, не зависят от z внутри звуковых конусов K_l^+ ($l=1,2$) и имеют логарифмическую особенность по $\|x\|$ на оси z . В отличие от порождающего тензора $\hat{W}_i^j$, тензоры $\hat{W}_{ik}^{js}$, $\hat{W}_{ik}^{jd}$ имеют ограниченные скачки на фронтах K_l .

Легко видеть, что справедливы следующие свойства симметрии относительно оси Z тензоров-сдвигов

$$U_i^j(x, y, z - \tau) = \hat{U}_i^j(x - y, z - \tau), \quad W_i^j(x, y, z - \tau) = \hat{W}_i^j(x - y, z - \tau):$$

$$U_i^j(x, y, z - \tau) = U_i^j(y, x, z - \tau), \quad W_i^j(x, y, z - \tau) = W_i^j(y, x, z - \tau),$$

кроме компонент с индексами $(1, i, j) = (1, 1, 3), (1, 2, 3), (1, 3, 1)$, для которых

$$U_i^3(x, y, z - \tau) = U_i^3(y, x, z - \tau), \quad W_i^3(x, y, z - \tau) = W_i^3(y, x, z - \tau), \quad i = 1, 2. \quad (24)$$

Тензор $\hat{W}_i^j$ также имеет простой физический смысл. Он описывает перемещение упругой среды при действии сосредоточенной на полуоси X_3 силы с компонентами $G_i = \rho c^2 \delta_i^{[k]} \delta(x) \theta(z)$, действующей в направлении координатной оси X_k , и бегущей вдоль X_3 со скоростью c .

4. Фундаментальный тензор напряжений $\hat{T}_i^j$ и его первообразная по z . Рассмотрим тензоры напряжений, порождаемые тензором Грина:

$$\hat{\Sigma}_{ij}^k(x, z) = \lambda \hat{U}_{m \cdot m}^k \delta_{ij} + \mu (\hat{U}_{i \cdot j}^k + \hat{U}_{j \cdot i}^k), \quad (25)$$

$$\hat{\Gamma}_i^k(x, z, n) = \hat{\Sigma}_{ij}^k(x, z) n_j, \quad \hat{T}_i^j(x, z, n) = \hat{\Gamma}_j^i(x, z, n).$$

Тензор $\Gamma = \hat{\Gamma}_i^k(x, z, n)$ описывает напряжения на площадке с нормалью n в точке (x, z) . Верна следующая теорема.

Т е о р е м а 4.1. Тензор $\hat{T}_i^j$ является обобщенным решением транспортного уравнения Ламе с массовой силой вида:

$$A_i^j(\partial_{x'})\hat{T}_j^k + K_k^i(\partial_{x'}, n)\delta(x') = 0$$

где $K_i^l(\partial_{x'}, n) = \lambda n_i \partial_l + \mu m_j (\delta_i^l \partial_j + \delta_j^l \partial_i)$.

Доказательство. Из (25) следует

$$\hat{T}_i^j = \hat{\Gamma}_i^j = K_i^l(\partial_{x'}, n)\hat{U}_l^j(x, z), \quad (26)$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} A_i^j(\partial_{x'})\hat{T}_j^k &= A_i^j(\partial_{x'})\hat{\Gamma}_k^j = A_i^j(\partial_{x'})K_k^l(\partial_{x'}, n)\hat{U}_l^j = \\ &= K_k^l(\partial_{x'}, n)A_i^j(\partial_{x'})\hat{U}_l^j(x, z) = -K_k^l(\partial_{x'}, n)\delta_i^l \delta(x') = -K_k^i(\partial_{x'}, n)\delta(x'). \end{aligned}$$

Теорема доказана.

Так как введенный тензор удовлетворяет уравнениям движения, он описывает перемещения упругой среды при действии бегущей сосредоточенной массовой силы мультипольного типа. Однако, в отличие от дозвукового случая [1], не он играет главную роль при решении краевых задач, а его первообразная по z , в которой также удобно выделить объемную и сдвиговую составляющие:

$$\hat{H}_j^i = \sum_{k=1}^2 \hat{H}_{ik}^j = \hat{T}_j^i * \delta(x_1, x_2) H(z) = \hat{T}_j^i *_{z} H(z), \quad (27)$$

$$\frac{1}{\mu} \hat{H}_i^j(x, z, n) = \left(2M_1^2 - M_2^2 \right) n_j f_{11,i} - M_2^2 \left(\delta_{ij} \frac{\partial f_{12}}{\partial n} + n_i f_{12,j} \right) - 2 \frac{\partial}{\partial n} \left(f_{31,ij} - f_{32,ij} \right).$$

$$2\pi f_{1k,i}(\|x\|, z) = \frac{\theta_k}{V_k^-} \left(\delta_{i3} - \frac{z}{\|x\|} r_{,i} \right),$$

$$2\pi f_{3k,ij}(\|x\|, z) = \left(\delta_{i3} \delta_{j3} + 0,5 m_k^2 \delta_{ij} \vartheta_{[i]3} \right) \theta_k \ln \frac{z + V_k^-}{m_k \|x\|} -$$

$$- \frac{V_k^- \theta_k}{\|x\|} \left(\delta_{i3} r_{,j} + \delta_{j3} r_{,i} + \frac{z}{\|x\|} \left(r_{,i} r_{,j} - 0,5 \delta_{ij} \vartheta_{[i]3} \right) \right)$$

Этот тензор можно получить аналогично $\mathbf{T}$, используя закон Гука, только вместо тензора Грина в него следует поставить его первообразную $\mathbf{W}$.

Аналогично $\mathbf{W}$, выделим в $\hat{H}_i^j$ стационарные и динамические слагаемые:

$$\hat{H}_i^j(x, z, n) = \hat{H}_i^{js} + \hat{H}_i^{jd} = \sum_{k=1}^2 H(z - m_k \|x\|) \hat{H}_{ik}^{js}(x) + \hat{H}_{ik}^{jd}(x, z), \quad (28)$$

Так как тензоры $\hat{W}_{il}^{js}$ и $\hat{H}_{ik}^{js}$ не зависят от z внутри звуковых конусов K_l^+ ($l=1,2$), назовем их условно *стационарными*. Соответственно тензоры $\hat{W}_i^{jd}$, $\hat{H}_{ik}^{jd}$ -- *динамическими*, они существенно зависят от z , однако являются регулярными.

Тензор $\hat{H}_i^j$ имеет слабые особенности на фронтах типа $(z^2 - m_j^2 \|x\|^2)^{-1/2}$. В отличие от $\hat{H}_i^{jd}$

тензор $\hat{H}_i^{js}$ имеет более сильную особенность типа $\|x\|^{-1}$ на оси z .

Для него справедливы свойства симметрии относительно оси Z тензоров-сдвигов:

$$H_i^j(x, y, z - \tau, m) = -H_i^j(y, x, z - \tau, m) = -H_i^j(x, y, z - \tau, -m), \quad (29)$$

кроме $(i,j)=(1,3), (2,3), (3,1)$:

$$H_i^3(x, y, z - \tau) = H_i^3(y, x, z - \tau), \quad H_i^3(x, y, z - \tau) = H_i^3(y, x, z - \tau), \quad i = 1, 2. \quad (30)$$

Ясно, что при $z < \tau$ все введенные тензоры-сдвиги равны нулю. Указанные свойства симметрии верны и для стационарного и динамического слагаемых тензоров.

Лемма 3.1. Тензор $\hat{H}_i^j$ удовлетворяет формуле

$$\int_{S_z(x)} H_k^i(y, x, z, n(y)) dS(y, \tau) + \left\{ \int_{S_z^-(x)} \left(\Sigma_{i3}^k(x, y, z) - \rho c^2 U_i^k(x, y, z) \right) dV(y) \right\}_{,z} = \rho c^2 \delta_k^i H_D^-(x).$$

где $S_z(x) = \{y \in S : m_1 \|x - y\| < z\}$, $S_z^-(x) = \{y \in S^- : m_1 \|x - y\| < z\}$, $dV(y) = dy_1 dy_2$. Для $x \notin D$ интегралы регулярные, для $x \in D$ - интегралы по $S_z(x)$ сингулярные с особенностью при $y=x$, берутся в смысле главного значения.

Доказательство: Свернем уравнение для $\hat{U}$:

$$\left(\rho c^2 \right)^{-1} \hat{\Sigma}_{ij,j}^k - \hat{U}_i^k{}_{,zz} = \delta_i^k \delta(x) \delta(z)$$

с $\delta(x)\theta(z)$ и получим уравнение для $\hat{W}$:

$$\left(\rho c^2 \right)^{-1} \hat{\Sigma}_{ij,j}^k - \hat{W}_i^k{}_{,zz} = \delta_i^k \delta(x) \theta(z).$$

Далее свернем это уравнение с $H_S^-(x)\delta(z)$ и воспользуемся свойством дифференцирования свертки. В результате получим

$$\left(\rho c^2 \right)^{-1} \hat{\Sigma}_{ij}^k * n_j \delta_S(x) + \left(\rho c^2 \right)^{-1} \hat{\Sigma}_{i3,z}^k * H_S^-(x) - \hat{U}_i^k{}_{,z} * H_S^-(x) = \delta_i^k H_S^-(x) \theta(z)$$

Это равенство для $x' \notin D$ в силу ограниченности S можно записать в представленном в лемме интегральном виде, где все интегралы существуют. Указанные области интегрирования под знаком интеграла – это носители подынтегральных функций, которые зависят от z .

Пусть $(x, z) \in D$. Обозначим полуокрестности точки x соответственно знаком:

$\Gamma_\varepsilon^\pm(x) = \{y \in S^\pm : r < \varepsilon, r = \|x - y\|\}$. Аналогично получим

$$\int_{S_\varepsilon + \Gamma_\varepsilon^+(x)} H_k^i(y, x, z, m(y, \tau)) dS(y, \tau) + \left\{ \int_{S^- + \Gamma_\varepsilon^+(x)} \left(\Sigma_{i3}^k(x, y, z) - \rho c^2 U_i^k(x, y, z) \right) dV(y) \right\}_{,z} = \rho c^2 \delta_k^i,$$

$$\int_{S_\varepsilon + \Gamma_\varepsilon^-(x)} H_k^i(y, x, z, m(y, \tau)) dS(y, \tau) + \left\{ \int_{S^- + \Gamma_\varepsilon^-(x)} \left(\Sigma_{i3}^k(x, y, z) - \rho c^2 U_i^k(x, y, z) \right) dV(y) \right\}_{,z} = 0.$$

Здесь $m(y, \tau)$ - единичная внешняя нормаль к поверхности интегрирования, которая совпадает с n на S_ε и направлена вдоль радиуса ε -окружности на $\Gamma_\varepsilon^\pm(x)$.

Сложим эти два равенства и перейдем к пределу по $\varepsilon \rightarrow 0$.

Внутренние интегралы по S_ε стремятся к интегралам в смысле главного значения, которые существуют в силу свойств симметрии (29), (30) и асимптотических свойств $H_i^j(y, x, \tau - z, m(y, \tau))$ при $r \rightarrow 0$ для $z > 0$. Предел суммы внутренних интегралов по Γ_ε^+ и Γ_ε^- стремится к нулю в силу равенства $m(y, \tau)$ в противоположных относительно x точках Γ_ε^+ и Γ_ε^- . Интегралы по $S_\varepsilon^-(x), S_\varepsilon^+(x)$ стремятся к нулю в силу слабой особенности подынтегральных функций. Если поделить предельное равенство на 2, то с учетом определения H_D^- на D , получим доказываемое.

Если для заданных (x, z) выполняется $z \geq \max_{y \in S} (m_1 \|x - y\|)$, то области интегрирования становятся постоянными: $S_z^-(x) = S^-$, $S_z(x) = S$.

Лемма 3.2. Если $z \geq m_1 \varepsilon$, $\varepsilon > 0$, то

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{r=\varepsilon} H_i^k \left(y, x, z, \frac{y-x}{r} \right) dS(y, \tau) = \rho c^2 \delta_i^k \quad (31)$$

Доказательство: Поскольку для таких z область интегрирования от z не зависит, а подынтегральные выражения непрерывны вместе со всеми производными внутри $\mathcal{E}$ -окружности, дифференцирование по z в формуле леммы, записанном для указанного множества, можно внести под знак интеграла, в результате получим:

$$\int_{r=\varepsilon} H_i^k \left(y, x, z, \frac{y-x}{r} \right) dS(y, \tau) + \int_{r<\varepsilon} \left(\Sigma_{i3}^k(y, x, z) - \rho c^2 U_i^k(x, y, z) \right)_{,z} dV(y) = \rho c^2 \delta_i^k$$

Отсюда следует (31), т.к предел по $\varepsilon \rightarrow 0$ второго слагаемого равен нулю.

Формула леммы 3.1. является обобщением известной формулы Гаусса для уравнения Лапласа. Она играет важную роль при построении разрешающих сингулярных граничных интегральных уравнений краевых задач в сверхзвуковом случае.

4. Аналог формулы Сомильяны и сингулярные граничные интегральные уравнения при сверхзвуковых скоростях. Для того, чтобы представить обобщенное решение (10) в интегральном виде, преобразуем его, используя первообразную тензора Грина $\hat{W}_i^l$:

$$\begin{aligned} \hat{u}_i &= \hat{U}_i^j * p_j \delta_D + \left(C_{ij}^{kl} u_k n_l \delta_D * \hat{U}_i^l \right)_{,j} + \hat{U}_i^j * G_j H_D^- = \\ &= \hat{U}_i^j * p_j \delta_D + \left(C_{ij}^{kl} u_k n_l \delta_D * \partial_z \hat{W}_i^l \right)_{,j} + \hat{U}_i^j * G_j H_D^- = \\ &= \hat{U}_i^j * p_j \delta_D + \partial_z (u_k n_l \delta_D) * C_{ij}^{kl} \partial_j \hat{W}_i^l + \hat{U}_i^j * G_j H_D^- = \\ &= \hat{U}_i^j * p_j \delta_D + \left(u_{k,z} n_l \delta_D + u_k(x, 0) n_l(x) H_S^-(x) \delta(z) \right) * C_{ij}^{kl} \partial_j \hat{W}_i^l + \hat{U}_i^j * G_j H_D^- = \\ &= \hat{U}_i^j * p_j \delta_D + u_{k,z} n_l \delta_D * C_{ij}^{kl} \partial_j \hat{W}_i^l + u_k(x, 0) n_l(x) H_S^-(x) \delta(z) * C_{ij}^{kl} \partial_j \hat{W}_i^l + \hat{U}_i^j * G_j H_D^- \end{aligned} \quad (32)$$

Здесь для сокращения записи введен тензор упругих констант, который для изотропной упругой среды имеет вид:

$$C_{ij}^{kl} = \lambda \delta_i^k \delta_j^l + \mu (\delta_i^l \delta_j^k + \delta_j^k \delta_i^l)$$

Формулу (33) теперь можно записать в интегральном виде для $(x, z) \notin D_+$.

Т е о р е м а 4.2. При $c > c_1$ решение краевой задачи удовлетворяет соотношениям:
при $(x, z) \notin D$

$$\begin{aligned} \rho u_i(x, z) H_D^-(x) &= \sum_{k=1}^2 \int_S \theta(z - m_k r) dS(y) \int_0^{z-m_k r} \left(U_{ik}^j(x, y, z - \tau) p_j(y, \tau) - \right. \\ &\quad \left. - H_{ik}^j(x, y, z - \tau, n(y)) \partial_\tau u_j(y, \tau) \right) d\tau, \end{aligned} \quad (33)$$

при $(x, z) \in D_+$

$$\begin{aligned} 0,5 \rho u_i(x, z) &= \sum_{k=1}^2 \int_S \theta(z - m_k r) dS(y) \int_0^{z-m_k r} \left(U_{ik}^j(x, y, z - \tau) p_j(y, \tau) d\tau - \right. \\ &\quad \left. - V.P. \int_S \theta(z - m_k r) dS(y) \int_0^{z-m_k r} H_{ik}^j(x, y, z - \tau, n(y)) \partial_\tau u_j(y, \tau) d\tau, \right. \\ &\quad \left. \right) \end{aligned} \quad (34)$$

где последний интеграл сингулярный, берется в смысле главного значения по контуру S или его части.

Доказательство: Интегральная запись обобщенного решения (10) имеет вид (33). Все интегралы существуют, так как подынтегральные функции интегрируемы, в том числе и на фронтах фундаментальных решений, т.к. ядра подынтегральных выражений имеют слабые особенности на фронтах вида $(z^2 - m_j^2 \|x\|^2)^{-1/2}$. Покажем, что формула сохраняет вид и для $x' \in D$, с учетом определения $H_D^-(x, z)$.

Действительно, пусть $(x, z) \in D^-$ и $(x, z) \rightarrow (x^*, z^*)$, $(x^*, z^*) \in D$. Тогда

$$0 = \sum_{k=1}^2 \left\{ \int_{S_\varepsilon + \Gamma_\varepsilon^-} \theta(z - m_k r) ds(y) \int_0^{z^* - m_k r} \left(U_{ik}^j(x^*, y, z^* - \tau) p_j(y, \tau) - \right. \right. \quad (35)$$

$$\left. \left. - H_{ik}^j(x^*, y, z^* - \tau, n(y)) u_{j,z}(y, \tau) \right) d\tau \right\}$$

Рассмотрим в ней интеграл

$$I_\varepsilon(x^*, z^*) = \sum_{k=1}^2 \int_{\Gamma_\varepsilon^-} \theta(z^* - m_k r) ds(y) \int_0^{z^* - m_k r} \left(H_{ik}^j(x^*, y, z^* - \tau, n(y)) u_{j,z}(y, \tau) d\tau, \right.$$

Пусть $\varepsilon < z^*/m_1$. Поскольку $n = m = (x - y)/r$, $r = \varepsilon$ на Γ_ε^- , его можно переписать в виде:

$$I_\varepsilon(x^*, z^*) =$$

$$= \sum_{k=1}^2 \int_{\Gamma_\varepsilon^-} \theta(z^* - m_k \varepsilon) dS(y) \int_0^{z^* - m_k \varepsilon} \left(H_{ik}^j(x^*, y, z^* - \tau, m(y)) d_\tau u_j(y, \tau) = \right.$$

$$= \sum_{k=1}^2 \int_{\Gamma_\varepsilon^-} H_{ik}^j(x^*, y, m_k \varepsilon, m(y)) u_j(y, z^* - m_k \varepsilon) dS(y) =$$

$$= \sum_{k=1}^2 \int_{\Gamma_\varepsilon^-} H_{ik}^j(x^*, y, m_k \varepsilon, m(y)) \left(u_j(y, z^* - m_k \varepsilon) - u_j(x^*, z^*) \right) dS(y) +$$

$$+ u_j(x^*, z^*) \sum_{k=1}^2 \int_{\Gamma_\varepsilon^-} H_{ik}^j(x^*, y, m_k \varepsilon, m(y)) dS(y).$$

Перейдем в последнем равенстве к пределу по $\varepsilon \rightarrow 0$. Первое слагаемое имеет слабую особенность по r даже устранимую, так как при $\varepsilon \rightarrow 0, r \rightarrow 0$, а $u_j(y, z^* - m_k r) \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} u_j(x^*, z^*)$.

Поскольку $\Gamma_\varepsilon^- \rightarrow 0$, это слагаемое также стремится к 0. Интеграл во втором слагаемом стремится к интегралу по полуокружности. Следовательно, в силу леммы 3.2,

$$I_\varepsilon(x^*, z^*) \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} 0,5 u_j(x^*, z^*)$$

Перенося это слагаемое в левую часть уравнения, получим, с учетом определения $H_S^-(x)$, получим вторую формулу теоремы. Теорема доказана.

Для $(x, z) \in D$ формула (34) является системой граничных интегральных уравнений для решения краевой задачи. После определения по ним неизвестных граничных значений скорости перемещений, по первой формуле теоремы определяем решение внутри среды. А так как ядра подынтегральных выражений имеют слабые особенности на фронтах, интегралы в формуле (33) допускает перемену порядка интегрирования:

при $z > 0$

$$\rho u_i(x, z) = \sum_{k=1}^2 \int_0^z d\tau \int_{S_\tau^k(x)} \left(U_{ik}^j(x, y, z - \tau) p_j(y, \tau) - H_{ik}^j(x, y, z - \tau, n(y)) \partial_z u_j(y, \tau) \right) dS(y) \quad (35)$$

что можно использовать при численной реализации алгоритма решения задачи.

Для вычисления сингулярных интегралов удобно преобразовать формулу (34), разложив ядра соответственно порождаемой ими деформации.

Т е о р е м а 4.2. *Решение краевой задачи на границе области удовлетворяет сингулярным граничным интегральным уравнениям вида:*

$$0,5 \rho u_i(x, z) = \theta(z) \sum_{k=1}^2 \int_0^z d\tau \int_{S_\tau^k(x)} \left(U_{ik}^j(x, y, z - \tau) p_j(y, \tau) - H_{ik}^{jd}(x, y, z - \tau, n(y)) \times \right. \\ \left. \times \partial_z u_j(y, \tau) \right) dS(y) - V.P. \int_{S_z^k(x)} H_{ik}^{js}(x, y, n(y)) u_j(y, z - m_k r) dS(y), (x, z) \in D_+$$

где $S_\tau^k(x) = \{(y, \tau) : m_k r < z - \tau\}$, $S_z^k(x) = \{(y) : m_k r < z\}$, где последний интеграл сингулярный, берется в смысле главного значения по контуру S или его части.

Доказательство следует из разбиения (28) тензора N на динамические и статические составляющие соответственно типу деформаций. Подставляя (28) в формулу теоремы и производя интегрирование по τ в слагаемом, содержащем $u_{,z}$, получим формулу теоремы. В силу слабых особенностей ядер подынтегральных выражений, содержащих $\hat{H}_{ik}^{jd}$, первый интеграл регулярен. А второй интеграл берется в смысле главного значения, но уже не по поверхности цилиндра, а по контуру его поперечного сечения.

Заключение. Уравнения (34), (35) являются сингулярными ГИУ неклассического типа. Данный тип ГИУ теоретически практически не изучен, так как решение внутри области определяется граничными значениям напряжений и скорости перемещений, а не самих перемещений, как в формуле Соммильяны. Кроме того область интегрирования по граничной поверхности существенно зависит от z , что характерно для гиперболических уравнений и систем. Это существенно осложняет численное определение решений таких задач на основе метода последовательных приближений. Однако использование метода граничных элементов при численной дискретизации СГИУ позволяет использовать стандартные методы вычислительной математики для компьютерной реализации решения такой задачи.

Рассмотренные здесь и в [5] краевые задачи являются модельными для динамики подземных сооружений типа транспортных тоннелей и протяженных горных выработок, подверженных динамическому воздействию со стороны движущихся транспортных средств и сейсмических нагрузок. Они позволяют исследовать динамику породного массива в окрестности подземных сооружений в зависимости от его физико-механических свойств, скорости движущего транспорта, особенностей транспортной нагрузки, геометрии сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алексеева Л.А. Сингулярные граничные интегральные уравнения краевых задач эластодинамики в случае дозвуковых бегущих нагрузок // Дифференциальные уравнения. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 512-519.
- [2] Алексеева Л.А. Обобщенные решения краевых задач для одного класса бегущих решений волнового уравнения // Математический журнал. – 2008. – Т. 8, № 2(28). – С. 1-19.
- [3] Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с.
- [4] Алексеева Л.А. Фундаментальные решения в упругом пространстве в случае бегущих нагрузок // Прикладная математика и механика. – 1991. – Т. 55, № 15. – С. 854-862.
- [5] Алексеева Л.А. Обобщенные решения уравнений Ламе в случае бегущих нагрузок. Ударные волны // Математический журнал. – 2009. – Т. 9, № 1(31). – С. 16-25.
- [6] Алексеева Л.А. Краевые задачи теории упругости при сверхзвуковых транспортных нагрузках. Единственность решений // Изв. НАН РК. Серия физ.-мат. – 2014. – № 1.
- [7] Владимиров В.С. Обобщенные функции в математической физике. – М.: Наука, 1978.

REFERENCES

- [1] Alexeyeva L.A. *Singular boundary integral equation of boundary value problems in the case of subsonic elastodynamics running loads*. Differential equations. 2010. Vol. 46, № 4. P. 512-519. (in Russ.).
- [2] Alexeyeva L.A. *Generalized solutions of boundary value problems for a class of solutions of traveling wave equation*. Mathematical Journal. 2008. Vol. 8, № 2(28). P. 1-19. (in Russ.).
- [3] Nowacki W. *Theory of Elasticity*. M.: World, 1975. 872 p. (in Russ.).
- [4] Alexeyeva L.A. *Fundamental decisions in the elastic space in the case of heating of the running-portion*. Applied Mathematics and mehanika. 1991. Vol. 55, № 5. P. 854-862. (in Russ.).
- [5] Alexeyeva L.A. *Generalized solutions of Lamé in the case of running loads. Shock waves*. Mathematical journal. 2009. Vol. 9, № 1(31). P. 16-25. (in Russ.).
- [6] Alexeyeva L.A. *Boundary problems of the theory of elasticity in supersonic transport loads. Uniqueness of solutions*. News of NAS RK. Series of physical and mathematical. 2014. №1. (in Russ.).
- [7] Vladimirov V.S. *Generalized functions in mathematical physics*. M.: Science, 1978. (in Russ.).

Поступила 25.02.2015 г.

МАЗМҰНЫ

Теориялық және тәжірибелік зерттеулер

Асанова А.Т. Екінші ретті гиперболалық теңдеулер жүйесі үшін интегралдық шарттары бар бейлокал есептің бізмәнді шешілімділігі туралы.....	5
Кудышев Ж.А., Давлетов А.Е., Габитов И.Р., Кисан А., Мухаметкаримов Е.С. Ауыспалы метаматериалдардағы екінші ретті гармониканың генерациясы процессін сипаттайтын теңдеулердің аналитикалық шешімдері.....	15
Нұрбақыт Г., Кемелжанова С.Е., Махаббат Е. Толық гамильтонианды енгізу арқылы мезондардың массасын және конституентті массасын анықтау.....	20
Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Кунелбаев М.М., Салғараева Г.И. Жазық гелиоколлектордың жылуын қоршаған ортада жоғалтуын анықтау.....	28
Бажиков К.Т., Касимов А.О., Рахымжанов Р.Р., Кенжебаев Д.Б. Талшықты-оптикалық байланыс желілерінің температураның әсеріне тұрақтылығын зерттеу.....	33
Құдайбергенов А.Қ., Құдайбергенов Асқ.Қ. Бұрғылау қарнағы сызықсыз динамикасының модельдеуде сандық әдістердің салыстырмалы талдауы.....	37
Бошкаев К.А., Сулейманова Ш.С., Жами Б.А., Таукенова А.С., Аймұратов Е.К. Фок және Керр метрикаларының сәйкес болуы.....	43
Бараев А., Жанұзақов И.И., Жұмабаев М.Ж., Құлжатаева К.М., Тулеп А.С. Ұңғыма бағанына бекітілген жұмсақ элементке соғу әдісі арқылы әсер ету.....	49
Батрышев Д.Г., Абдуллин Х.А., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Исмаилов Д.В., Тоғамбаева А.К., Чихрай Е.В. CVD әдісімен көпдеңгейлі көміртекті нанотүтікшелер мен олардың композиттің синтездеу.....	55
Исмаилов Ас.А. Роджерс жартыторларындағы минимал элементтер және минимал жабулар.....	62
Батрышев Д.Г., Абдуллин Х.А., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Исмаилов Д.В., Чихрай Е.В. Бірқабатты және көпқабатты көміртегі нанотүтікшелерін газдық фазадан пиролизтикалық қондыру әдісімен синтездеу.....	66
Украинец В.Н., Омарбаев Ж.О., Гирнис С.Р. Көлік жүктеме әрекетінен тоннельдің кернеу-деформациялық күйіне екі қабатты қаптамасымен жыныс масивтің контакт шараларының әрекеті.....	73
Жақып-тегі К.Б. Фотондар динамикасын модельдеу.....	80
Жұмағұлова Қ.Н., Рамазанов Т.С., Машеева Р.У., Донко З. Тозанды бөлшектердің тербелістеріне сыртқы магнит өрісінің әсері.....	86
Дәуітбек Достілек. τ -өлшемді операторлар үшін Кларксонның әлсіз мажорланған теңсіздіктері.....	91
Есқалиев М.Е., Өмірбек Г.Ө., Чанбаева М.К. Өртүрлі ағымдық шарттарға тәуелді пластикалық ортадағы кернеу копоненттерінің таралуы туралы.....	97
Дүйсенова Н.Б., Байказиева Р.Т., Нүсіпбекова А.Н. Білім беру жүйесіндегі компьютерлік технологияны қолдану.....	102
Алтынбеков Ш. Мұнайлы қабат және жер бетінің шөгудің процессін басқару есептерін шешу әдісі туралы.....	105
Достілек Д. τ -өлшемді операторлар үшін субаддитивті әлсіз мажорланған теңсіздіктер.....	111
Төленов Қ. Коммутативті емес $H_p(A; l_1)$ және $H_p(A, \ell_\infty)$ кеңістіктерінің кейбір қасиеттері.....	116
Жауғашева С.А., Ишмұхамедов И.С., Валиолда Д.С., Жүсіпова Н. Ультрасуық атомдардың гармоникалық тұзақта бейнеленуі.....	120
Исатаев С.И., Тарасов С.Б., Төлеуов Г., Исатаев М.С., Болысбекова Ш.А., Байғалиқызы Б. Үшөлшемді ағыншаның бастапқы және өткізгіш бөлімшелеріндегі құйындық құрылымдардың динамикасы.....	125
Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П., Жұмағалиева А.И. Жарықтың интерференция құбылысын зерттеуді ұйымдастыруға арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың бланкі үлгісі.....	131
Кошеров Т.С., Тұрлыбекова Г.Қ., Нұрахметова К.Қ., Сеитов А. Температуралық және лазерлік әсер ету кезіндегі кремний бетінің модификациясы.....	137
Мамаев М.Ш., Борашиева И. Құрамалы сырықта динамикалық кернеулердің таралуын торлық-характеристика әдісімен сандық зерттеу.....	145
Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П., Жұмағалиева А.И. Допплер эффектін зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	155
Манаков С.М., Сагидолда Е. Наноөлшемді кеуекті кремний қабыршағының физикалық қасиеттерін зерттеу.....	161
Мусайф М., Ногайбаева М.О., Құдайқұлов А.Қ. Жылу ағынымен жылу алмасулар әсеріндегі шекті ұзындықтағы стерженнің термофизика-механикалық күйін зерттеу.....	168
Қожамқұлова Ж.Ж., Қойшиева Т.Қ., Есентаев Қ.Ө. Болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындау үдерісінде ақпараттық технология құралдарына оқытуды жобалау негіздері.....	175
Мүсіралиев Ж.А. Өмірбек Г.Ө., Рсалина Л.А. Бірінші ретті дифференциалдық теңдеулер үшін Коши есебін шешуге электрондық кестені қолдану.....	180
Оразбаев С.А., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Батрышев Д.Г., Буфенди Л. Көміртегі нанобөлшектер синтезінің ЖЖ разряд плазмасының параметрлеріне тәуелділігін зерттеу.....	186
Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Рахимжанова П., Абдикулова З. Физикалық шама датчиктерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету мәселелері.....	191

Оразбаев С.А., Усенов Е.А., Рамазанов Т.С., Досболаев М.Қ., Утегенов А.У. Плазма көрсеткішінің деңгейіне байланысты көмірқышқыл нанобөлшектерінің синтезделу процесін.....	198
Сарсенгельдин М.М., Бижигитова Н.Т. Жылуөткізгіштік тендеуінің жылжымалы аймақтарда аналитикалық шешімі.....	204
Сүйеубаев О.Б. Кейбір аспектілердің RFID жүйесінде өріс пен толқынға әсері.....	207
Суранчиева З.Т., Отелбаева А.К. Жоғарғы оқу орнында ақпараттық білім беру ортасында білім алудың негізгі құрылымы.....	211
Умбетов А.У. Возможности использования биполяризатора изготовленного из исландского шпата.....	216
Евдокимов А.П., Исакова Г.М., Кыдирова С.А. Дифракциялық тұтас баспалы сәуле таратушылардың энергетикалық және фазалық сипаттамалары.....	222
Салғараева Г.И., Маханова А.С. Мүмкіндігі шектеулі балаларды оқытуда қолданылатын ақпараттық-коммуникациялық технологиялар.....	227
Алексеева Л.А. Обобщенные решения и сингулярные граничные интегральные уравнения краевой задачи теории упругости при сверхзвуковых транспортных нагрузках.....	191

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретические и экспериментальные исследования

Асанова А.Т. Об однозначной разрешимости нелокальной задачи с интегральными условиями для системы гиперболических уравнений второго порядка.....	5
Кудышев Ж.А., Давлетов А.Е., Габитов И.Р., Кисан А., Мухаметкаримов Е.С. Об аналитическом решении уравнения, описывающего процесс генерации второй гармоники в переходных метаматериалах.....	15
Нурбакыт Г., Кемелжанова С.Е., Махаббат Е. Определение конститuentных масс и масс мезонов с помощью полного гамильтониана.....	20
Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Кунелбаев М.М., Салгараева Г.И. Определение тепловых потерь плоских гелиоколлекторов в окружающую среду.....	28
Бажиков К.Т., Касимов А.О., Рахымжанов Р.Р., Кенжебаев Д.Б. Исследование влияния температуры на устойчивость в сетях волоконно-оптических линий связи.....	33
Кудайбергенев А.К., Кудайбергенев Аск.К. Сравнительный анализ численных методов при моделировании нелинейной динамики буровых штанг.....	37
Бошкаев К.А., Сулейманова Ш.С., Жами Б.А., Таукенова А.С., Аймуратов Е.К. Соответствие метрик Фока и Керра.....	43
Бараев А., Джанзаков И.И., Жумабаев М.Ж., Кулжатаева К.М., Тулеп А.С. Применение метода ударного воздействия через упругий элемент на прихваченную в скважине колонну.....	49
Батрышев Д.Г., Абдуллин Х.А., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Исмаилов Д.В., Тогамбаева А.К., Чихрай Е.В. Синтез многостенных углеродных нанотрубок и их композитов методом CVD.....	55
Исачов Ас.А. Минимальные элементы и минимальные покрытия в полурешетках Роджерса.....	62
Батрышев Д.Г., Абдуллин Х.А., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т., Исмаилов Д.В., Чихрай Е.В. Синтез одностенных и многостенных углеродных нанотрубок методом пиролитического газофазного осаждения.....	66
Украинец В.Н., Отарбаев Ж.О., Гирнис С.Р. Влияние условий сопряжения двухслойной обделки тоннеля с породным массивом на его напряженно-деформированное состояние при воздействии транспортной нагрузки.....	73
Джакупов К.Б. Моделирование динамики фотонов.....	80
Джумагулова К.Н., Рамазанов Т.С., Машеева Р.У., Донко З. Влияние внешнего магнитного поля на колебания пылевых частиц.....	86
Дауитбек Достилек. Неравенства слабо мажоризационные Кларксона для τ -измеримых операторов.....	91
Ескалиев М.Е. Омирбек Г.О. Чанбаева М.К. Об определении распределения компонент пластических напряжений в зависимости от различных условий пластичности.....	97
Дуйсенова Н.Б., Байказиева Р.Т., Нусипбекова А.Н. Применение компьютерных технологии в системе образования.....	102
Алтынбеков Ш. О методике решения задачи об управлении процессом оседания нефтяного пласта и земной поверхности.....	105
Достилек Д. Субаддитивность слабо мажоризационных неравенств для τ -измеримых операторов.....	111
Туленов К. Некоторые свойства некоммутативных пространств $H_p(A; l_1)$ и $H_p(A, \ell_\infty)$	116
Жаугашева С.А., Ишмухамедов И.С., Валиолда Д.С., Жусупова Н.К. Описание ультрахолодных атомов в гармонической ловушке.....	120
Исатаев С.И., Тарасов С.Б., Толеуов Г., Исатаев М.С., Болысбекова Ш.А., Байгалиқызы Б. Динамика вихревых возмущений на начальном и переходном участках трехмерных струи.....	125
Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П., Джумагалиева А.И. Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию интерференции света.....	131
Кошеров Т.С., Турлыбекова Г.К., Нурахметова К.К., Сеитов А. Модификация поверхности кремния при температурном и лазерном воздействии.....	137
Мамаев Ш.М., Борашиева И.Т. Численное исследование распространения динамических возмущений в составных стержнях сеточно-характеристическим методом.....	145
Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П., Джумагалиева А.И. Модель организации компьютерной работы для исследования Допплер эффекта.....	155
Манакон С.М., Сагидолда Е. Исследование физических свойств наноразмерных пленок пористого кремния.....	161
Мусайф М., Ногайбаева М.О., Кудайкулов А.К. Исследование термо-физико-механического состояния стержня фиксированной длины под воздействием теплового потока и теплообмена.....	168
Кожамкулова Ж.Ж., Койшиева Т.К., Есентаев К.О. Основы проектирования обучения средствам информационной технологии в процессе профессиональной подготовки будущих учителей.....	175
Мусиралиев Ж.А., Омирбек Г.О., Рсалина Л.А. Решение задачи Коши для дифференциальных уравнений первого порядка с помощью таблицы.....	180
Оразбаев С.А., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Батрышев Д.Г., Буфенди Л. Исследование процесса синтеза углеродных наночастиц в зависимости от параметров плазмы ВЧ разряда.....	186
Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Рахимжанова П., Абдикулова З. Вопросы обеспечения временной стабильности датчиков физических величин.....	191

Оразбаев С.А., Усенов Е.А., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Утегенов А.У. Исследование температуры электронов комплексной плазмы в смесях инертных газов в вч-разряде оптическими и зондовыми методами.....	198
Сарсенгельдин М.М., Бижигитова Н.Т. Аналитическое решение уравнения теплопроводности с разрывными коэффициентами.....	204
Суйеубаев О.Б. Действие некоторых аспектов на поле и волны в системе RFID.....	207
Суранчиева З.Т., Отелбаева А.К. Основная структура обучения в высшем учебном заведении с информационно-образовательной средой.....	211
Умбетов А.У. Возможности использования биполяризатора изготовленного из исландского шпата.....	216
Евдокимов А.П., Исакова Г.М., Кыдирова С.А. Энергетические и фазовые характеристики дифракционных плоских печатных излучателей.....	222
Салгараева Г.И., Маханова А.С. Информационно-коммуникативные технологии в обучении детей с ограниченными возможностями здоровья.....	227
Алексеева Л.А. Обобщенные решения и сингулярные граничные интегральные уравнения краевой задачи теории упругости при сверхзвуковых транспортных нагрузках.....	191

CONTENTS

Theoretical and experimental researches

<i>Asanova A.T.</i> On the unique solvability of a nonlocal problem with integral conditions for system of hyperbolic equations of the second order.....	5
<i>Kudyshev Zh.A., Davletov A.E., Gabitov I.R., Kisan A., Mukhametkarimov Ye.S.</i> About an analytic solution to the equation describing the process of second harmonic generation in transition metamaterials.....	15
<i>Nurbakyt G., Kemelzhanova S.E., Makhabbat E.</i> Determination of the constituent mass and the meson mass via the complete hamiltonian.....	20
<i>Auelbekov O.A., Kataev N.S., Kunelbayev M.M., Salgaraeva G.I.</i> Determination of flat solar collectors of heat losses to the environment.....	28
<i>Bazhikov K.T., Kasimov A.O., Rakhimzhanov R.R., Kenzhebayev D.B.</i> The research of influence of temperature on stability in networks of fiber-optic connection lines.....	33
<i>Kudaibergenov A., Kudaibergenov Ask.</i> Comparative analysis of numerical methods for modelling of drill string nonlinear dynamics.....	37
<i>Boshkayev K.A., Suleymanova S.S., Zhami B.A., Taukenova A.S., Aimuratov Ye.K.</i> Correspondence of the Fock and the Kerr metrics.....	43
<i>Baraev A., Dzhanzakov I.I., Zhumabaev M.Zh., Kulzhataeva K.M., Tulep A.S.</i> Application of the method of impact through the elastic element to hastily in the well column.....	49
<i>Batryshev D.G., Abdullin Kh.A., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Ismailov D.V., Togambaeva A.K., Chihray E.V.</i> Synthesis of multiwalled carbon nanotubes and its composite by CVD method.....	55
<i>Issakhov As.A.</i> Minimal elements and minimal covers in Rogers semilattices.....	62
<i>Batryshev D.G., Abdullin Kh.A., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Ismailov D.V., Chihray E.V.</i> Synthesis of multi-walled and single-walled carbon nanotubes by CVD method.....	66
<i>Ukrainets V.N., Otambaev Zh.O., Girnis S.R.</i> Influence of contact conditions on tunnel two-layer lining with a massif on its tense-deformed condition at action of transport loads.....	73
<i>Zhakupov K.B.</i> Modeling the dynamics of photons.....	80
<i>Dzhumagulova K.N., Ramazanov T.S., Masheyeva R.U., Donkó Z.</i> Effect of magnetic field on the oscillations of the dust particles.....	86
<i>Dostilek Dauitbek.</i> Clarkson weak majorization inequalities for τ -measurable operators.....	91
<i>Yeskaliyev M., Omirbek G.O., Chanbaeva M.K.</i> About determination of plastic stress distributed components according to the different conditions of plasticity.....	97
<i>Duisenova N.B., Baykazieva R.T., Nusipbekova A.N.</i> Application of computer technologies in the education system.....	102
<i>Altynbekov Sh.</i> On the method of solving the problem of process control calcium oil reservoirs and surface.....	105
<i>Dostilek D.</i> Subadditivity weak majorization inequalities for τ -measurable operators.....	111
<i>Tulenov K.</i> Some properties of the noncommutative $H_p^{(r,s)}(A; I_\infty)$ and $H_q(A; I_1)$ spaces.....	116
<i>Zhaugasheva S.A., Ishmukhamedov I.S., Valiolda D.S., Zhussupova N.K.</i> Description of ultracold atoms in a harmonic trap.....	120
<i>Isatayev S., Tarasov S., Toleuov G., Isatayev M., Bolysbekova Sh., Baygalikzy B.</i> Dynamics of vortex perturbations in initial and transition three jet regions.....	125
<i>Kabyrbekov K.A., Ashirbaev Kh.A., Sabalakhova A.P., Zhumagalieva A.I.</i> Model of the form of the organization of computer laboratory operation on examination of the light interference.....	131
<i>Kosherov T.S., Turlybekova G.K., Nurakhmetova K.K., Seitov A.</i> Modification of a surface of silicon at temperature and laser effects.....	137
<i>Mamayev Sh.M., Borasheva I.T.</i> Numerical analysis of dynamic disturbances in the composite rod by grid-characteristic method.....	145
<i>Kabyrbekov K.A., Ashirbaev Kh.A., Sabalakhova A.P., Zhumagalieva A.I.</i> Model of the form of the organization of computer laboratory work on research of Doppler effect.....	155
<i>Manakov S.M., Sagidolda Ye.</i> Investigation of physical properties of nanoscale porous silicon films.....	161
<i>Marzhan M., Nogaibaeva M.O., Kudaikulov A.K.</i> Research thermo-physical-mechanical state of the rod of fixed length under <i>vozdeystviya</i> heat flow and heat transfer.....	168
<i>Kozhamkulova Zh.Zh., Koyshieva T.K., Yessentaev K.U.</i> Learning the basics of designing information technology tools for the vocational training of future teachers.....	175
<i>Musyrallyev Zh.A., Omirbek G.O., Rsalina L.A.</i> Cauchy problem for first order differential equations using a table.....	180
<i>Orazbayev S.A., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Batryshev D.G., Boufendi L.</i> Synthesis of the carbon nanoparticles in the gas phase depending on the plasma parameters.....	186
<i>Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Rakhimzhanova P., Abdikulov Z.</i> The issue of providing temporary stability of fluid sensors.....	191
<i>Orazbayev S.A., Ussenov Ye.A., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Utegenov A.U.</i> A calculation of the electron temperature of complex plasma in noble gases mixture in CCRF discharge.....	198
<i>Sarsengeldin M.M., Bizhigitova N.T.</i> Analytical solution of the heat equation with discontinuous coefficients and boundary flux condition.....	204

<i>Suieubaev O.B.</i> Action some aspects of the field and wave in the RFID.....	207
<i>Suranchieva Z.T., Otelbaeva A.K.</i> The basic structure of teaching in higher education institutions with information and educational environment.....	211
<i>Umbetov A.U.</i> Possibilities of the use bipolyarizator made from icelandic spar.....	216
<i>Evdokimov A.P., Iskakova G.M., Kydirova S.A.</i> Power and phase characteristics of diffraction flat printing radiators.....	222
<i>Salgaraeva G.I., Makhanova A.S.</i> Information and communication technologies in teaching children with disabilities.....	227
<i>Alexeyeva L.A.</i> The generalized decisions and singular boundary integral equations of the boundary value problem of elastodynamics at supersonic transport loads.....	191

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz
physics-mathematics.kz

Редактор *М. С. Ахметова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 9.06.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
15,7 п.л. Тираж 300. Заказ 3.