



**FIZIKA, MATEMATIKA VA
MEXANIKANING DOLZARB
MUAMMOLARI
XALQARO ILMIY-AMALIY
ANJUMANI
MATERIALLARI**

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

Buxoro - 2023

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY TA‘LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**

**FIZIKA, MATEMATIKA VA MEKANIKANING DOLZARB
MUAMMOLARI**

xalqaro ilmiy-amaliy anjumani

MATERIALLARI

(II qism)

Buxoro, O‘zbekiston, 24-25-may, 2023-yil

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

(Часть II)

международной научно-практической конференции

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ И
МЕХАНИКИ**

Бухара, Узбекистан, 24-25 мая, 2023 год

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATIONS
OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN
BUKHARA STATE UNIVERSITY**

ABSTRACTS

(Part II)

of the international scientific and practical conference

**ACTUAL PROBLEMS OF PHYSICS, MATHEMATICS AND
MECHANICS**

Bukhara, Uzbekistan, May 24-25, 2023

Fizika, matematika va mexanikaning dolzarb muammolari (Xalqaro ilmiy-amaliy konfferensiya materiallari to‘plami, II qism) Buxoro-2023, 264 bet.

Mazkur to‘plam “Fizika, matematika va mexanikaning dolzarb muammolari” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to‘plami asosida tayyorlangan bo‘lib, matematik analiz, differensial tenglamalar va matematik fizika, algebra va geometriya, hisoblash matematikasi va mexanika, geofizika va qayta tiklanuvchi energiya manbalari, kondensirlangan holatlar fizikasi, zamonaviy ta’limda raqamli texnologiyalar, ehtimollar nazariyasi va matematik statistika yo‘nalishlaridagi ilmiy ma’ruzalar o‘rin olgan.

To‘plamga kiritilgan maqola va tezislar mazmuni, ilmiyligi va dalillarining haqqoniyligi uchun mualliflar ma’suldirlar

TASHKILIY QO'MITA

Rais:

Xamidov O.X. BuxDU rektori, professor

Rais o'rinbosari:

Rasulov T.H. BuxDU prorektori, professor

Jurayev H.O. BuxDU Fizika-matematika fakulteti dekani, professor

Tashkiliy qo'mita a'zolari:

Teshayev M.X. V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti Buxoro bo'linmasi, professor

Djurayev D.R. BuxDU, professor

Mirzayev Sh.M. BuxDU, professor

Qahhorov S.Q. BuxDU, professor

Boltayev Z.I. V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti Buxoro bo'linmasi, professor

Fayziyev Sh.Sh. BuxDU kafedra mudiri, dotsent

Dilmurodov E.B. BuxDU kafedra mudiri, PhD

Durdiev U.D. BuxDU kafedra mudiri, dotsent

Mirzayev M.S. BuxDU kafedra mudiri, PhD

Nuriddinov J.Z. BuxDU Fizika-matematika fakulteti dekan o'rinbosari, PhD

Turdiev H.H. BuxDU, PhD

Bozorov Z.R. V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti Buxoro bo'linmasi, PhD

DASTURIY QO‘MITA

Rais:

Durdiev D.K. V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti Buxoro
bo‘linmasi mudiri, professor

Members of the organizing committee

Laqayev S.N. SamDU kafedra mudiri, akademik
Muqimov K.M. O‘zR FA akademigi
G‘ulomov K.G. O‘zR FA akademigi
Karchevsky L.A. Sobolov nomidagi matematika instituti, professor
Mutti-Ur Rehman Sukkur IBA universiteti, professor
Xaxo‘jayev A.M. V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti
Samarqand bo‘linmasi mudiri, professor
Ikromov I.A. V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti
Samarqand bo‘linmasi mudiri, professor
Imomkulov S.A. Navoiy davlat pedagogika instituti, professor
Imomov A.A. Qarshi davlat universiteti, professor
Rasulov X.R. Buxoro davlat universiteti, dotsent
Mamurov B.J. Buxoro davlat universiteti, dotsent
Merojova Sh.B. Buxoro davlat universiteti, PhD
Raxmonov A.A. V.I.Romanovskiy nomidagi matematika instituti Buxoro
bo‘linmasi, PhD
Raxmatov I.I Buxoro davlat universiteti, dotsent
Saidov Q.S Buxoro davlat universiteti, dotsent
Niyazxonova B.E Buxoro davlat universiteti, dotsent

Kotibiat:

Xudayarov S.S., Turdiev H.H., Ochilov L.I, Qodirov J.R.

Konferensiya tashkilotchisi:

Buxoro davlat universiteti Fizika-matematika fakulteti

IV SHO‘BA: HISOBLASH MATEMATIKASI VA MEKANIKA
СЕКЦИЯ №4: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА
SECTION No.4: COMPUTATIONAL MATHEMATICS AND MECHANICS

ARRALI AJRATKICHNING TOZALASH SEKSIYASIDA
HARAKATLANAYOTGAN CHIGITNI TADQIQ QILISH

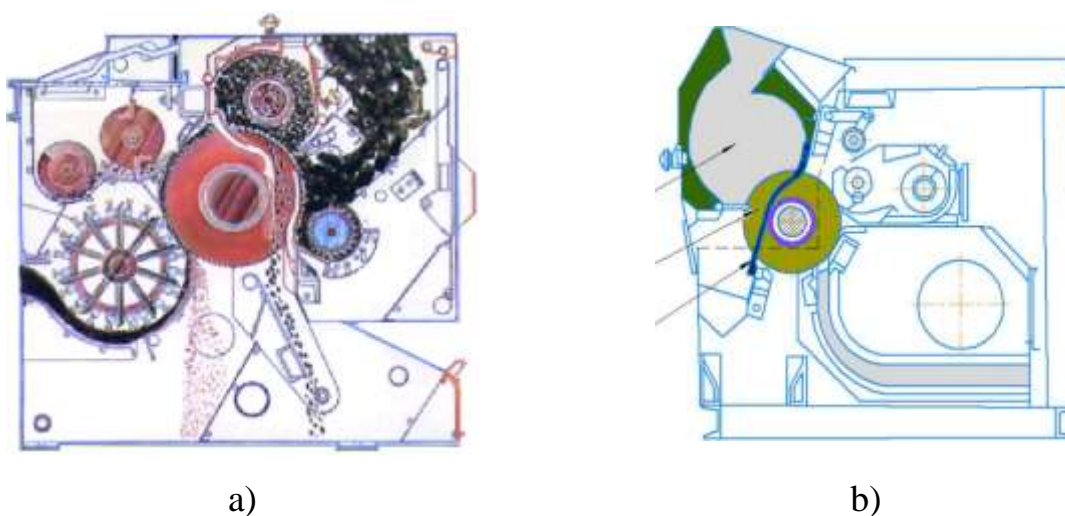
Axmedov X.A, Abdisalomov M.S, Omonov Z.J.

O‘zR FA Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti

E-mail: Hamidulla009@inbox.ru, mirzo_abdisalomov@mail.ru

Zarshidomonov@mail.ru

Paxta tozalash mashinalarini O‘zbekiston va AQSh, shuningdek Amerika patentlari bo‘yicha Hindiston va Xitoy mashinasozlik zavodlari ishlab chiqaradi [1-3]. Ma‘lumki, O‘zbekiston paxta tozalash korxonalarida foydalanilayotgan arrali jin mashinalari ancha samarali, tayyorlashda arzon va sodda konstruktiv agregatlar va mexanizmlarga ega (1-rasm). Lekin paxtani ta‘minlagichdan xorijiy arrali jinlar kabi arrali silindr yuzasiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri yutkazilib berilmaydi. Paxtani xom ashyo valigi orqali arrali silindr yuzasiga yetkaziladi. Bu esa xom ashyo valigini og‘irligi va zichligini oshib ketishiga ortib ketadi. Natijada arrali silindrga tushadigan bosimni ortishi oqibatida elektr energiya sarfi ortib ketadi.

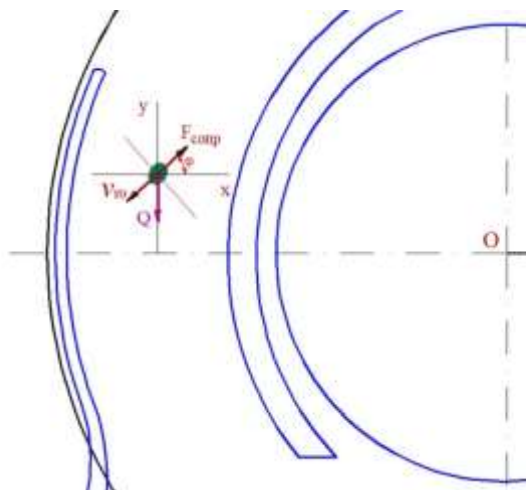


1-rasm. AQShda ishlab chiqariladigan 201- arrali jin “Continental eagle” (a) va mahalliy 4DP-130 (b) arrali jin ko‘ndalang kesim ko‘rinishlari.

Bu muammolarni yechish uchun mahalliy jinlarni ishchi kamerasini umumiy o'lchamlardan kelib chiqqan holdi o'zgartirish kerak. Buning uchun 320 mm diametriga ega bo'lgan mahalliy jin ishchi kamerasiga tozalash seksiyasini loyihalash lozim.

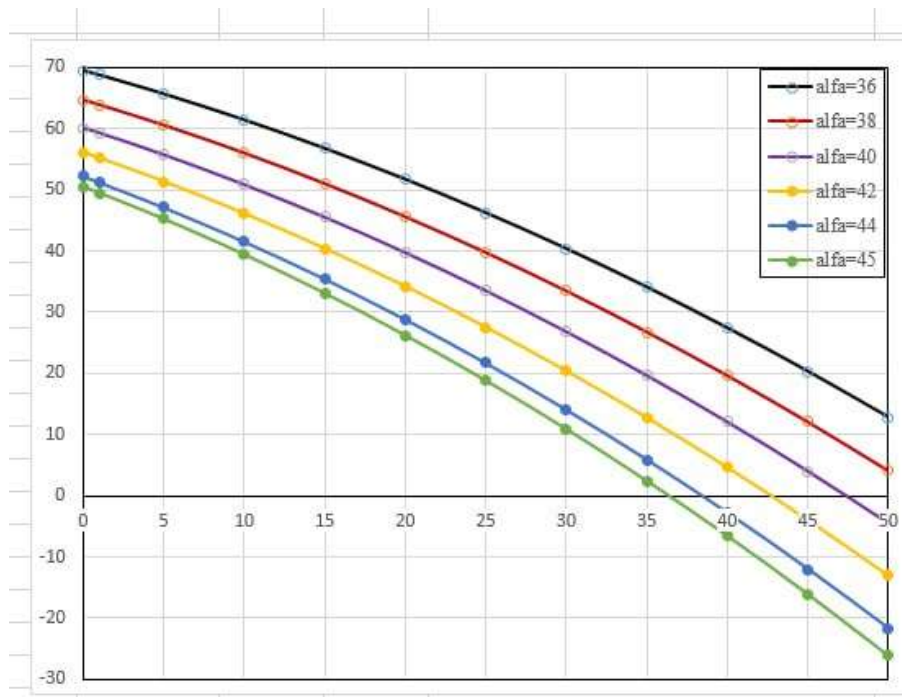
Xorijiy jin mashinasi arralari diametri 405 mm bo'lgani uchun tozalash seksiyasi kolosnigini kameraga joylashtirish muammo bo'lmaydi. Ammo mahalliy jinlarni arralari diametri kichik bo'lganligi sababli tozalash kamerasi kolosnigini toladan tozalangan chigitni kameradan oson chiqib ketishini ta'minlash uchun arra diametriga va chigitni harakatiga mos ravishda loyihalash kerak [4-6].

Buning uchun chigitni yangi konstruksiyali kolosnik yuzasidan uchib chiqib tozalash seksiyasi kolosnik yuzasiga kelib tushishgacha bo'lgan harakati va kolosnik yuzasidagi chigitni harakatini o'rganish orqali tozalash seksiyasiga kolosnikni o'lchamlari va uni ishchi kamerada joylashishini aniqlash mumkin.



3-rasm. Kolosnik yuzasidan ajralib chiqqan chigit harakatining hisobiy sxemasi

Kolosnik yuzasidan ajralib chiqqan chigit harakatining hisobiy sxemasi (3-rasm) m massa, gorizontaal o'q bo'yicha $\varphi_1(\omega t + \varphi_0)$ tushish burchagidagi kolosnik yuzasidan V_{ro} tezlik bo'yicha uchib chiqish va t vaqt bo'yicha S ko'chishdan tashkil topgan.



2-rasm. Chigitning tozalash kamerasida harakatlanish traektoriyasi

Chigitni kolosnik yuzasidan ajralib chiqish burchagiga mos ravishda uni tozalash kamerasi bo‘ylab harakatini mos koordinata o‘qlari bo‘yicha o‘rganildi (2-rasm). Arrali jin tozalash kamerasi kolosnigini kinematikasi va o‘lchamlarini nazariy tadqiq qilish natijasida chigit harakatidan foydalanib (kolosnik egrilik radiusi – 84 mm, gorizantal o‘qqa nisbatan buralish burchagi – $\alpha=80^\circ$) tashlash zonasida chigitning nisbiy tezligi 0,97 -1,0 m/s ekanligi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Paxtani dastlabki ishlashning muvofiqlashtirilgan texnologiyasi. PDI 70-2017. “Paxtasanoat ilmiy markazi” AJ. Toshkent, 2017. – 94 b.
2. Pervichnaya obrabotka xlopka-syrsa. Uchebnoe posobie / Pod obshchey red. Zikriyoeva E.Z.- Tashkent: Mexnat, 1999. – 398 s.
3. http://www.lummus.com/tech_saw_gins
4. The Journal of Cotton Science 21:69 2017. <http://journal.cotton.org>

BIRJINLIMAS G'OVAK MUHITLARDA KO'P BOSQICHLI KINETIKA TENGLAMASI ASOSIDA SUSPENZIYA SIZISHI JARAYONINING MATEMATIK MODELI

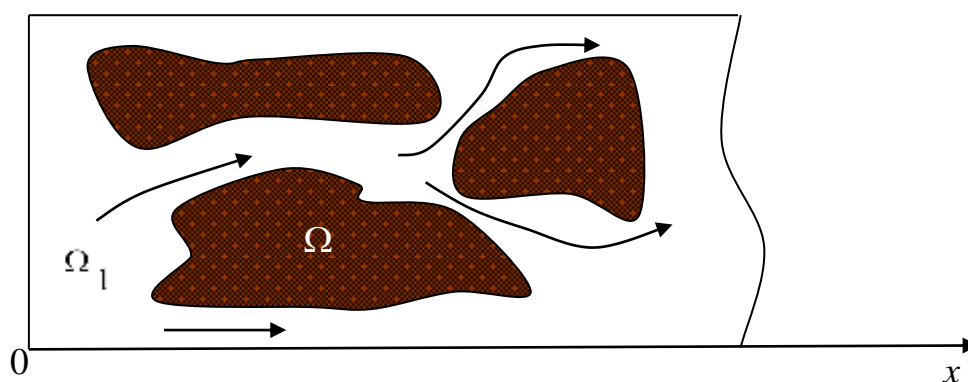
S.Ahatqulov, J.Mahmudov

Samarqand davlat universiteti

Email: salohiddinahatqulov95@gmail.com, j.makhmudov@inbox.ru

So'nggi paytlarda turli ifloslantiruvchi moddalarni (aralashmalarni) suv bilan birga yer osti suv havzalariga (o'tkazuvchan qatlamlarga) yuborish yo'li bilan utilizatsiya qilish masalalari tobora dolzarb bo'lib bormoqda. Usulning texnik jihatdan amalga oshirilishi jarayon ko'rsatkichlarini baholash va hisoblash usullarini ishlab chiqish bilan chambarchas bog'liq bo'lib, bu o'z navbatida xavfni ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan baholash imkonini beradi. G'ovak muhitda modda ko'chishini o'rganish neft qazib olishning ikkilamchi va uchinchi darajali usullarini tahlil qilish va loyihalash, yer osti suvli qatlamlarini tavsiflash, kollektorlarni yer ostidan yuvish va boshqalar nuqtai nazaridan ham muhimdir

Ushbu ishda biz ikki zonali muhitda modda ko'shishi muammolarini ko'rib chiqamiz. G'ovak muhit ikki zonali: 1) m_1 g'ovaklikka ega bo'lgan zona, bu yerda suyuqlik mobil, ya'ni harakatda 2) suyuqlik harakatsiz va g'ovakligi m_2 bo'lgan zona (1-rasm).



1-rasm. Ikki zonali g'ovak muhit: suyuqlik harakatda (Ω_1) va statsionar suyuqlik mavzud zonalar (Ω_2).

Massa saqlanish qonunu Ω_1 zonada quyidagicha yozish mumkin [86, 87, 88, 89]

$$m_1 \frac{\partial c}{\partial t} + v \frac{\partial c}{\partial x} + m_2 \frac{\partial N}{\partial t} + \beta \frac{\partial S}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \quad (1)$$

bu erda c - moddanning konsentratsiyasi, m^3/m^3 , v - filtrlash tezligi, m/s, N - Ω_2 zonadagi moddanning konsentratsiyasi, S - adsorbsiyalangan moddanning konsentratsiyasi, m^3/kg , β - g'ovak muhitning umumiy zichligi, kg/m^3 .

(1) da $\frac{\partial N}{\partial t}$ had Ω_1 zonadan moddanning diffuziya natijasida Ω_2 ga o'tkazilishini tavsiflaydi. B u erda biz massa uzatish birinchi darajali kinetik jarayon sifatida aniqlanganda yondashuvdan foydalanamiz [1, 2]. Shunday qilib, massa almashinuvi kinetik tenglamasi quyidaicha aniqlanadi

$$\alpha \frac{\partial N}{\partial t} = kc - N. \quad (2)$$

Moddanning adsorbsiyalanishi Ω_1 zonada sodir bo'ladi, uning kinetikasi, quyidagicha

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \begin{cases} k_1 \frac{m_1}{\beta} c, & S \leq S_1 \\ k_1 \frac{m_1}{\beta} c - k_2 S, & S_1 < S < S_0. \\ 0, & S = S_1 \end{cases} \quad (3)$$

Moddanning doimiy konsentratsiyasi c_0 ga ega bo'lgan suyuqlik, vaqtning boshlang'ich momentidan boshlab toza (moddasiz) suyuqlik bilan to'yingan muhitga haydalishini qaraymiz. Masalaning boshlang'ich va chegaraviy shartlari shaklga ega

$$c(0, x) = 0, \quad N(0, x) = 0, \quad S(0, x) = 0, \quad c(t, 0) = c_0, \quad c(t, \infty) = 0. \quad (4)$$

(1) - (4) masalani yechishda chekli ayirmalar usulidan foydalanamiz [3]. Ko'rib chiqilayotgan hududda $\Omega = \{(t, x), 0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq \infty\}$ quyidagicha to'r kiritamiz

$$\bar{\omega}_h = \left\{ (t_j, x_i); t_j = \tau j, x_i = ih, \tau = \frac{T}{J}, i = \overline{0, I}, j = \overline{0, J} \right\},$$

(1-3) tenglamalar quyidagicha approksimatsiya qilinadi:

$$m_1 \frac{c_i^{j+1} - c_i^j}{\tau} + v \frac{c_{i+1}^{j+1} - c_{i-1}^{j+1}}{2h} + m_2 \frac{N_i^{j+1} - N_i^j}{\tau} + \beta \frac{S_i^{j+1} - S_i^j}{\tau} =$$

$$= D \frac{c_{i-1}^{j+1} - 2c_i^{j+1} + c_{i+1}^{j+1}}{h^2}, \quad (5)$$

$$\alpha \frac{N_i^{j+1} - N_i^j}{\tau} = k c_i^j - N_i^{j+1}, \quad (6)$$

$$\frac{S_i^{j+1} - S_i^j}{\tau} = k_1 \frac{m_1}{\beta} c_i^j - k_2 S_i^{j+1}. \quad (7)$$

Masala chekli ayirmalar usulini qo'llagan holda yechildi. Olingan natijalar asosida turli grafiklar chizildi. Natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, muhitga moddalarning kirib kelishi tufayli vaqt o'tishi bilan rezervuar bo'ylab harakatlanadigan, c , S , N uchta maydon hosil bo'ladi. Kollektorning har bir nuqtasida, shu jumladan $x=0$ nuqtasida adsorbsiyalangan modda konsentratsiyasining ortishi va ichki massa o'zgarishini kuzatish mumkin. Parametrning turli qiymatlari uchun tuzilgan (boshqa parametrlar o'zgarmagan holda) natijalarni solishtirilgan.

Ishning asosiy natijasi birjinlimas g'ovak muhitlarda jarayonining matematik modeli o'tirib qolishi va qayta suyuqlik oqimiga qo'shilishi kinetikasi ko'p bosqichli bo'lgan hol qaralgan va model takomillashtirilgan. Kompyuter eksperimentlari o'tkazish uchun dasturiy vosita yaratilgan, va parametrlaning turli qiymatlari uchun natijalar olingan.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Baker, L.E., Effects of dispersion and dead-end pore volume in miscible flooding // Soc. Petr. Eng. J., 1977, №17, Pp. 219-227.
2. Coats, K. H. and Smith, B. D., Dead-end pore volume and dispersion in porous media // Soc. Pet. Eng. J. 1964. No. 4. Pp. 73 - 84.
3. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1977. - 656 с.

ТЕОРЕТИКОЧИСЛОВЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ОДНОМЕРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА ВТОРОГО РОДА В КЛАССЕ $E_1^\alpha(C)$

¹И.М. Абираев, ²Ф.М. Шукуров, ³У.Ш. Ибрагимов.

¹Кандидат Физ.мат. наук. Денауский институт предпринимательства и педагогике. Эл.почта: imamali.abirayev@gmail.com

^{1,2}Магистр Денауский институт предпринимательства и педагогике.

Сочетая метод итерации с методом оптимальных коэффициентов, рассмотрим приближенное решение следующей системы интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода

$$y_i(x) = f_i(x) + \lambda \sum_{j=1}^q \int_0^1 K_{ij}(x, t) y_j(t) dt, \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Для решение (1) приведем некоторые вспомогательные утверждения и определения.

Определение 1. Будем говорить, что функция $f(x_1, x_2, \dots, x_s)$ принадлежит классу E_s^α , если выполняется оценка

$$|C_f(m_1, \dots, m_n)| \leq O((\bar{m}_1, \dots, \bar{m}_n)^{-\alpha}),$$

где α — действительное число, больше единицы, и константа в символе "O" не зависит от m_1, \dots, m_n . В тех случаях, когда нужно указать величину этой константы, будем вместо E_s^α нап истаь $E_s^\alpha(C)$ и заменять оценку неравенством

$$|C_f(m_1, \dots, m_n)| \leq \frac{C}{(\bar{m}_1, \dots, \bar{m}_n)^\alpha}.$$

Определение 2. Целые a_1, \dots, a_n называется оптимальными коэффициентами по модулю N , если существуют константы $\beta = \beta(n)$ и $C_0 = C_0(n)$ такие, что для некоторой бесконечной последовательности значений N выполняется неравенство

$$\sum_{m_1, \dots, m_n = -(N-1)}^{N-1} \frac{\delta_N(a_1 m_1 + a_n m_n)}{\bar{m}_1, \dots, \bar{m}_n} \leq C_0 \frac{\ln^\beta N}{N},$$

где штрих в сумме означает, что суммирование ведется по всем

$(m_1, \dots, m_n) \neq (0, \dots, 0)$. В этом случае константа β называется индексом оптимальных коэффициентов.

Определение 3. Сетки вида

$$M_{nk} = \left(\left\{ \frac{a_1 k}{N} \right\}, \dots, \left\{ \frac{a_n k}{N} \right\} \right), \quad k = 1, 2, \dots, N,$$

в которых величины a_1, \dots, a_n являются оптимальные коэффициенты по модулю N , будем называть параллелепипедальными стеками. Здесь $\{x\}$ означает дробную долю числа x .

Пусть в системе уравнений (1) свободный члены и ядра удовлетворяют условиям:

$$f_i(x) \in E_1^\alpha(C_1), \quad K_{ij}(x, t) \in E_2^\alpha(C_2) \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Пусть N - растущее натуральное число и $|\lambda| < \left(\frac{3\alpha q A^2 C_2}{2(\alpha-1)} \right)^{-1}$

Натуральные числа N_1 и M определяем следующим образом

$$N_1 = \left[N^{\frac{1}{2}} \log^{\frac{-\beta}{2}} N \right], \quad M = \left[\frac{(\alpha-1) \log N - (\alpha\beta - \beta + 2) \log \log N}{2(\log \log N - \log(|\lambda| q A^2 C_2))} \right].$$

Имеет место следующая:

Теорема 1. Пусть $N \geq 2^\alpha$, $\alpha > 1$, выполняются условия (2).

Тогда для решения системы (1) справедливы равенства

$$y_i(x) = f_i(x) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^M \lambda^n \sum_{k=1}^N \Phi_{in}(x, M_{kn}) + R_N \quad i = \overline{1, q},$$

где $R_N = \theta D N^{-\frac{\alpha-1}{2}} \log^{0.5(\alpha-1)\beta + M-1} N$, $|\theta| < 1$, $D = D(\alpha, \lambda, q, A, C_1, C_2)$ - постоянная, не зависящая от N .

ЛИТЕРАТУРА

1. Коробов Н.М. Применение теоретико-числовых сеток в интегральных уравнениях и интерполяционных формулах // Тр. Матем.Ин-та АН СССР, - М.:1961, 60, С. 195-210.
2. Коробов Н.М. Приближенное вычисление кратных интегралов с помощью методов теории чисел // ДАН СССР, -М.:1957, 115, № 6 С.1062-1065.

3. Исраилов М.И., Шадиметов Х.М. Оптимальные коэффициенты Весовых квадратурных формул для сингулярных интегралов типа Коши // ДАН УзССР. 1991. №11. С. 7-9.
4. Асанов, Авыт Приближенное вычисление линейного интегрального уравнение Вольтерра-Стилтьеса второго рода обобщенным методом трапеции. Молодой ученый. -2014.-№ 6(65).-С. 3-9.
5. Абдурашидов А.А. Приближенное решение линейных и нелинейных интегральных уравнений Вольтерра методом вариационных итераций. Молодой ученый. -2017.-№6(140) С.8-12.

СОБСТВЕННЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В ВЯЗКОУПРУГОЙ СРЕДЕ

Ш.Н. Алмуратов, Н.К. Эсанов, Ж.Ш. Намозов, И.М. Каримов.

Ташкентский химико-технологический институт

Бухарский государственный университет

Email: safarov54@mail.ru

Рассмотрена задача о характерных колебаниях деформируемого сферического тела, взаимодействующего с бесконечной вязкоупругой средой, радиальных, крутильных и сфероидальных характерных колебаний сферического тела.

Волна, распространяющаяся в среде, состоит из суммы падающей и отраженной волн. Они удовлетворяют волновым уравнениям (с комплексными коэффициентами или операторными коэффициентами). Данная задача удовлетворяет сферической системе координат (r, θ, ϕ) . В качестве примера рассмотрим задачу о динамическом напряженно-деформированном состоянии под действием гармонической волны на сферическое тело, косимметричное относительно оси Oz. На бесконечности ставятся условия поглощения Зоммерфельда.

Радиальные колебания. При радиальных колебаниях сферического тела $\sigma_{rr1} = \sigma_{rr2}$, $u_{r1} = u_{r2}$ ставятся условия жесткого контакта и условия поглощения энергии Зоммерфельда на бесконечности. В этом случае частотное уравнение радиальных колебаний сферического тела имеет вид

$$z_p z_{sp} z_\omega \operatorname{ctg}(z_p z_{sp} z_\omega) = 1 - \frac{z_\omega}{z_\rho} \frac{1 + iz_{sp} z_\omega}{z_\omega^2 + 4\left(\frac{1}{z_\mu} - 1\right)(1 + iz_{sp} z_\omega)}, \quad (1)$$

где $z_\omega = \omega R / c_{s2}$ - безразмерная частота; $z_s = ((c_{s2} \sqrt{\Gamma_{sk2}}) / (\sqrt{\Gamma_{sk1}} c_{s1}))$; $z_\mu = \bar{\mu}_2 / \bar{\mu}_1 = \rho z_s$; $z_{sp} = c_{s2} / c_{p2}$; $z_p = c_{p2} / c_{p1}$, $z_\rho = \rho_2 / \rho_1$.

Уравнение (1) решается численным методом (Мюллер). Решение уравнения (1) будут комплексные ($z_\omega = z_{\omega R} + iz_{\omega I}$) величиной. Его действительная часть $z_{\omega R}$ представляет собой частоту колебаний, а мнимая часть $z_{\omega I}$ представляет собой процесс затухания. Если $z_\mu \rightarrow 0$ (радиальное колебание сферы) и $z_\mu \rightarrow \infty$ (сферическая полость в деформируемой среде), то получаем следующее уравнение

$$z_\omega \operatorname{ctg}(z_\omega) = 1 - \frac{z_\omega^2}{4z_{sp}^2}, \quad z_\omega^2 - 4iz_\omega - 4 = 0. \quad (2)$$

Крутильные колебания. Крутящий момент находится при вибрации $u_r = 0$ и $\operatorname{div} \bar{u}$ не учитывается. Оно принимает форму частотного уравнения

$$\begin{aligned} C_{m1} h_n(k_{s1} R) &= C_{m2} j_n(k_{s2} R), \\ \mu_1 C_{m1} [(n-1)h_n(k_{s1} R) - (k_{s1} R)h_{n+1}(k_{s1} R)] &= \\ &= \mu_2 C_{m2} [(n-1)j_n(k_{s2} R) - (k_{s2} R)j_{n+1}(k_{s2} R)] \end{aligned} \quad (3)$$

Из условия существования нетривиального решения однородных алгебраических уравнений (3) получим трансцендентное уравнение, в котором частоты крутильных колебаний находятся по его главному определителю, приравниваем к нулю

$$[n-1-G_i(z_s)] - z_\mu [n-1-G_h(z_\omega)] = 0, \quad (4)$$

где $G_i(t) = t j_{n+1}(t) / j_n(t)$, $G_h(t) = t h_{n+1}(t) / h_n(t)$.

Если $z_\mu \rightarrow 0$, то получим уравнение частоты крутильных колебаний сферы $n-1-G_i(z_s)=0$.

Сфероидальные колебания. Для получения трансцендентного уравнения (частотного уравнения), описывающего такие колебания, радиальная составляющая смещения $rot \vec{u}$ должна быть равна нулю. В данном случае он имеет вид определителя согласно частотному уравнению, представляющему сфероидальные колебания

$$\begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} \end{vmatrix} = 0, \quad (5)$$

Ее элементы $c_{ij}(i=1,2,3,4; j=1,2,3,4)$ будут следующими:

$$c_{11} = n - G_i(z_p z_{sp} z_\omega), \quad c_{12} = n(n+1), \quad c_{13} = n - G_h(z_{sp} z_\omega), \quad c_{14} = n(n+1),$$

$$c_{21} = 1, \quad c_{22} = n+1 - G_i(z_s z_\omega), \quad c_{23} = 1, \quad c_{24} = n+1 - G_h(z_\omega),$$

$$c_{31} = n^2 - n - \frac{1}{2}(z_s z_\omega)^2 + 2G_i(z_p z_{sp} z_\omega), \quad c_{32} = n(n+1)[n-1 - G_i(z_s z_\omega)],$$

$$c_{33} = n^2 - n - \frac{1}{2}z_\omega^2 + 2G_h(z_{sp} z_\omega), \quad c_{34} = n(n+1)[n-1 - G_h(z_\omega)],$$

$$c_{41} = n-1 - G_i(z_p z_{sp} z_\omega) \quad c_{42} = n^2 - 1 - \frac{1}{2}(z_s z_\omega)^2 + G_i(z_s z_\omega),$$

$$c_{43} = n-1 - G_h(z_{sp} z_\omega), \quad c_{44} = n^2 - 1 - \frac{1}{2}z_\omega^2 + G_h(z_\omega).$$

где $z_p = ((c_{p2} \sqrt{\Gamma_{pk2}}) / (\sqrt{\Gamma_{pk1} c_{p1}}))$ - соотношение продольных волн (внутри и снаружи сферического тела), $z_{sp} = ((c_{s2} \sqrt{\Gamma_{sk2}}) / (\sqrt{\Gamma_{pk2} c_{p2}}))$ - отношение поперечных волн. Корни данных уравнений можно найти только численными методами. Численные расчеты получены для параметров сферического тела и среды $A_1 = 0.01, A_2 = 0.048, \beta_1 = \beta_2 = 0.05, \alpha_1 = \alpha_2 = 0.1, \beta = E_1 / E_2$ в зависимости от параметра: $1. R_{r_0} = a / r_0 = 5.0; 2. R_{r_0} = a / r_0 = 10$. Изменение вязкости $\beta = E_1 / E_2$ сферического тела обеспечивает немонотонность изменения частоты.

Таким образом, в данной главе был рассмотрен вопрос о характерных колебаниях сферического тела в вязкой упругой среде. Если $\beta = 1.0$

погасание сферы достигает максимального значения. Разработаны методика и алгоритм исследования характерных демпфирующих колебаний деформируемого сферического тела при взаимном контакте с вязкоупругой средой с учетом поглощения волн на бесконечности. Разработанный метод позволяет определять динамическое состояние сферического тела в условиях вязкоупругой среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Safarov.I.I., Kulmurotov.N.R., Ishmamatov.M.R., Almuratov Sh.N., Axmedov.N.B.. On the dynamic stressed-deformed state of isotropic rectangular plates on an elastic base with vibration loads // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science, Philadelphia. – 2020. – Vol.107, Issue:09 (113), P. 362-367

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ДЕФОРМИРУЕМОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Бурнашев В.Ф.¹, Кайтаров З. Д.¹, Хасанов С. Ч.²

¹Самаркандский государственный университет

²Термез государственный университет

z.qaytarov@samdu.uz

Моделирование течения вязкой жидкости в пористой деформируемой среде имеет множество практических приложений в различных областях [1]. Ранние исследования рассматривали течение жидкости через уплотненные участки песка [2], [3]. Позднее эти работы были расширены за счет учета анизотропии сжимаемой среды [4] и рассмотрения распространения волн в деформируемой среде [1]. В данной работе исследуются изменения характеристик двухфазного течения, происходящие в среде при различных давлениях в нефтяных скважинах.

Математическая модель двухфазной фильтрации в деформируемой пористой среде имеет следующий вид:

Закон сохранения массы для фазы

$$\frac{\partial}{\partial t}(m\rho_o s_o) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_o u_o) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(m\rho_w s_w) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_w u_w) = 0 \quad (2)$$

где s_o , s_w - насыщенности порового пространства нефтью и воды, ρ_o , ρ_w - плотности нефтяной и водной фазы, m - пористость, u_o , u_w - скорости нефтяной и водной фазы.

Положим $\rho_o = const$, $\rho_w = const$ и перепишем уравнение (1) - (2) в следующем виде.

$$\frac{\partial}{\partial t}(ms_o) + \frac{\partial}{\partial x}(u_o) = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(ms_w) + \frac{\partial}{\partial x}(u_w) = 0, \quad (4)$$

Скорости фильтрации фаз по закону Дарси

$$u_o = -\frac{Kk_o}{\mu_o} \frac{\partial p}{\partial x}, \quad u_w = -\frac{Kk_w}{\mu_w} \frac{\partial p}{\partial x}, \quad (5)$$

где K , k_o , k_w - абсолютная и относительные фазовые проницаемости, μ_o - вязкость нефти, μ_w - вязкость воды, p - давление.

Изменение пористости [5]

$$m = m_0 + \beta_m (p - p_0), \quad (6)$$

где p_0 - фиксированная давления, m_0 - коэффициент пористости при $p = p_0$, β_m - коэффициент упругости пласта.

Изменение абсолютной проницаемости

$$K = K_0 (1 - a_K (p_0 - p)), \quad (7)$$

где a_K - коэффициент проницаемости, K_0 - начальная абсолютная проницаемость

Добавим к системе уравнений очевидное равенство

$$s_o + s_w = 1, \quad (8)$$

зависимости для вязкостей

$$\mu_o = const, \quad \mu_w = const \quad (9)$$

и относительных фазовых проницаемостей[5]

$$k_o = \begin{cases} \left(\frac{0,85 - s_w}{0,8} \right)^{2,8} \cdot (1 + 2,4 \cdot s_w), & 0 \leq s_w \leq 0,85, \\ 0 & 0,85 \leq s_w \leq 1; \end{cases} \quad (10)$$

$$k_w = \begin{cases} 0 & 0 \leq s_w \leq 0,85, \\ \left(\frac{s_w - 0,2}{0,8} \right)^{3,5}, & 0,85 \leq s_w \leq 1; \end{cases} \quad (11)$$

Для вывода уравнения для давления просуммируем уравнения (3)-(4) и, используя уравнения (5), (6) и (8), мы получим

$$\beta_m \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\frac{Kk_o}{\mu_o} + \frac{Kk_w}{\mu_w} \right) \frac{\partial p}{\partial x} \right]. \quad (12)$$

Задавая начальные

$$p(x,0) = p^0, \quad s_o(x,0) = s_o^0, \quad s_w(x,0) = s_w^0 \quad (13)$$

и граничные условия

$$\begin{aligned} p(0,t) = p_0, \quad p(l_1,t) = p_1^*, \quad p(l_2,t) = p_2^*, \quad p(L,t) = p_0 \\ s_o(0,t) = s_o^*, \quad s_w(0,t) = s_w^*, \quad s_o(L,t) = s_o^{**}, \quad s_w(L,t) = s_w^{**}, \end{aligned} \quad (14)$$

где l_1 – координата первой скважин, l_2 – координата второй скважины, L – длина области фильтрации, p_1^* – забойное давление первой скважины, p_2^* – забойное давление второй скважины, s_o^* и s_w^* – нефтенасыщенность и водонасыщенность на левой границе, s_o^{**} и s_w^{**} – нефтенасыщенность и водонасыщенность на правой границе, получим замкнутую систему уравнений (3) – (14), описывающих двухфазную фильтрацию в деформируемой пористой среде.

Для решения задач (3)-(14) мы применим метод крупных частиц. В начальной фазе производится расчет давлений и фазовых скоростей. Затем,

на последующем этапе, мы определим пористость, абсолютную проницаемость и фазовые проницаемости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. M. Biot, Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media // Journal of Applied Physics 33 (1962) 1482–1498.Pp.
2. Terzaghi, K. (1925) Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischen Grundlagen. Wien, Deuticke.
3. Biot, M. A. (1941) General theory of three-dimensional consolidation. J. Appl. Phys. 12, 155-164.
4. Biot, M. A. (1955) Theory of elasticity and consolidation for a porous anisotropic solid. J. Appl. Phys. 26, 182-185.
5. Басниев К. С, Кочин И. Н., Максимов В. М. Подземна гидромеханика: Учебник для вузов.-М.: Недра, 1993.— 416 с: и ISBN 5-247-02323-4

МАГНИТОУПРУГОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

¹Индиаминов Р.Ш., ²Холжигитов С.М., ³Юсупов Н.Қ.

¹доктор физико-математических наук, профессор Самаркандского филиала
Ташкентского университета информационных технологий
Самарканд, Узбекистан, e-mail: r_indiaminov@mail.ru

²преподаватель Джизакский государственный педагогический университет,
e-mail: Sobirjon2020@inbox.ru

³соискатель Ташкентского университета информационных технологий

Развитие исследований в теории магнитоупругости связано с решением многих важных задач современной техники. В современных технологиях все чаще используются конструкционные материалы, которые в недеформированном состоянии являются анизотропными. Электрические и магнитные свойства кристаллов из разных систем и классов существенно отличаются, и это необходимо учитывать при их исследовании.

Рассмотрим нелинейное поведение ортотропной токнесущей конической оболочки из бериллия переменной толщины, изменяющейся в меридиональном направлении по закону $h = 5 \cdot 10^{-4} \left(1 - \alpha \frac{s}{s_N}\right) \text{ м}$. Считаем, что оболочка находится под воздействием механической силы $P_\zeta = 5 \cdot 10^3 \sin \omega t \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$, стороннего электрического тока $J_{\text{ост}} = -5 \cdot 10^5 \sin \omega t \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$, и внешнего магнитного поля $B_{s_0} = 0.1 \text{ Тл}$, а также что оболочка имеет конечную ортотропную электропроводность $\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$.

В этом случае на оболочку действует комбинированное нагружение, состоящее из ponderomotorной силы Лоренца и механической силы. Предположим, что геометрические и механические характеристики тела таковы, что для описания процесса деформирования применим вариант геометрически нелинейной теории тонких оболочек в квадратичном приближении. Также предполагаем, что относительно напряженности электрического поля \vec{E} и напряженности магнитного поля \vec{H} выполняются электромагнитные гипотезы [1]:

$$\begin{aligned}
 E_1 &= E_1(\alpha, \beta, t); \quad E_2 = E_2(\alpha, \beta, t); \quad E_3 = \frac{\partial u_2}{\partial t} B_1 - \frac{\partial u_1}{\partial t} B_2; \\
 J_1 &= J_1(\alpha, \beta, t); \quad J_2 = J_2(\alpha, \beta, t); \quad J_3 = 0; \\
 H_1 &= \frac{1}{2}(H_1^+ + H_1^-) + \frac{z}{h}(H_1^+ - H_1^-); \\
 H_2 &= \frac{1}{2}(H_2^+ + H_2^-) + \frac{z}{h}(H_2^+ - H_2^-); \quad H_3 = H_3(\alpha, \beta, t).
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где u_i – компоненты вектора перемещений точек оболочки; E_i, H_i – компоненты векторов напряженности электрического и магнитного полей оболочки; J_i – компоненты вихревого тока; H_i^\pm – тангенциальные составляющие напряженности магнитного поля на поверхностях оболочки; h – толщина оболочки. Эти допущения являются некоторым

электродинамическим аналогом гипотезы недеформируемых нормалей и вместе с последней составляют гипотезы магнитоупругости тонких тел. Принятие этих гипотез позволяет свести задачу о деформации трехмерного тела к задаче о деформации выбранной произвольным образом координатной поверхности.

Разработанный методики к численному решению новых класс связанных задач магнитоупругости теории ортотропных конических оболочек вращения обладающей ортотропной электропроводностью, основан на последовательном применении конечноразностной схемы Ньюмарка, метода линеаризации и дискретной ортогонализации [1].

Проведем исследование напряженно-деформированного состояния гибких токонесущих конических оболочек переменной толщины при различных видах закрепления контуров. Задача для ортотропного конуса из бериллия переменной толщины рассчитана при различных видах закрепления оболочки. На рис. 1 показано распределение прогиба w вдоль меридиана оболочки в момент времени $t = 5 \cdot 10^{-3} c$ для трех видов закрепления контура $s = s_N$. Кривые (1,2,3) рисунка показывают распределение прогиба для соответствующих видов граничных условий 1÷3.

Из графиков видно, что скользящее закрепление контура $s = s_N$ приводит к увеличению прогиба по сравнению с вариантами 2 и 3.

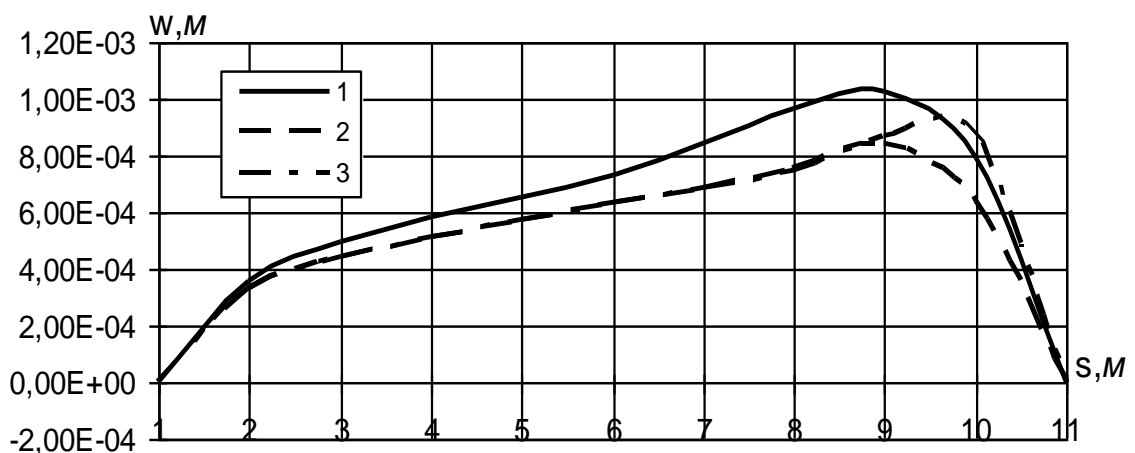


Рис. 1. Распределение w по s в момент времени $t = 5 \cdot 10^{-3} c$.

В работе рассмотрена связанная задача магнитоупругости для гибкой ортотропной конической оболочки с учетом ортотропной электропроводности. Исследуется влияние граничных условий на напряженно-деформированное состояние ортотропной оболочки.

На основе полученных результатов установлено, что во всех рассмотренных случаях максимальные значения прогиба возникают при «шарнирно-скользящем» закреплении контуров оболочки при $t = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с}$.

Исходя, из полученных результатов можно судить о влиянии граничных условий на взаимосвязанность механических и электромагнитных полей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. L.V. Mol`chenko, I.I. Loss., R.SH. Indiaminov. Determining the Stress State of Flexible Orthotropic Shells of Revolution in Magnetic Field // Int. Appl. Mech. – New York, 2008. – Vol. 44. – No.8. – P. 882 - 891.

YUQQA MIKROELEMENTNING MAGNITOELASTIK TEBRANISHI MATEMATIK MODELI

¹Indiaminov R., ²Abdullaev A., ³Shodmonov J., ⁴Zarpullayev U.X.

¹Muhammad al-Xorazmiy namidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali professori, e-mail: r_indiaminov@mail.ru

²Muhammad al-Xorazmiy namidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti assistenti, e-mail: bakir.9191@mail.ru

³Samarqand davlat universiteti Kattaqo'rg'on filiali Axborot texnologiyalari kafedrasi assistenti, e-mail: shodmonovjavohir04@gmail.com

⁴Muhammad al-Xorazmiy namidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, magistranti, e-mail: zarpullayevvuroolboy@gmail.com

Elektronika kristal elementlari, mexanika, informatika va o'lchagich tizimlarining integrallashuvi, bu texnologiyalarning birlashishiga va mikrotizimli texnikaning yaratilishiga, hamda mikroelektromagnit mexanik tizimlarning paydo bo'lishiga olib keldi. Bog'liqli maydonlar mehanikasida tutash muhit harakatini

elektromagnit effektlarni hisobga olgan holda o'rganish muhim o'rinni egallaydi. Zamonaviy yangi texnika va texnologiyalarning rivojlanishi bu effektlarni hisobga olish kerakligi zaruriyatini keltirib chiqardi.

Magnitoelastiklik hozirgi davrga kelib juda muhim amaliy samara bermoqda va zamonaviy texnikaning turli sohalariga tadbiiq qilinmoqda. Jumladan: mikrotizimli texnikada, mikroelektro-magnitomexanik tizimlarda, real konstruktiv elementlarni hisoblashlarda, zamonaviy o'lchagich tizimlarini yaratishda, shuningdek, elektron avtomatik stansiyalarning elektron boshqaruv mashinalarida va mikroelektronika, radioelektronika, elektrotexnikaning har xil sohalarida uchraydigan elektromagnit maydoni ta'siri ostida ishlaydigan yupqa plastinka va qobiq shaklidagi konstruktiv elementlar tebranishi, mustahkamligi, kuchlanganlik holatlarini tadqiq qilishda.

EHMning qo'llanish sohalaridan biri tabiatdagi turli jarayonlarni va ob'yektlarni matematik modellashtirishdir. Jarayonlarni kompyuter yordamida modellashtirish va tadqiq etish usuli turli fan sohalarida keng qo'llanilib kelmoqda. Magnit maydonida elektr o'tkazuvchi jism deformatsiyalanish jaryonini matematik modellashtirish va jismda paydo bo'ladigan elektromagnit effektlarni tadqiq qilish amaliy jixatdan muhim ahamiyatga ega.

Obyekt va jarayonlarni kompyuter yordamida tadqiq etish quyidagicha zanjirni namoyish qiladi: Obyekt –model–hisoblash algoritmi–EHM uchun dastur–hisoblash natijalari–hisoblash natijalarining taxlili– obyektning boshqarish.

Magnit maydonida tok o'tkazuvchi mikroelementning elektromagnit kuchlar ta'sirida magnitoelastik magnitoelastik tebranishi jarayoni matematik modelini quyidagicha yo'zamis [1]:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{J} + \vec{J}_{cm}, \operatorname{div} \vec{B} = 0, \operatorname{div} \vec{D} = 0. \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \rho (\vec{F} + \vec{F}^{\wedge}) + \operatorname{div} \hat{\sigma}. \quad (2)$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H}, \quad \vec{D} = \varepsilon \vec{E}. \quad (3)$$

$$\vec{J} = \sigma (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}). \quad (4)$$

$$\rho \vec{F}^\wedge = \sigma (\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}) \times \vec{B}. \quad (5)$$

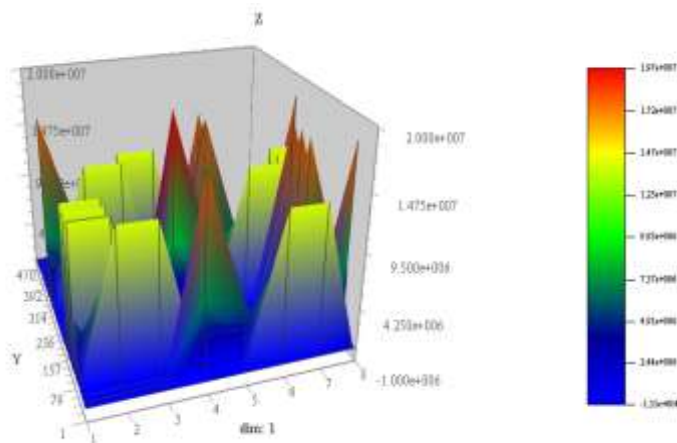
mos ravishda boshlang'ich va chegaraviy shartlar:

$$v_k (t_{ki} + \tau_{ki}) \Big|_{S_1} = [P_i + v_k \tau_{ki}^{(c)}] \Big|_{S_1}. \quad (6)$$

$$\vec{u} = 0, \quad \dot{\vec{u}} = 0, \quad \vec{B} = 0, \quad \vec{B}^{(c)} = 0, \quad \vec{H} = 0, \quad \vec{H}^{(c)} = 0. \quad (7)$$

Bu yerda \vec{E} - elektr maydoni kuchlanganligi vektori; \vec{H} - magnit maydoni kuchlanganligi vektori; \vec{D} - elektr induksiyasi vektori; \vec{B} - magnit induksiya-si vektori; \vec{J}_{cm} - begona elektr toki zichligi; \vec{F} - hajmiy kuch; \vec{F}^\wedge - hajmiy Lorens kuchi; \vec{J} - elektr toki zichligi; $\hat{\sigma}$ - ichki kuchlanish tenzori; σ, ε, μ - mos holda tok o'tkazuvchi jismning elektr o'tkazuvchanlik, dielektrik va magnit singdiruvchanlik; t_{ki} - kuchlanish tenzori; $\tau_{ki}, \tau_{ki}^{(c)}$ - jism va vakumdagi Maksvell tenzorlari; P_i - sirt kuchlari tashkil etuvchilari; v_k - birlik normal vektor komponentalari; s_1 - kuchlanishlar berilgan jism chegarasi qismi; \vec{u} - ko'chish vektori, (c) - indeks miqdorlarning tashqi muhitga tegishli ekanligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, (1), (2) munosabatlar va (3)–(5), hamda (6), (7) bilan birgalikda tok o'tkazuvchi mikroelementning elektromagnit kuchlar ta'sirida magnitoelastik magnitoelastik tebranishi jarayoni matematik modelini tashkil etadi. Toktashuvchi jism magnit maydonida harakatlenganda elektromagnit maydoni tomonidan shu jismga tasir qiluvchi hajmiy elektrodinamik kuch, yani Lorens kuchi paydo bo'ladi. Bu elektrodinamik kuchlarning yupqa toktashuvchi egiluvchan plastinka va qobiq shaklidagi mikroelementlarga tasiri juda sezilarlidir. Elektrodinamik kuchlarning mikroelementning kuchlanganlik holatiga tasirini o'rganish maqsadida boroallyuminiydan yasalgan mikroelementni magnit maydonida qaraymiz. Olingan sonly natijalar elektrodinamik kuchlarning tok o'tkazuvchi mikroelementning kuchlanganlik holatiga tasiri juda sezilarli ekanligini ko'rsatadi (1-rasm).



1-rasm. Elektrodinamik kuchlar ta`sirida yupqa mikroelementning deformatsiyalanishi

ADABIYOTLAR

1. Indiaminov, R., Narkulov, A., Butaev, R. Magnetoelastic strain of flexible shells in nonlinear statement // Journal AIP Conference Proceedings, 2021, 2365, 02 0002.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В МЕЖСКВАЖИННОЙ ЗОНЕ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА С УЧЕТОМ ДЕФОРМАЦИИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

Исроилов Р., Кайтаров З. Д.

Самаркандский государственный университет

z.qaytarov@gmail.com

Математическая модель, описывающая взаимодействие течения флюида и изменение напряженно-деформированного состояния твердого скелета, была впервые предложена в [1] для расчета коэффициента проницаемости глины. В этой работе был введен эффективный тензор напряжений, зависящий от деформации скелета и давления флюида. Основные уравнения математической модели для описания процессов в консолидированной пористой среде (модели пороупругости) были затем сформулированы в работах [2, 3]. В [2] были выведены основные уравнения линейной теории пороупругости, которые связывают напряжения в твердом

скелете с давлением флюида. Более общий случай вязко-упругих анизотропных пористых сред приведен в [3]. Дальнейшие исследования были связаны с распространением упругих волн в пористо-упругой насыщенной жидкостью среде. Практически независимо и в то же время основные уравнения для описания процессов в насыщенных пористых средах были сформулированы в [4].

Полагаем, что в процессе фильтрации в деформируемой пористой среде участвуют нефтяная и водная фаза.

Математическую модель двух фазной фильтрации в деформируемой пористой среде представим в виде:

$$\frac{\partial(m\rho_o s_o)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_o u_o) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial(m\rho_w s_w)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_w u_w) = 0, \quad (2)$$

где s_o , s_w - насыщенности порового пространства нефтяной и водной фаз, ρ_o и ρ_w - плотность нефтяной и водной фаз, m - пористость.

Законы фильтрации фаз принимаются в виде

$$u_o = -\frac{Kk_o}{\mu_o} \nabla p, \quad u_w = -\frac{Kk_w}{\mu_w} \nabla p, \quad (3)$$

где K , k_o , k_w - абсолютная и относительные фазовые проницаемости нефтяной и водной фазы, μ_o - вязкость нефтяной фазы, μ_w - вязкость водной фазы, p - давление.

В данной работе представлена математическая модель, описывающая многофазную фильтрацию в межскважинной зоне нефтяного пласта с учетом деформации пористой среды. Полученные решения в этой работе могут быть обобщены на более реалистичные случаи, например, на случай неоднородного пласта. Дальнейшее развитие модели связано с определением коэффициентов сжимаемости, которые могут быть получены

из лабораторных экспериментов, а также с уточнением описания механизма фильтрации в сжимаемой пористой среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Terzaghi, K. The shearing resistance of saturated soils / K. Terzaghi // Proc. Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng. 1st. – 1936. – P 54–55.
2. Biot, M. A. General Theory of Three Dimensional Consolidation / M. A. Biot // Journal of Applied Physics. – 1941. – Vol. 12. № 2. – P. 155–161.
3. Biot, M. A. Theory of Elasticity and Consolidation for a Porous Anisotropic Solid / M. A. Biot // Journal of Applied Physics. – 1955. – Vol. 26. № 2. – P. 182–185.
4. Френкель, Я.И. К теории сейсмических и сейсмо-электрических явлений во влажной почве / Я.И. Френкель // Изв. АН СССР. Сер. Географ, и геофиз. – 1944. –Т. 8, № 4. – С. 133–149.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ОПТИМАЛЬНОЙ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ СОБОЛЕВА $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$

Жалолов Ф.И., Исомиддинов Б.О., Нуруллаева Н.И.

Бухарский государственный университет, o_jalolov@mail.ru

Нам известно, что построение квадратурных формул, основанное на методах функционального анализа, было начато в работах А.Сарда [1] и С.М.Никольского [2], для кубатурных формул С.Л.Соболева [3].

Рассмотрим квадратурную формулу следующего вида

$$\int_{T_1} p(x) f(x) dx \approx \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda f(x^{(\lambda)}), \quad (1)$$

где $x^{(\lambda)}$ и c_λ - узлы и коэффициенты квадратурной формулы. Квадратурную формулу (1) сопоставим с обобщённой функцией

$$\ell(x) = p(x) \varepsilon_{(T_1)}(x) - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda \delta(x - x^{(\lambda)}), \quad (2)$$

и назовём её функционалом погрешности квадратурной формулы (1) .

Определение 1. Пространство $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ определяется как пространство функций, заданных одномерным T_1 - окружности длины, равной единице, и имеющих все обобщённые производные порядка m , суммируемые с квадратом [3].

Пространство $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ становится гильбертовым, если в него ввести скалярное произведение

$$\langle f(x), \varphi(x) \rangle = \int_{T_1} f^{(m)}(x) \varphi^{(m)}(x) dx + \left(\int_{T_1} f(x) dx \right) \left(\int_{T_1} \varphi(x) dx \right). \quad (3)$$

Норма определяется по формуле

$$\|f / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)\|^2 = \left(\int_{T_1} f(x) dx \right)^2 + \sum_{k \neq 0} |2\pi k|^{2m} |\hat{f}_k|^2, \quad (4)$$

где \hat{f}_k - коэффициенты Фурье т.е. $\hat{f}_k = \int_{T_1} f(x) e^{2\pi i k x} dx$.

Задача 1. Вычислить норму функционала погрешности $\ell(x)$ рассматриваемой квадратурной формулы (1).

Понятно, что норма функционала погрешности $\ell(x)$ зависит от коэффициентов c_λ и узлов $x^{(\lambda)}$. Если

$$\left\| \ell^0 | \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\| = \inf_{\lambda(x), x^{(\lambda)}} \left\| \ell | \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\|, \quad (5)$$

тогда функционал $\ell^0(x)$ называется оптимальным функционалом погрешности, а соответствующая квадратурная формула называется оптимальной квадратурной формулой. Таким образом, возникает следующая задача

Задача 2. Найти значения коэффициентов c_λ и узлов $x^{(\lambda)}$ квадратурной формулы (1) которые удовлетворяют равенству (5).

Коэффициенты c_λ и узлы $x^{(\lambda)}$, удовлетворяющие равенству (5), называют оптимальными коэффициентами и оптимальными узлами квадратурной формулы.

Как известно, задача оценки погрешности квадратурной формулы на функциях некоторого пространства B равносильна вычислению значения нормы функционала погрешности в сопряженном с B пространстве B^* или, что то же самое, нахождению экстремальной функции для данной квадратурной формулы. Для решения этой задачи в качестве B мы взяли пространство $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$.

Справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Квадрат нормы функционала погрешности квадратурной формулы (1) над пространством $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ равен

$$\left\| \ell / \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\|^2 = \left| \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \hat{p}_k - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^{2m}}, \quad (6)$$

где c_λ - коэффициенты, $x^{(\lambda)}$ - узлы квадратурной формулы вида (1).

Лемма. Квадрат нормы функции $u(x)$ в пространстве $\tilde{W}_2^{(m)*}(T_1)$ равен:

$$\left\| u / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\|^2 = \left| \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \hat{p}_k - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^{2m}}. \quad (7)$$

Равенство (7) свидетельствует о существовании $u(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ и, таким образом, оно является экстремальной функцией для интерполяционной формулы (1), т.е.

$$u(x) = \psi_\ell(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1), \quad (8)$$

для которой выполняется следующее равенство

$$|\langle \ell(x), \psi_\ell(x) \rangle| = \left\| \ell / \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\| \cdot \left\| \psi_\ell / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\|. \quad (9)$$

Тогда (9) принимает следующий вид

$$\langle \ell(x), \psi_\ell(x) \rangle = \langle \psi_\ell(x), \psi_\ell(x) \rangle \quad (10)$$

Это означает, что выполняются все условия теоремы Рисса.

Справедлива следующая

Теорема 2. Равенство (9) и (10) подтверждает, что

$$u(x) = \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\hat{\ell}_k e^{-2\pi i k x}}{k^{(2m)}}$$

является экстремальной функцией для квадратурной формулы (1) и $u(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$.

Таким образом учитывая (9), (10) и условия леммы для квадрата нормы функционала погрешности квадратурной формулы (1), имеем

$$\left\| \ell / \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\|^2 = \left| \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \hat{p}_k - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^{2m}}, \quad (11)$$

что и требовалось доказать.

На основании этой теоремы функционал погрешности квадратурной формулы (1) для функций класса $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ имеет оценку

$$|\langle \ell(x), f(x) \rangle| \leq \left\{ \left| \hat{f}_0 \right|^2 + \sum_{k \neq 0} \left| \hat{f}_k \right|^2 |2\pi k|^{2m} \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\left| \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \hat{p}_k - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^{2m}} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Отыскание минимума нормы функционала погрешности по c_β и $x^{(\beta)}$ квадратурной формулы (1) есть задача исследования функции на экстремум.

Значения c_β и $x^{(\beta)}$, реализующие этот минимум, определяют наилучшую квадратурную формулу. Основным результатом настоящей работы является

Теорема 3. В периодическом пространстве Соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ существует единственная оптимальная квадратурная формула вида (1) с функционалом погрешности (4), коэффициенты которой при $m=1$ имеют следующий вид

$$c_\beta = \frac{\hat{p}_0 + \frac{1}{(2\pi)^2} \frac{1}{N^2} \sum_{k \neq 0} \frac{\hat{p}_k}{k^2}}{N \left(\hat{p}_0 + \frac{1}{(2\pi)^2} \frac{1}{N^2} \sum_{k \neq 0} \frac{\hat{p}_k}{k^2} \right)}, \quad (12)$$

где $\beta = \overline{1, N}, N = 2, 3, \dots$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Sard. A.* Integral representations of remainders , Duke Math J. 1948. v15, 333 – 345.
- [2] *Никольский С. М.* К вопросу об оценках приближений квадратурными формулами. Успехи математических наук, 1950, Т.5, вып. [2]. (36), с. 165 – 177.
- [3] *Соболев С. Л.* Введение в теорию кубатурных формул. М.: Наука, 1974. 808 с.
- [5] *Бабушка И.* Оптимальные квадратурные формулы. ДАН СССР, 1963, т.149, №2, с.227- 229.
- [4] *Рамазанов М. Д.* Периодическая оптимальная кубатурная формула на пространстве
- [5] *Hayotov A. R., Babaev S. S.* Optimal quadrature formulas for computing Fourier integrals in a Hilbert space. Problems of computational and applied mathematics, 2020, No.4, pp 73-85
- [6] *Шадиметов Х. М., Жалолов Ф. И.* О построении наилучших квадратурных формул в пространстве С.Л.Соболева. Материалы международного конгресса. Алма – Аты. 30 июнь – 4 июль. 2009
- [7] *Шадиметов Х. М., Жалолов Ик. И.* Оптимальная квадратурная формула в пространстве Соболева. Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2016. – №2. – С. 94-102.

АЛГОРИТМ СОБОЛЕВА О НАХОЖДЕНИИ НЕИЗВЕСТНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ ХЁРМАНДЕРА

Жалолов Ик.И.

Ташкентский государственный транспортный университет

o_jalolov@mail.ru

С.Л.Соболев, исследуя дискретную задачу типа Винера – Хопфа, доказал существование и единственность решения этой задачи и дал

алгоритм для нахождения оптимальных коэффициентов кубатурных формул. Исследования оптимальных квадратурных и кубатурных формул в других пространствах проводились в работах [4-11].

Настоящая работа посвящена нахождению в явном виде неизвестных функций для нахождения оптимальных коэффициентов квадратурных формул в пространстве Хёрмандера $H_2^\mu(R)$ при $m=1,2$.

Определение1. Пространство Хёрмандера $H_2^\mu(R)$ определяется как замыкание бесконечно дифференцируемых функций, заданных в R и убывающих на бесконечность быстрее любой отрицательной степени в норме [11]

$$\|f(x)|_{H_2^\mu(R)}\| = \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \left| F^{-1} \left[(1+y^2)^{m/2} \cdot F[f(x)](y) \right] \right|^2 dx \right\}^{1/2}.$$

Скалярное произведение в $H_2^\mu(R)$ определяется как:

$$\langle \varphi(x), \psi(x) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} F^{-1} \left[(1+y^2)^{m/2} \cdot F[\varphi(x)](y) \right] \cdot F^{-1} \left[(1+y^2)^{m/2} \cdot F[\psi(x)](y) \right] dx.$$

Рассмотрим квадратурную формулу вида

$$\int_0^1 p(x)f(x)dx \approx \sum_{\beta=0}^N C_\beta f(x_\beta), \quad (1)$$

где C_β -коэффициенты, x_β -узлы квадратурной формулы, $x_\beta \in [0,1]$, $p(x)$ -интегрируемая функция, $f(x) \in H_2^\mu(R)$.

Погрешностью квадратурной формулы называется разность

$$\ell(f) = (\ell_N(x), f(x)) = \int_{-\infty}^{\infty} \ell_N(x) f(x) dx = \int_0^1 p(x) f(x) dx - \sum_{\beta=0}^N C_\beta f(x_\beta), \quad (2)$$

где

$$\ell_N(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) p(x) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \delta(x - x_\beta). \quad (3)$$

Определение2. Функция $\psi_\ell(x)$ называется *экстремальной функцией* функционала $\ell_N(x)$, если $(\ell_N(x), \psi_\ell(x)) = \|\ell_N|_{H_2^{\mu*}(R)}\| \cdot \|\psi_\ell|_{H_2^\mu(R)}\|$.

На основании теоремы Рисса об общем виде линейного непрерывного функционала в гильбертовом пространстве для любого $f(x) \in H_2^\mu(R)$ имеем:

$$\ell(f) = (\ell_N(x), f(x)) = \langle \psi_\ell(x), f(x) \rangle, \quad \|\ell_N(x) | H_2^{\mu*}\| = \|\psi_\ell(x) | H_2^\mu\|,$$

где $\psi_\ell(x)$ - функция из пространства $H_2^\mu(R)$, которая соответствует функционалу $\ell_N(x)$.

Теорема 1. Экстремальная функция функционала погрешности (2) имеет вид

$$\psi_\ell(x) = F^{-1} \left\{ (1+y^2)^{-m} \cdot F[\ell_N(x)](y) \right\} (x) = [p(x) \cdot \varepsilon_{[0,1]}(x)]^* v_m(x) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta v_m(x-h\beta), \quad (4)$$

квадрат нормы функционала погрешности над пространством $H_2^\mu(R)$ имеет вид

$$\|\ell_N(x) | H_2^{\mu*}(R)\|^2 = \langle \psi_\ell(x), \psi_\ell(x) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \left| F^{-1} \left\{ (1+y^2)^{-m/2} F[\ell_N(x)](y) \right\} (x) \right|^2 dx. \quad (5)$$

Известно, что по теоремы И. Бабушки (см.[1]), экстремальная функция функционала погрешности оптимальной квадратурной формулы обращается в нуль в узлах квадратурной формулы т.е.

$$\psi_\ell(h\alpha) = 0, \quad \alpha = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (6)$$

Равенства (6) образуют систему линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов C_β , т.е. Систему (10) можно переписать в виде:

$$\sum_{\beta=0}^N C_\beta v_m(h\alpha - h\beta) = \int_{-\infty}^{\infty} p(y) \cdot \varepsilon_{[0,1]}(y) \cdot v_m(h\alpha - y) dy, \quad (7)$$

$$\alpha = 0, 1, 2, \dots, N.$$

Решение этой системы есть оптимальные коэффициенты квадратурной формулы.

Теорема 2. Функция $u_m(h\beta)$ имеет вид

$$u_m[\beta] = \begin{cases} f_m[\beta], & h\beta \in [0, 1], \\ \sum_{\alpha=0}^N C[\alpha] v_m(h\alpha - h\beta), & h\beta \notin [0, 1] \end{cases} \quad (8)$$

Из [8] нам известно, что

$$v_m(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp 2\pi i y x (1+y^2)^m dy = \frac{\pi \exp(-2\pi|x|)}{2^{2m-2} \cdot (m-1)!} \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(2m-k-2)! \cdot (4\pi)^k}{k! \cdot (m-k-1)!} |x|^k. \quad (9)$$

Лемма 1. Справедливо следующее равенство

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} h^{-1} [1 + (p - kh^{-1})^2]^m = \sum_{k=-\infty}^{\infty} v_m(hk) \exp(2\pi i k p). \quad (10)$$

Теперь рассмотрим вышеизложенную задачу при $m=2$. В работе [9] построен оператор $D_m(h\beta)$ в случае $m=2$ и доказана следующая

Теорема 3. Оператор $D_2[k]$ удовлетворяющий равенству $D_m[\beta] * v_m[\beta] = \delta(h\beta)$,

имеет вид

$$D_2[k] = \frac{1}{\pi(2\pi h \operatorname{ch} 2\pi h - \operatorname{sh} 2\pi h)} \begin{cases} 2 \left(\frac{2\pi h - \operatorname{sh} 2\pi h \operatorname{ch} 2\pi h}{2\pi h \operatorname{ch} 2\pi h - \operatorname{sh} 2\pi h} - 4 \operatorname{ch} 2\pi h \right) + \frac{A_1}{\lambda_1}, & k=0 \\ 1 + A_1, & |k|=1 \\ A_1 \lambda_1^{|k|-1}, & |k| \geq 2 \end{cases} \quad (11)$$

где

$$A_1 = \frac{\lambda_1^4 - 4 \operatorname{ch} 2\pi h \lambda_1^3 + 2(1 + 2 \operatorname{ch}^2 2\pi h) \lambda_1^2 - 4 \operatorname{ch} 2\pi h \lambda_1 + 1}{\lambda_1^2 - 1}$$

и

$$\lambda_1 = \frac{(2\pi h - \operatorname{sh} 2\pi h \operatorname{ch} 2\pi h) + \sqrt{(1 - \operatorname{ch}^2 2\pi h)(4\pi^2 h^2 - \operatorname{sh}^2 2\pi h)}}{2\pi h \operatorname{ch} 2\pi h - \operatorname{sh} 2\pi h} \quad (12)$$

Функция $u_m[h\beta]$ известная для $\beta = 0, 1, \dots, N$. Остается определить её для $\beta < 0$ и $\beta > N$.

При вычислении коэффициентов C_β нам необходимо знать конкретные значения $u_m(h\beta)$ при $h\beta \notin [0, 1]$.

Найти решения уравнения

$$D_2(h\beta) * u_2(h\beta) = 0, h\beta \notin [0, 1] \quad (13)$$

в виде

$$u_2(h\beta) = \begin{cases} e^{2\pi h \beta} (a_1^- + a_2^- h \beta), & \beta \leq 0 \\ f_2[\beta], & 0 < \beta < N \\ e^{-2\pi h \beta} (a_1^+ + a_2^+ h \beta), & \beta \geq N \end{cases}. \quad (14)$$

Неизвестные $a_1^-, a_2^-, a_1^+, a_2^+$ можно найти из уравнения (13), используя функцию $D_2(h\beta)$. Тогда явный вид функции $u_2(h\beta)$ и коэффициенты C_β может быть найдены.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Соболев С. Л.* Введение в теорию кубатурных формул. М.: Наука, 1974. 808 с.
- [2] *Coman Gh.* Formule de quadrature de tip Sard. Univ. Babes-Bolyai. Ser. Math. –Mech -1972.-Vol.17,vol.2.-pp.77.
- [3] *Coman Gh.* Monosplines and optimal quadrature formulae in L_p Rend. Math. - 1972. -Vol.5,issue 3. -pp.567-577.
- [4] *Шадиметов Х. М.* Решетчатые квадратурные и кубатурные формулы в пространствах С.Л.Соболева. Докторская диссертация. Ташкент 2002. - 218с.
- [5] *Shadimetov Kh. M., Hayotov A. R.* Optimal quadrature formulas with positive coeficients in $L_2^{(m)}(0,1)$. Journal of Computational and Applied Mathematics 235 (2011) 1114–1128.
- [6] *Шойнжуров Ц. Б.* Оценка нормы функционала погрешности кубатурных формул в различных функциональных пространствах. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2005.С.146-157
- [7]. Шадиметов Х.М., Жалолов И.И. Об одном алгоритме построения оператора $D_h^m[\beta]$ для определения оптимальных коэффициентов весовых квадратурных формул в пространстве $W_2^m(R)$. –УзМЖ 2010, №3, -с. 178-187.
- [8]. Х.М. Шадиметов., Икром И. Жалолов . О существовании и единственности весовой оптимальной квадратурной формулы в пространстве $W_2^m(R)$. Докл. АН РУз, №1, -Ташкент, 2011, –С. 6-9.
- [9] Шадиметов Х.М., Жалолов Икр. И. Об одном алгоритме построения дискретного аналога $D_2[k]$ одного оператора. УзМЖ,2015, №1, с. 158-163.

[10] *Jalolov Ik. I.* The algorithm for constructing a differential operator of 2nd order and finding a fundamental solution. AIP Conference Proceedings 2365, 020015 (2021), <https://doi.org/10.1063/5.0057025>.

[11] *Волевич Л. Р., Панях Б. П.* Некоторые пространства обобщенных функций и теоремы вложения. УМН, 20, вып. I, 1965, 3-74.

**ПРАКТИЧНЫЕ АСИМПТОТИЧЕСКИЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ
КУБАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ СОБОЛЕВА $\bar{L}_2^{(m)}(S_n)$
ДЛЯ n -МЕРНОЙ ЕДИНИЧНОЙ СФЕРЫ.**

Жалолов О.И., Исомиддинов Б.О., Нуруллаева Н.И.

Бухарский государственный университет, o_jalolov@mail.ru

В последнее время много работ посвящены построению кубатурных формул для приближенного вычисления интегралов по поверхности сфер, точных для сферических гармоник некоторого порядка. Современная постановка проблемы оптимизации формул приближенного интегрирования заключается в минимизации нормы функционала погрешности формулы на выбранных нормированных пространствах, например, [1-7].

Разработку алгоритмов и построения кубатурных формул для некоторых многогранников по предложенному способу выполнили Л.В. Войтишек и Н.И. Блинов [7].

В настоящей работе рассматривается наиболее распространенный вид кубатурной формулы

$$\int_S p(\theta) f(\theta) d\theta \cong \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda f(\theta^{(\lambda)}) \quad (1)$$

в пространстве $L_2^m(S)$ на поверхности сферы, где S - n -мерная единичная сфера, $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$, $\|\theta\| = 1$, $p(\theta)$ - интегрируемая функция по сфере S , т.е.

$$\int_S p(\theta) d\theta < \infty \quad \text{и} \quad \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda = \frac{2\pi^{\frac{n}{2}}}{\Gamma(\frac{n}{2})} \hat{p}_{0,0} \quad \text{а} \quad \hat{p}_{k,\ell} = \int_S P(\theta) Y_{k,\ell}(\theta) d\theta,$$

где $Y_{k,\ell}(\theta)$ - сферическая гармоника порядка k вида ℓ . Здесь индекс ℓ получен в результате нумерации сферических функций одного и того же порядка k и меняется в пределах $1 \leq \ell \leq \sigma(n,k)$, $\sigma(n,k) = (2k+n-2) \frac{(k+n-3)!}{(k-2)!k!}$

- число линейно независимых сферических гармоник порядка k .

Определение 1. Пространство $L_2^m(S)$ определяется как пространство функций, заданных на S и обладающих квадратично суммируемыми обобщенными производными порядка m , норма которых определяется равенством

$$\|f \mid L_2^m(S)\|^2 = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\ell=1}^{\sigma(n,k)} a_{k,\ell}^2 k^m (k+n-2)^m, \quad (2)$$

предположим, что $2m > n$.

На этом пространстве норма функции определяется следующим образом.

$$\|\ell_N / L_2^*(S)\| = \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\ell=1}^{\sigma(n,k)} \frac{\left[\hat{p}_{k,\ell} - \sum_{\lambda=1}^N C_{\lambda} Y_{k,\ell}(\theta) \right]^2}{k^m (k+n-2)^m} \right\}^{1/2}.$$

Так как n -мерную единичную сферу обозначим через S_n , весовая кубатурная формула (1) принимает следующий вид

$$\int_{S_n} p(\theta) f(\theta) d\theta \cong \sum_{\lambda=1}^N C_{\lambda} f(\theta^{(\lambda)}) \quad (3)$$

над пространством $\bar{L}_2^{(m)}(S_n)$, где S_n - n -мерная единичная сфера и $p(\theta) \in L_2(S_n)$ - весовая функция.

Кубатурную формулу (3) сопоставим с обобщённой функцией

$$\ell_N(\theta) = p(\theta) \varepsilon_S(\theta) - \sum_{\lambda=1}^N C_{\lambda} \delta(\theta - \theta^{(\lambda)}), \quad (4)$$

и назовём её функционалом погрешности где $\delta(\theta)$ - дельта-функция Дирака, C_{λ} и $\theta^{(\lambda)}$ - коэффициенты и узлы кубатурной формулы (3).

В работе Г.Н.Салихова [2] показано, что пространство $L_2^m(S)$ по составу своих элементов совпадает с аналогичным пространством $L_2^{(m)}(S)$ С.Л.Соболева нормой

$$\|f/L_2^{(m)}(S)\| = \left\{ \int_S \sum_{|\alpha|=m} \frac{m!}{\alpha!} (D^\alpha f(\theta))^2 d\theta \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

где S n -мерная единичная сфера, $|\alpha| = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n$, $\alpha! = \alpha_1! \alpha_2! \dots \alpha_n!$ и

$$D^{|\alpha|} f(\theta) = \frac{\partial^{|\alpha|} f(\theta_1, \dots, \theta_n)}{\partial \theta_1^{\alpha_1} \partial \theta_2^{\alpha_2} \dots \partial \theta_n^{\alpha_n}}.$$

Значит, нормы (2) и (5) являются эквивалентными нормировками.

Теперь определим норму в $\bar{L}_2^{(m)}(S_n)$.

Определение 2. Пространство $\bar{L}_2^{(m)}(S_n)$ определяется как пространство функций заданных на S_N и норма функций, которая определяется следующим равенством

$$\|f(\theta)/\bar{L}_2^{(m)}(S_n)\| = \left\{ \int_{S_n} \left(\frac{\partial^m f(\theta)}{\partial \theta_1^{m_1} \partial \theta_2^{m_2} \dots \partial \theta_n^{m_n}} \right)^2 d\theta \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (6)$$

где $m_1 + m_2 + \dots + m_n = m, m_i > 0, i = \overline{1, n}$

со скалярным произведением

$$(f(\theta), \varphi(\theta))_{\bar{L}_2^{(m)}(S_n)} = \int_{S_n} \left(\frac{\partial^m f(\theta)}{\partial \theta^m} \right) \left(\frac{\partial^m \varphi(\theta)}{\partial \theta^m} \right) d\theta,$$

где $\partial \theta^m = \partial \theta_1^{m_1} \partial \theta_2^{m_2} \dots \partial \theta_n^{m_n}$, $m = m_1 + m_2 + \dots + m_n, d\theta = d\theta_1 d\theta_2 \dots d\theta_n$.

Теорема. Если для функционала погрешности (4) весовой кубатурной формулы (3) над пространством $\bar{L}_2^{(m)}(S_n)$ выполняется условие Декартовых произведений [7], т.е.

$$\ell_N(\theta) = \ell_{N_1}(\theta_1) \otimes \ell_{N_2}(\theta_2) \otimes \dots \otimes \ell_{N_n}(\theta_n)$$

и

$$\|\ell_{N_i}(\theta_i)/\bar{L}_2^{(m_i)}(\omega_i)\| \leq C_i \frac{1}{N_i^{m_i}}, \quad d_i - \text{константы}, \quad (7)$$

т.е.

$$\left\| \ell_{N_i}(\theta_i) / \bar{L}_2^{(m_i)*}(\omega_i) \right\| \leq C_i o(h^{m_i}), \quad d_i - \text{константы}, (i = \overline{1, n}), \quad (8)$$

то

$$\left\| \ell_N(\theta) / \bar{L}_2^{(m)*}(S_n) \right\| \leq C \cdot \frac{1}{\prod_{i=1}^n N_i^{m_i}}, \quad d - \text{константы}, \quad (9)$$

или

$$\left\| \ell_N(\theta) / \bar{L}_2^{(m)*}(S_n) \right\| \leq C \cdot o(h^m) \quad (10)$$

где

$$\ell_{N_i}(\theta_i) = p(\theta_i) \varepsilon_{\omega_i}(\theta_i) - \sum_{\lambda_i=1}^{N_i} C_{\lambda_i} \delta(\theta_i - \theta_i^{(\lambda_i)}) \quad d = \prod_{i=1}^n d_i, \quad m = m_1 + m_2 + \dots + m_n, \quad m_i -$$

произвольны ($i = \overline{1, n}$) т.е. $0 \leq m_i \leq m$

$$\text{и } \Omega_i = \begin{cases} [0, 2\pi], & \text{если } i = n \\ [0, \pi], & \text{если } i = \overline{1, n-1} \end{cases}.$$

Таким образом мы получили оценку сверху для нормы функционала погрешности (4) кубатурной формулы (3) в пространстве $\bar{L}_2^{(m)*}(S_n)$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Соболев С.Л., Введение в теорию кубатурных формул. М.: Наука, 1974. – 808с.
- [2] Салихов Г.Н., Кубатурные формулы для многомерных сфер. Ташкент: Фан, 1985 – 104 с.
- [3] Шарипов Т.Х. Некоторые вопросы теории приближенного интегрирования. Кандидатская диссертация. Ташкент 1975 – 102с.
- [4] Шодиметов Х.М. Решетчатые квадратурные и кубатурные формулы в пространствах С.Л.Соболева. Докторская диссертация. Ташкент 202. - 218с.
- [5] Бахвалов Н.С. Численные методы, т.1, М.: Наука, 1973.
- [6] С.Л.Соболева. Теория кубатурных формул и приложения функционального анализа к некоторым задачам математической физики. Новосибирск, Наука, 1973 – 263 с.

- [7] Носков М.В. О декартовых произведениях кубатурных формул и вычислительная математика. Новосибирск: Наука, 1980, с.114 – 118.
- [8] Жалолов О.И. Весовые оптимальные по порядку сходимости кубатурные формулы над фактор пространством С.Л. Соболева. Узбекский математический журнал. –Ташкент, 2011.- № 1. –С. 40-50.
- [9] Жалолов О.И. Оптимальные по порядку сходимости весовые кубатурные формулы типа Эрмита в пространстве Соболева. East European Scientific Journal. Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie .85/21, 02-001 Warszawa, Polska».2016
- [10] Жалолов О.И. Верхняя оценка нормы функционала погрешности кубатурной формулы типа Эрмита в пространстве С.Л.Соболева Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари илмий журнали.№3.2017.Тошкент.70-78б.
- [11] Никольский С.М. К вопросу об оценках приближений квадратурными формулами успехи математических наук, 1950, Т.5, вып [2]. (36), с. 165 – 177.
- [12] Jalolov O. I. Weight optimal order of convergence cubature formulas in Sobolev space, AIP Conference Proceedings 2365, 020014 (2021), <https://doi.org/10.1063/5.0057015>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ДЕФОРМИРУЕМОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Кайтаров З. Д., Ахаткулов С.З., Мустофоева М.Б

Самаркандский государственный университет,

z.qaytarov@samdu.uz

Анализ деформации среды и течения в насыщенных и ненасыщенных пористых средах составляет основу теории пороупругости и важен во многих геофизических, инженерных приложениях и промышленных процессах [1]. Например: разжижение почвы во время землетрясений, гравитационные потоки, такие как быстрые оползни и сели [2,3], эрозия внутренних вод во время проливных дождей и наводнений или разрушение искусственных сооружений из-за наводнений [3], нефть и добыча газа [4,5], переработка

нефти [3,6], связывание углекислого газа в геологических структурах [2,3] в области энергетики.

Для описания процесса будем использовать одномерную математическую модель двухфазной фильтрации в деформируемой пористой среде и полагаем плотности фазой постоянными или $\rho_o = const, \rho_w = const$:

Уравнение сохранения массы фазы

$$\frac{\partial}{\partial t}(ms_o) + \frac{\partial}{\partial x}(u_o) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(ms_w) + \frac{\partial}{\partial x}(u_w) = 0 \quad (2)$$

где s_o и s_w - насыщенность порового пространства нефтью и воды, m - пористость, u_o и u_w - скорости нефтяной и водной фазой.

Скорости фильтрации фаз будем определять по закону Дарси

Изменение пористости

$$m = m_0 + \beta_m(p - p_0), \quad (3)$$

где p_0 - фиксированное давление, m_0 - коэффициент пористости при $p = p_0$, β_m - коэффициент упругости пласта. А при больших значениях изменения давления используем формулу

$$m = m_0 e^{\frac{-\beta_m(p_0 - p)}{m_0}} \quad (4)$$

Экспериментально показано, что не только пористость, но и проницаемость значительно меняются при изменении пластового давления [14], причем проницаемость часто изменяется в большей степени, чем пористость. При малых изменениях давления эту зависимость можно считать линейной:

$$K = K_0(1 - a_K(p_0 - p)), \quad (5)$$

и относительных фазовых проницаемостей [14]

$$k_o = \begin{cases} \left(\frac{0,85 - s_w}{0,8} \right)^{2,8} \cdot (1 + 2,4 \cdot s_w), & 0 \leq s_w \leq 0,85, \\ 0 & 0,85 \leq s_w \leq 1; \end{cases}$$

(6)

$$k_w = \begin{cases} 0 & 0 \leq s_w \leq 0,85, \\ \left(\frac{s_w - 0,2}{0,8} \right)^{3,5}, & 0,85 \leq s_w \leq 1; \end{cases}$$

(7)

Для вывода уравнения для давления просуммируем уравнения (1)-(2) и используем известным законом Дарси и уравнением (3).

$$\beta_m \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\frac{Kk_o}{\mu_o} + \frac{Kk_w}{\mu_w} \right) \frac{\partial p}{\partial x} \right] \quad (8)$$

Задавая начальные

$$p(x,0) = p^0, \quad s_o(x,0) = s_o^0, \quad s_w(x,0) = s_w^0 \quad (9)$$

и граничные условия

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0, \quad p(L,t) = p^* \quad s_o(0,t) = s_o^*, \quad s_w(0,t) = s_w^*, \quad (10)$$

где L – длина области фильтрации, p^* – давление на скважине, s_o^* и s_w^* – нефтенасыщенность и водонасыщенность на левой границе, получим замкнутую систему уравнений (1) – (10), описывающих двухфазную фильтрацию в деформируемой пористой среде.

Для решения задач (3)-(17) мы воспользуемся методом крупных частиц [15]. На первом этапе вычисляется давления и фазовых скоростей. На втором этапе определяются пористость, абсолютная проницаемость, и фазовые проницаемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Detournay, E., & Cheng, A. H.-D. Fundamentals of Poroelasticity. Analysis and Design Methods. Chapter of Analysis and Design Method Vol. II. 1993, pp. 113–171. doi:10.1016/b978-0-08-040615-2.50011-3.

2. Hewitt D., Nijjer J., Worster M., Neufeld J. Flow-induced compaction of a deformable porous medium // *Physical Review E*. 2016, Vol. 93. No. 2, <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.93.023116>.
3. Bui H. H., Nguyen G. D. A coupled fluid-solid SPH approach to modelling flow through deformable porous media // *International Journal of Solids and Structures*. 2017 Vol. 125, P.244–264. doi:10.1016/j.ijsolstr.2017.06.02
4. Ghasemzadeh H. Multiscale Multiphysic Mixed Geomechanical Model for Deformable Porous Media Considering the Effects of Surrounding Area // *Journal of Petroleum Geomechanics*. 2019, Vol. 3, No. 1, P.79-99.
5. Сухинов А. И., Григорян Л. А., Сухинов А. А. Математическое моделирование фильтрации двухфазной сжимаемой жидкости на основе модифицированного адаптивного метода минимальных поправок // *Информатика, вычислительная техника и управление*. 2016. №3(86). С.96-109.
6. Khrumchenkov É. M., Khrumchenkov M. G. Mathematical Model of Multiphase Nonisothermal Filtration in Deformable Porous Media With a Simultaneous Chemical Reaction // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2020. Vol. 93, No. 1, P.191-200.

ФИЛЬТРАЦИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ФЛЮИДОВ В ИЗОЛИРОВАННЫХ СЛОИСТЫХ ПЛАСТАХ

к.ф. – м.н. доцент Ш.Каюмов¹, ст.преп. Б.А.Куралов^{1,2}, ст.преп. Э.А.Эсанов¹

¹*Ташкентский государственный технический университет*

²*Ташкентский университет информационных технологий*

(Высшая математика, Тел.: +99897 731 10 85, kuralovbekjon@mail.ru)

Исследование процесса фильтрации структурированных флюидов в подземных пластах, представляет значительный интерес, так как в отличие от других, в них существуют различные зоны фильтрации, называемые зонами ползучести, зонами аномальной подвижности и зонами ускоренных подвижностей с неизвестными границами между этими зонами [1].

Изучению математических моделей флюидов такого типа посвящены немногочисленные работы, особенно для слоистых пластов [2,3].

Пусть имеется двух пластовая среда, содержащая структурированных флюидов, причем эти пласты гидро-динамически несвязанные, следовательно, переток между пластами отсутствует. При этом предполагается, что связь между пластами происходит в стволе единой разрабатываемой скважины. Кроме того, при желании можно разрабатывать эти слои отдельными для каждого пласта скважинами.

Математическая модель этой физической задачи можно составить как:

Найти непрерывные функции $U(x; t)$, $V(x; t)$ и подвижные границы $R_i(x; t)$, $G_i(x; t)$ ($i=1,2$) из следующей системы уравнений вида:

$$\frac{\partial}{\partial x} (A_j(|\nabla U|, \beta_j) \frac{\partial U}{\partial x}) = M_1 \frac{\partial U}{\partial t}, \quad x \in (x_0; L_1), \quad t > 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (B_j(|\nabla V|, \bar{\beta}_j) \frac{\partial V}{\partial x}) = M_2 \frac{\partial V}{\partial t}, \quad x \in (x_0; L_2), \quad t > 0, \quad j = \overline{1,3}, \quad (2)$$

с начальными

$$U(x, 0) = V(x, 0) = \psi_0(x), \quad (3)$$

$$R_i(x, 0) = \bar{R}_i(x, 0), \quad G_i(x, 0) = \bar{G}_i(x, 0), \quad (4)$$

а также условиями на подвижных границах:

$$A_1(|\nabla U|, \beta_1) \frac{\partial U}{\partial x} \Big|_{x = R_1 - 0} = A_2(|\nabla U|, \beta_2) \frac{\partial U}{\partial x} \Big|_{x = \bar{R}_1 + 0}, \quad (5)$$

$$A_2(|\nabla U|, \beta_1) \frac{\partial U}{\partial x} \Big|_{x = \bar{R}_2 - 0} = A_3(|\nabla U|, \beta_3) \frac{\partial U}{\partial x} \Big|_{x = \bar{R}_1 + 0}, \quad (6)$$

$$B_1(|\nabla V|, \bar{\beta}_1) \frac{\partial V}{\partial x} \Big|_{x = \bar{G}_1 - 0} = B_2(|\nabla V|, \bar{\beta}_2) \frac{\partial V}{\partial x} \Big|_{x = \bar{G}_1 + 0}, \quad (7)$$

$$B_2(|\nabla V|, \bar{\beta}_2) \frac{\partial V}{\partial x} \Big|_{x = \bar{G}_2 - 0} = B_3(|\nabla V|, \bar{\beta}_2) \frac{\partial V}{\partial x} \Big|_{x = \bar{G}_2 + 0}, \quad (8)$$

Условия на границах области:

$$(a_1 A_1(|\nabla U|, \beta_1) \frac{\partial U}{\partial x} + a_2 B_1(|\nabla V|, \bar{\beta}_1) \frac{\partial V}{\partial x}) \Big|_{x=x_0} + (\gamma_1 U(x, t) + \gamma_1 V(x, t)) \Big|_{x=x_0} = \varphi(A), \quad (9)$$

$$b_1 A_1(|\nabla U|, \beta_1) \frac{\partial U}{\partial x} \Big|_{x=L_1} = \bar{\psi}_1, \quad b_2 B_2(|\nabla V|, \beta_2) \frac{\partial V}{\partial x} \Big|_{x=L_2} = \bar{\psi}_2, \quad (10)$$

В задаче (1) - (10) коэффициенты и функции, те же что и в работах [2-4], функции A_j и B_j выражают связь между градиентом давления и скоростью фильтрации в различных подземных зонах и имеет свои аналитические аппроксимированные функции, $\varphi(t)$ – суммарная добыча единой скважины для обоих пластов в точке x_0 . Для общности взята третья краевая задача и в зависимости значений параметров можно по отдельности брать первую или вторую краевую задачу. Нелинейная задача (1)-(10) решается методом итерации (нелинейность линеаризуется), методом потоковой прогонки, сведением к сеточным уравнениям)[5,6]. Так как в каждый момент времени величины извлекаемых дебитов для каждого пласта неизвестно, то строится для них итерационный алгоритм. Кроме того и для неизвестных подвижных границ между различными зонами фильтрации, строится итерация в частности метод «челночных» итераций [5]. Построенные вычислительные алгоритмы, апробирован на гипотетических тестовых данных, результаты которого показали применимости данной методики и алгоритмов вычислений для математического моделирования разработки многослойных изолированных месторождений флюидов, если имеется структуризации пористой среды и содержащего в нем флюида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левашкевич В.Г. Зависимость вязкости, подвижности и скорости фильтрации аномально – вязкой нефти от градиента давления. // Известия ВУЗов. Серия «Нефть и газ» 11, 1982 г. с. 58-63.
2. Каюмов Ш., Исканаджиев И. Математическое моделирование структурированных флюидов в многослойных средах. Тезисы докладов

Всероссийской конференции «Проблемы механики сплошных сред и физика взрыва.» Новосибирск 2007 г. с. 98-99.

3. Хайтов Т.О., Марданов А.П., Каюмов Ш., Каюмов А.Б. Математическая модель процесса фильтрации неструктурированных и структурированных флюидов в слоистых пластах. Сборник трудов международной научно – практической конференции «Современные проблемы математической физики и математическое моделирование». Карши 2021 г. с. 51-54.

4. Qayumov Sh., Mardanov A.P., Xaitov T.O., Qayumov A.B. Multiparameter mathematical models of the problem of filtration of unstructured and structured fluids. E3S. webofconferences 26401030 (2021) [https. // doi. Org / 10, 1051 / t3sconf / 2021 26401030](https://doi.org/10.1051/t3sconf/202126401030)

5. Каюмов Ш. Математическое моделирование задачи теории фильтрации со свободными границами. Ташкент ТГТУ 2017 г. 274 с.

6. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука. 1989 г. 484 с.

G'OVAK MUHITDA NEFT VA SUVNING BIRGALIKDA SIZISHI JARAYONINING MATEMATIK MODELI

Kenjayev Ruslan, Babenko Mixail, Fayziyev Bekzodjon

Samarqand davlat universiteti

kruslan0723@gmail.com, fayzievbm@mail.ru

G'ovak muhitlarda neft va suvning birgalikda sizishi sizishi masalasi neft konlariga suv haydash jaryonida kuzatiladi.

G'ovak muhitda tarkibida muallaq zarrachalar bo'lgan suvli aralashma va neft sizish jarayonini tasvirlovchi matematik modelni ko'rib chiqamiz.

Quyidagi belgilashlardan foydalanamiz V_r - g'ovak muhitning qattiq skleti, V_w - suv joylashgan hajm, V_o - neft joylashgan hajm, V_c - muallaq qattiq zarrachalar joylashgan hajm, V_p - o'tirib qolgan zarrachalar joylashgan hajm.

Bu holda, g'ovaklik $m = \frac{V_o + V_w + V_c}{V}$, suvdagi zarrachalar konsentratsiyasi

$C_r = \frac{V_c}{V_c + V_w}$, o'tirib qolgan zarrachalarning egallagan qismi $\rho = \frac{V_\rho}{V}$, zarrachalar

bilan to'yinganlik $S_f = \frac{V_c}{V - V_\rho - V_r}$, suv bilan to'yinganlik $S_{mf} = \frac{V_w}{V - V_\rho - V_r}$, neft bilan

to'yinganlik $S_{rf} = \frac{V_o}{V - V_\rho - V_r}$ bo'ladi.

Har ikki fazaning va muallaq zarrachalarning siqiluvchanligini hisobga olmasak, massani saqlanish qonunini neft uchun

$$\frac{\partial}{\partial t}(mS_{rf}) + \frac{\partial}{\partial x}(mS_{rf}v_{rf}) = 0, \quad (1)$$

suv uchun

$$\frac{\partial}{\partial t}(mS_{mf}) + \frac{\partial}{\partial x}(mS_{mf}v_{mf}) = 0, \quad (2)$$

muallaq zarrachalar uchun

$$\frac{\partial}{\partial t}(mS_f) + \frac{\partial}{\partial x}(mS_f v_f) = -q_r, \quad (3)$$

$$S_f + S_{rf} + S_{mf} = 1, \quad (4)$$

bu yerda, v_{rf} - neftning haqiqiy tezligi, v_{mf} - suvning haqiqiy tezligi, v_f - muallaq zarrachalarning haqiqiy tezligi, q_r - muallaq zarrachalarning g'ovak devorlariga o'tirib qolishi va qayta suyuqlik oqimiga qo'shilishini ifodalovchi had.

Muallaq zarrachalar mutlaqo suvda joylashgan deb qaraymiz, shuning uchun zarrachaning harakat tezligi suvning tezligiga teng bo'ladi.

Quyidagi belgilashlar kiritamiz

$$S_{mud} = S_{mf} + S_f, u_{mud} = mS_{mud}v_{mf}, u_{rf} = mS_{rf}v_{rf}, \quad (5)$$

u holda (1)-(4) tenglamalar sistemasini quydagi ko'rinishda yozish mumkun

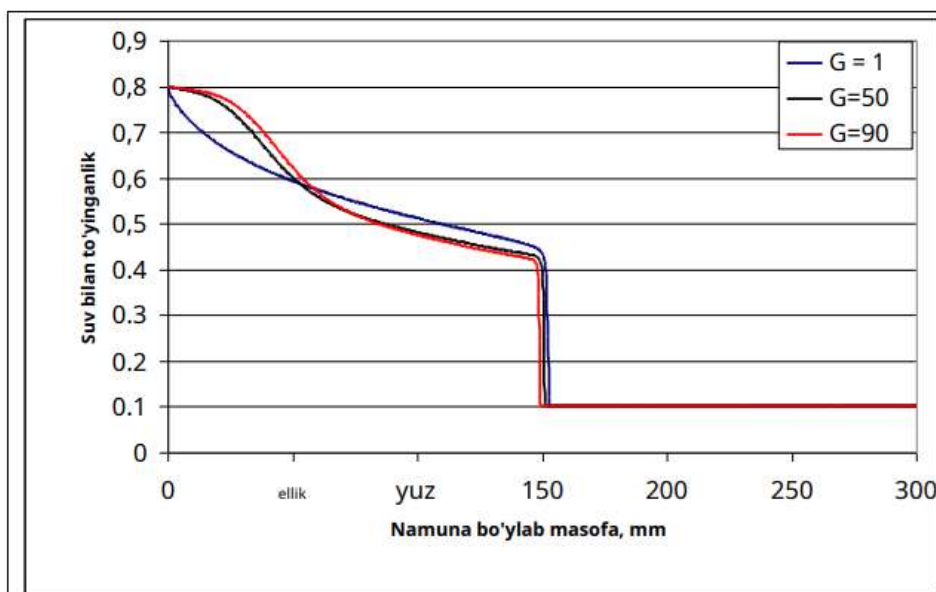
$$\begin{aligned}
S_{rf} + S_{mud} &= 1, \\
S_f &= S_{mud} c_f, \\
S_{mf} &= S_{mud} (1 - c_f), \\
\frac{\partial}{\partial x} (u_{rf} + u_{mud}) &= 0, \\
\frac{\partial}{\partial t} (m S_{mud}) + \frac{\partial}{\partial x} (u_{mud}) &= -q_f, \\
\frac{\partial}{\partial t} (m S_{mud} c_f) + \frac{\partial}{\partial x} (u_{mud} c_f) &= -q_f
\end{aligned} \tag{6}$$

Muallaq zarrachalarning g'ovak devorlariga o'tirib qolishi va qayta suyuqlik oqimiga qo'shilishini ifodalovchi ko'p bosqichli kinetika tenglamasi,

$$q_f = \frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial m}{\partial t} = \begin{cases} \lambda_1 u_{mud} c_f, & \rho \leq \rho_1 \\ \lambda_2 u_{mud} c_f - \alpha m (u_{mud} - u_c), & \rho_1 < \rho < \rho_0. \\ 0, & \rho = \rho_0 \end{cases} \tag{7}$$

Hosil qilingan tenglamalar sistemasini quyidagi boshlang'ich va chegaraviy shartlarda yechamiz

$$\begin{aligned}
c_f(x, 0) &= 0, x \in (0, L) \\
\rho(x, 0) &= 0, x \in (0, L), \\
s_{mud}(x, 0) &= s_0, x \in (0, L) \\
c_f(0, t) &= c_{in}, x \in (0, L) \\
s_{mud}(0, t) &= s_{in}, t \geq 0
\end{aligned} \tag{8}$$



1-rasm. Suv bilan to'yinganlikning o'zgarishi

Masala chekli ayirmalar usulini qo'llagan holda yechildi. Olingan natijalar asosida turli grafiklar chizildi. Jumladan 1-rasmda suv bilan to'yinganlikning o'zgarishi keltirilgan.

Ishning asosiy natijasi suspenziyadagi muallaq zarrachalarning otirib qolishi va qayta suyuqlik oqimiga qo'shilishi kinetikasi ko'p bosqichli bo'lgan hol qaralgan va model takomillashtirilgan. Kompyuter eksperimentlari o'tkazish uchun dasturiy vosita yaratilgan, va parametrlaning turli qiymatlari uchun natijalar olingan.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. M. Nunes, P. Bedrikovetsky, B. Newbery, R. Paiva, C. Furtado, A.L. Souza «Formation damage zone radius and its application to well stimulation», SPE 122843, 2009.
2. F. Civan «Formation damage mechanisms and their phenomenological modeling — overview», SPE 107857, 2007.

ОБ АЛГОРИТМЕ НАХОЖДЕНИЯ ПОЛУОБРАТНОЙ МАТРИЦЫ.

¹ Ж.Х. Маматкулов

¹ Термезский государственный университет.

jasurmamatqulov440@gmail.com

Пусть A - произвольная матрица размеров $m \times n$. Матрица A^{-1} размеров $n \times m$ называется полуобратная для матрицы A , если выполняется условие:

$$A \cdot A^{-1} \cdot A = A. \quad (1)$$

Если, кроме того, выполняется условие

$$A^{-1} \cdot A \cdot A^{-1} = A^{-1} \quad (2)$$

то матрицу A^{-1} называют взаимной полуобратной.

Заметим, что если матрица A имеет обратную A^{-1} , то она также является и полуобратной, как условия (1) и (2) для обратной матрицы выполняются:

$$AA^{-1}A = \underset{E}{EA} = A, \quad A^{-1}A \underset{E}{A^{-1}} = EA^{-1} = A^{-1}.$$

Пусть дана ненулевая матрица A размеров $m \times n$. Для нахождения полуобратной A^{-1} нужно выполнить следующие действия.

1. Составить блочную матрицу $\begin{pmatrix} A & E_m \\ E_n & \end{pmatrix}$, приписывая к матрице A

слева и снизу единичные матрицы соответствующих размеров. Правый нижний блок этой матрицы может быть произвольным, так как не участвует в дальнейших преобразованиях.

2. Элементарными преобразованиями над первыми m строками и первыми n столбцами привести блочную матрицу к виду матриц размеров $m \times n$ простейшего вида

$$\Lambda = \begin{pmatrix} E_r & O \\ O & O \end{pmatrix} \quad (3)$$

В (3) матрица E_r - единичная r -га порядка ($r = \text{rang}(A), 1 \leq r \leq \min\{m, n\}$),

O - нулевая матрицы соответствующих размеров

3. Записать полуобратную матрицу:

$$A^{-1} = T \cdot \begin{pmatrix} E_r \\ U \end{pmatrix} \cdot (E_r / V) \cdot S, \quad (4)$$

где U и V – произвольные матрицы размеров $(n-r) \times r$ и $r \times (m-r)$

соответственно.

В первых двух пунктах алгоритм фактически скелетное разложение матрица A :

$$A = BC, \quad B = S^{-1} \begin{pmatrix} E_r \\ O \end{pmatrix}, \quad C = (E_r / O) \cdot T^{-1} \quad (5)$$

где B и C матрицы размеров $m \times r$ и $r \times n$ соответственно, причем $r = \text{rang}A$.

В работе с помощью предложенного алгоритма получено решение системы линейных уравнений при помощи полуобратной матрицы и докажем теорема о совместности неодпородной системы и о структуре ее общего решения.

Список использованной литературы

1. Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул. Москва: Наука, 1974, 808 с.
2. Шадиметов Х.М. Оптимальные решетчатые квадратурные и кубатурная формулы в пространствах Соболева. – Ташкент: фан ва технология, 2019.-224 с.

ПРОСТОЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ МАКСИМИННОЙ ЗАДАЧИ СО СВЯЗАННЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

¹Маматов А.Р., ²Хужаёров И.Ш., ²Равшанов И.А.

¹Самаркандский государственный университет имени Ш. Рашидова,

akmm1964@rambler.ru;

²Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий

Метод перебора [1] остается первым методом, к которому обращается человек, когда ему нужно принять решение, сделать выбор между альтернативами или, вообще, решить экстремальную задачу. С одной стороны, опыт и интуиция, а с другой предварительные (теоретические и экспериментальные) исследования постоянно помогали ему сузить множество вариантов, среди которых искалось решение. Однако до появления современных ЭВМ возможности методов перебора были весьма ограниченными. Колоссальное быстродействие ЭВМ привлекло к методам перебора пристальное внимание специалистов.

Рассмотрим множества

$$X = \{x | f_* \leq x \leq f^*\}, Y(x) = \{y | g_* \leq y \leq g^*, Ax + By = b\},$$

где $x = x(J)$, $f_* = f_*(J)$, $f^* = f^*(J) \in \mathbb{R}^n$, $y = y(K)$, $g_* = g_*(K)$, $g^* = g^*(K) \in \mathbb{R}^l$, $b \in \mathbb{R}^m$, $A = A(I, J) \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $B = B(I, K) \in \mathbb{R}^{m \times l}$, $\text{rank} B = m < l$, $I = \{1, 2, \dots, m\}$, $J = \{1, 2, \dots, n\}$, $K = \{1, 2, \dots, l\}$.

На множествах X и $Y(x)$, можно рассмотреть максиминные задачи со связанными переменными (игровые задачи со связанными переменными: игровые задачи с благоприятными ситуациями [2-4]; игровые задачи с произвольными ситуациями [5, 6]. А при $X = \{x | f_* \leq x \leq f^*, Y(x) \neq \emptyset\}$ можно рассмотреть и игровые задачи с запрещенными ситуациями [7-11]). Игровые задачи со связанными переменными возникают при исследовании проблем принятия решения в иерархической системе с несовпадающими интересами участников, при решении задач централизованного распределения ресурсов, назначении цен и штрафных санкций в системах с активными подсистемами [12].

Для решения игровых задач со связанными переменными разработаны различные алгоритмы [3,4,6,8-12]. Анализ этих алгоритмов показывает, что избежать перебора в каком-то смысле не удастся.

В данной работе рассматривается максиминная задача со связанными переменными

$$\varphi(x) = \min_{y \in Y(x)} \Psi(x, y) \rightarrow \max_{x \in X} \quad (1)$$

Здесь $X = \{x | f_* \leq x \leq f^*\}$, $Y(x) = \{y | g_* \leq y \leq g^*, Ax + By = b\}$,

где $x = x(J)$, $f_* = f_*(J)$, $f^* = f^*(J) \in \mathbb{R}^n$, $y = y(K)$, $g_* = g_*(K)$, $g^* = g^*(K) \in \mathbb{R}^l$, $b \in \mathbb{R}^m$, $A = A(I, J) \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $B = B(I, K) \in \mathbb{R}^{m \times l}$, $rank B = m < l$, $I = \{1, 2, \dots, m\}$, $J = \{1, 2, \dots, n\}$, $K = \{1, 2, \dots, l\}$.

Предлагается алгоритм решения задачи (1), предназначенный в основном для больших значений параметров m, n, l и её программная реализация, основанный на идеи метода перебора, где объектом перебора является опора [13] внутренней задачи, вершины множества X .

ЛИТЕРАТУРА

1. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Методы оптимизации. – Минск: БГУ, 1981. 351 с.
2. Маматов А.Р. Об одной игровой задаче со связанными переменными//ДАН РУз, 1993, N 7, с. 7 - 13.

3. *Liu June, Hong Yunfei, Zheng Yue.* A New Variant of Penalty Method for Weak Linear Bilevel Programming Problems//Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2018, Vol.23 No.4, 328-332. <https://doi.org/10.1007/s11859-018-1330-1>
4. *LIU June, HONG Yunfei, ZHENG Yue.* A Branch and Bound-Based Algorithm for the Weak Linear Bilevel Programming Problems //Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2018, Vol.23 No.6, 480-486. <https://doi.org/10.1007/s11859-018-1352-8>
5. *Иванюков Ю.П.* Двойственные полуигры//Известия АН СССР. Серия техническая кибернетика},1972, N4, с.3-9.
6. *Маматов А.Р.* Алгоритм решения одной игры двух лиц с передачей информации //Журнал вычислительной математики и математической физики, 2006, Т.46, №10, с. 1784-1789. <https://doi.org/10.1134/S0965542506100071>
7. *Гермейер Ю.Б.* Игры с не противоположными интересами.--М.:Наука,1976. 328 с.
8. *Falk J.E.* Linear maxmin problem //Math. Program., 1973. V. 5. № 2. pp. 169–188.
9. *Федоров В. В.* Численные методы максимина. - М.: Наука, 1979.-280 с.
10. *Азизов И.* Алгоритм вычисления ϵ - оптимального решения линейной максиминной задачи со связанными переменными//Весті АН БССР. Сер. физ.-мат. наук., 1986, N 1, с. 14 - 18.
11. *Маматов А.Р.* Алгоритм решения линейной максиминной задачи со связанными переменными //Журнал вычислительной математики и математической физики, 2005, Т.45, №6, с. 1044 – 1047.
12. *Ерешко Ф.И.* Математические модели и методы принятия согласованных решений в активных иерархических системах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.10 - Управление в социальных и экономических системах - М.: ВЦ РАН, 1998.-32 с.
13. *Габасов Р., Кириллова Ф.,М., Тятюшкин А.И.* Конструктивные методы оптимизации. 1.– Минск: Университетское, 1984. 214 с.

УСЛОВИЯ ВТЯГИВАНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОГО ПРОДУКТА МЕЖДУ ВАЛАМИ

Набиев Айдер Мустафаевич

Институт механики и сейсмостойкости сооружений

им. М.Т.Уразбаева АН РУз

a.nabiev@nabiev

Рассмотрим влияние силы тяжести рабочих валов на изменение давления, оказываемого на волокнистый материал. Для решения задачи определим силы, оказывающие влияние на правый (левый) рабочий вал и запишем условие их равновесия (рис. 1) [1, 2]:

$$\vec{G}_1 + \vec{P}_6 + \vec{Q} + \vec{F}_{тр} = 0, \quad (1)$$

где G_1 – сила тяги цепи, $G_1 = (G - P) \sin \alpha$; P_B – сила тяжести рабочего вала; $F_{тр}$ – сила трения.

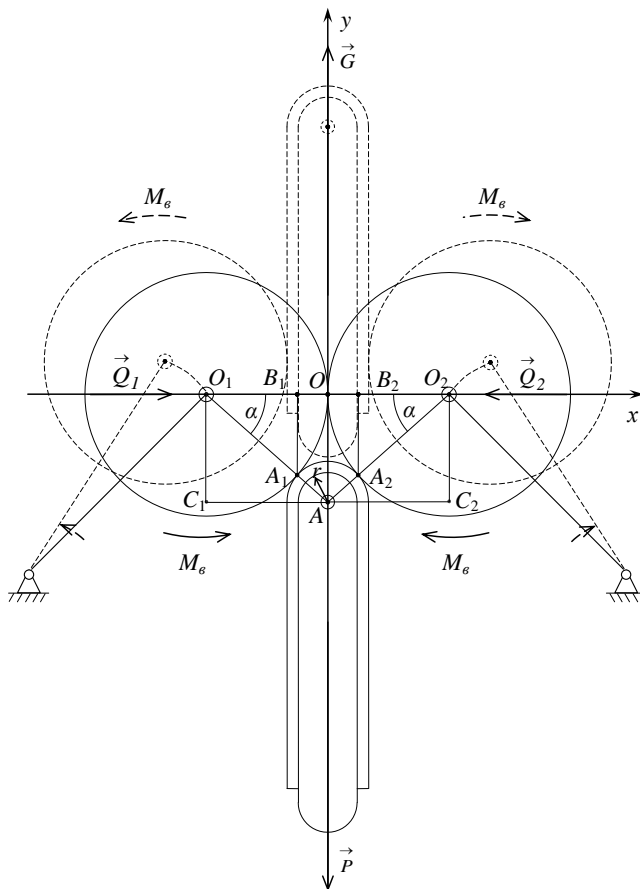


Рис. 1. Схема расчета подачи продукта между валами

Поведение рабочих валов с горизонтальным симметричным перемещением относительно друг друга рассмотрено в [3].

Проекции влияющих сил на рабочий вал на горизонтальную ось имеют следующий вид:

$$\frac{1}{2}(G - P)\sin 2\alpha - Q_1 - F_{mp} = 0, \quad (2)$$

где Q_1 – давление рабочих валов, совершающие плоскопараллельное движение.

По закону Кулона (2) запишем в следующем виде:

$$\frac{1}{2}G \sin 2\alpha - Q_1 - f_{mp}P_1 = 0, \quad (3)$$

где $f_{тр}$ – коэффициент трения в цапфах рабочих валов.

Из (3) определим силу тяжести, оказывающую влияние на оси рабочих валов:

$$P_1 = \frac{G_1 \cos \alpha - Q_1}{f}. \quad (4)$$

Также исследовано условие дугообразного перемещения центров осей рабочих валов. В этом случае, по закону Кулона, выражение (1) запишем в следующем виде:

$$G_1 - P_2 \sin \alpha - Q_2 \cos \alpha - fP_2 \sin \alpha = 0. \quad (5)$$

Определим силу тяжести рабочего вала из (5)

$$P_2 = \frac{G_1 - Q_2 \cos \alpha}{(1 + f) \sin \alpha}. \quad (6)$$

Построим графики для частных случаев зависимости изменения влияния давления по дугообразному перемещению рабочих валов от угла захвата на графической программе «Maple 18» для Windows (рис. 2).

Полученные результаты показали, что при втягивании обрабатываемого продукта на транспортерной плите между рабочими валами значение давления валов при их дугообразном перемещении будет меньше, чем в горизонтальном.



Рис. 2. Зависимость изменения влияния силы тяжести P_2 рабочих валов от угла захвата α

Следует отметить, что на процесс обработки продукта существенно влияют собственные силы тяжести рабочих валов и их рычаги, на которые они устанавливаются. Однако, установка рабочих валов на рычагах повышает материалоемкость конструкции валковой машины, что является нежелательным с точки зрения рационального проектирования технологических машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахадиров Г.А. Механика отжимной валковой пары. –Ташкент: Фан. 2010. – 155 с.
2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.1. Кинематика, статика, динамика материальной точки. Учебное пособие. – Спб.: Лань, 2009. – 480 с.
3. Бахадиров Г.А., Набиев А.М. Особенности механической обработки материала на валковой машине с вертикальной подачей // Материалы Международной научно-технической конференции «АПИР-15» Автоматизация: Проблемы, идеи, решения. –Тула: Изд-во ТулГУ. 2010. –Ч.2. – С. 169–172.

THE ARCHITECTURE OF EDUCATIONAL PLATFORM BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Samandarov Erkaboy Karimboyevich

PhD student of Institute of Fundamental and Applied Research under TIAME

National Research University

samandarerka87@gmail.com

Abstract: In this paper, we will consider implementation the architecture of educational platform based on machine learning algorithms. Aim of the architecture is predicted students' psychological condition, students' behavior as well as is determined which subjects the student is interested in. Moreover, students' knowledge can be classified. The application that is created based on the architecture helps students in order to study subjects deeply and to become the high-level specialist in the future.

This architecture consists of two parts: server and user. The server and user parts are connected via a computer network. The user can access the platform in a place convenient for him and at a convenient time for him through stable devices (personal computer) or portable devices (laptop, tablet). The main part of the architecture is the server. The server consists of two parts. The first part consists of a set of subjects which are suitable for each grade from fifth to eleventh grade. The second part of system is created based on machine learning algorithms. The purpose of the second part is educational data mining. This platform will be created in the form of a website. We know that there are many architectures for creating a website such as HMVC (**Hierarchical Model-View-Controller**), MVVM (**Model-View-ViewModel**), MVP(**Model View Presenter**), MVA (**Model View Adapter**). The implementation the architecture is based on the MVC (Model View Controller) architecture. As we mentioned above, we will overview the platform that is designed for middle and high school education in this paper. However, the architecture is flexible. Therefore, educational platforms could be created for other educational stages based on the architecture as well.

In this paper, we overview creating the architecture in detail. Figure 1 illustrates the architecture of educational platform based on machine learning algorithms. The architecture is composed of three parts as shown in Figure 1. First of all, we overview the user part of the architecture. The user (student) could be accessed the user part via a personal computer or tablet using whether a web browser programs (Google Chrome, Firefox, Mozilla etc.) or special applications (android app, iOS app and so on).

The next part is the server. The server is the main part of the architecture. We will divide this part into two subparts. The first subpart is "Database". The database describes data about students from the fifth to the eleventh grade. This data consists of the set of subjects, the educational materials (text, audio, video, picture) in each subject, the results of each student in each subject are stored in a relational database. This database is illustrated in Figure 2. Tables in the database is used to denote a one-to-many relationship. The second subpart of sever is the system based on machine learning algorithms. This system is an artificial intelligence system based on machine learning algorithms. The main aim of the system is data mining in the database.

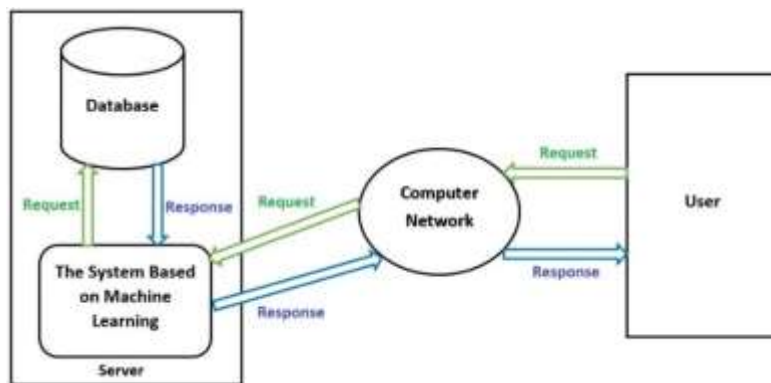


Figure 1. Architecture of educational platform.

The system based on machine learning performs the following tasks: determining the psychological condition of student who accesses to the platform based on the architecture, determining the student's knowledge degree from the subject that has chosen by the student and providing the student with appropriate educational materials, assessing the student's knowledge at the end of each module

of the subject, passing the student to the next module, completing each subject in the grade, passing of the student from the grade to the next grade and completion of the full course.

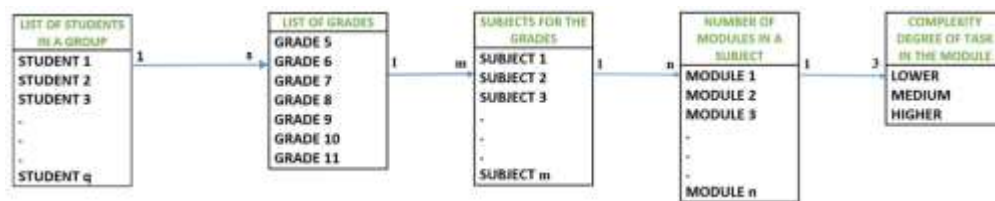


Figure 2. Database of students.

The main difference between this platform and other platforms is that the student's knowledge is predicted and divided into classes based on machine learning algorithms. we consider the advantages of an educational platform created on the basis of architecture. Many countries in the world cannot pay enough attention to the education system due to economic problems. They cannot allocate funds for the construction of schools, necessary equipment for studying, teaching materials and salaries for teachers. The platform based on the architecture helps to solve these problems. In addition, there may not be enough teachers in all regions of the country. This situation is not related to funds. In this case, the missing teachers can be replaced by the platform.

REFERENCES

1. Tulkunovna M. D., Karimboyevich S. E. THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – C. 39-45.
2. Samandarov E. K. Support vector machine algorithm and its use cases in the real-world applications. – 2022.
3. Karimboyevich S. E. THE SYSTEM USING THE PERCEPTRON TO ACCESS PREDICTING AND EVALUATING PLATFORM OF PUPIL'S KNOWLEDGE //Harvard Educational and Scientific Review. – 2022. – T.2.–№. 1

РАСПРОСТРАНЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ВОЛН В ВЯЗКОУПРУГОЙ ПЛАСТИНКЕ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

И.И.Сафаров, З.И. Болтаев, Р.А.Собирова, М.А.Рузиева

Ташкентский химико-технологический институт

Бухарский инженерно-технологический институт

Email: safarov54@mail.ru

Рассмотрим клиновидную пластинку, бесконечную вдоль оси x_2 . В соответствии с гипотезами Кирхгофа-Лява имеем:

$$\sigma_{13} = \sigma_{23} = \sigma_{33} = 0; u_i = -x_3 \frac{\ddot{a}W}{\ddot{a}x_i}; W(x_3) \equiv W \quad (1)$$

где W – прогиб срединной плоскости пластинки.

Среди множества решений системы выберем те, которые описывают гармонические плоские волны, распространяющиеся вдоль оси x_2

$$y_i = z_i(x_1) e^{i(\delta \delta_2 - \omega t)} \quad (2)$$

Подставляя решение (2) в систему дифференциальных уравнений в частных производных, получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, разрешенную относительно производных:

$$\begin{cases} z_1' = z_2; \\ z_2' = -\frac{6(1-\nu)}{h^3} z_3 + \nu k^2 z_1; \\ z_3' = z_4 - \frac{h^3 \Gamma_k}{3} k^2 z_2; \\ z_4' = \nu k^2 z_3 + \frac{(1+\nu)h}{6} k^4 z_1 - h \left(\frac{\omega}{C_s} \right)^2 \Gamma_k z_1; \end{cases} \quad (3)$$

Граничные условия для этой системы можно записать в следующем виде:

а) свободный левый край пластинки: $z_3(0) = z_4(0) = 0$ (4,а)

б) свободный правый край пластинки: $z_3(l_1) = z_4(l_1) = 0$ (4,б)

в) защемленный правый край пластинки: $z_1(l_1) = z_2(l_1) = 0$ (4,с)

Таким образом, сформирована спектральная краевая задача (2-4) по параметру ω , описывающая распространение изгибных плоских краевых волн в пластинке Кирхгофа-Лява. Отыскивая, как и ранее, решения, описывающие плоские гармонические волны, распространяющиеся вдоль оси x_1 , будем искать решение системы (4) в виде

$$\begin{cases} y_1 = z_1(x_1)\cos(\hat{e}x_2 - \omega t); \\ y_2 = z_2(x_1)\cos(\hat{e}x_2 - \omega t); \\ y_3 = z_3(x_1)\sin(\hat{e}x_2 - \omega t); \\ y_4 = z_4(x_1)\cos(\hat{e}x_2 - \omega t); \\ y_5 = z_5(x_1)\cos(\hat{e}x_2 - \omega t); \\ y_6 = z_6(x_1)\sin(\hat{e}x_2 - \omega t). \end{cases} \quad (5)$$

Подставляя соотношения (5) в систему дифференциальных уравнений в частных производных (3), получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, разрешенную относительно производных:

$$\begin{cases} z_1' = z_2 + \frac{z_n}{\chi h}; \\ z_2' = -\nu \kappa z_3 - \frac{6(1-\nu)}{3} z_5; \\ z_3' = \kappa z_2 - \frac{12}{h^3} z_6; \\ z_4' = \chi h \kappa z_3 + \kappa^2 \left(\chi h - \frac{hc^2}{\Gamma_n} \right) z_1; \\ z_5 = -\kappa z_6 + z_4 + \frac{h^3}{12\Gamma_n} \omega^2 z_2; \\ z_6' = -\chi h \kappa z_1 - \left[\chi h + \frac{\kappa^2 h^3}{12\Gamma_n} \left(2(1+\nu) - \frac{c^2}{\Gamma_n} \right) \right] z_3 + \nu \kappa z_5. \end{cases} \quad (6)$$

Граничные условия для этой системы можно записать в следующем виде:

а) свободный левый край пластинки: $z_4 = z_5 = z_6 = 0, x_1 = 0$;

б) свободный правый край пластинки: $z_4 = z_5 = z_6 = 0, x_1 = l_1$;

в) защемленный правый край пластинки: $z_1 = z_2 = z_3 = 0, x_1 = l_1$;

Таким образом сформулирована спектральная краевая задача (6) по параметру ω , описывающая распространение изгибных плоских краевых волн

волн в пластинке Тимошенко, которые решаются в области $0 \leq x_1 \leq l_1, -\infty < x_2 < +\infty$.

На рис. 1 показаны дисперсионные кривые фазовых скоростей первых трех мод колебаний в пластинке Кирхгофа-Лява с линейным законом изменения толщины.

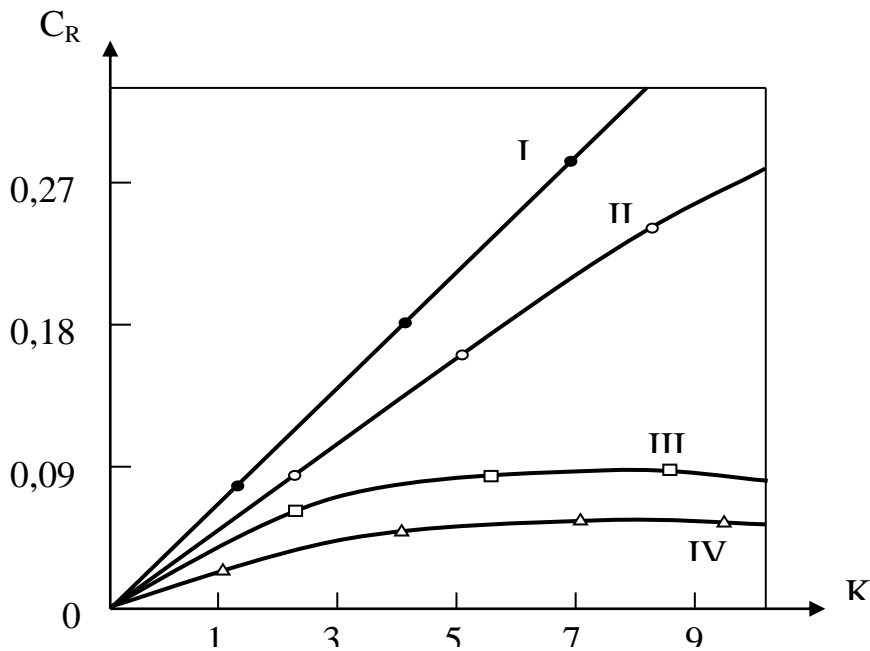


Рис.1. Дисперсионные кривые первой моды

I. $h_1=h_2=0,1$; II. $h_1=h_{2/2}=0,05$; III. $h_{2/100} = 0,001$; IV. $h_1=h_{2/1000}=0,001$

$$h(x_1) = h_0 x_1^p, \quad 0 < x_1 \leq b,$$

где параметр p принимался равным: 1,5; 2; 2,5; 3, в соответствии с обозначениями кривых 1, 2, 3, 4. Отметим качественное различие в поведении сплошных и пунктирных линий. При $p=1$, как отмечалось выше, фазовые скорости асимптотически приближаются к ненулевым предельным значениям, кривая первой моды монотонно возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. М.: Физмат 243, 1963, -639 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ВОЛНЫ В ВЯЗКО-УПРУГОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

Сафаров И. И., Тешаев М.Х., Болтаев З.И., Жураев Ш.И., Райимов Д.Г.

Ташкентский химико-технологический институт

Бухарское отделение ИМ им. В.И.Романовского

Бухарский инженерно-технологический институт

Email: safarov54@mail.ru

В данной работе рассматриваются осесимметричные вязко-упругие волны в протяженной цилиндрической оболочке кругового сечения. В работе используются классические методы математической физики, применяемые к решению граничных задач в цилиндрической системе координат.

В цилиндрической системе координат $\{r, \theta, z\}$ рассматривается распространение собственных волн в изотропной вязкоупругой цилиндрической оболочке. Линейные уравнения движения цилиндрической оболочки, в векторной форме при отсутствии объемных сил, принимают вид:

$$\tilde{\mu} \nabla^2 \vec{u} + (\tilde{\lambda} + \tilde{\mu}) \text{grad div } \vec{u} = \rho \frac{\partial^2 \vec{u}}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где

$$\tilde{\lambda} \varphi(t) = \frac{\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \tilde{E} \varphi(t); \quad \tilde{\mu} \varphi(t) = \frac{\nu}{2(1+\nu)} \tilde{E} \varphi(t), \quad (2)$$

$$\tilde{E} \varphi(t) = E_{01} \left[\varphi(t) - \int_0^t R_E(t-\tau) \varphi(\tau) d\tau \right],$$

$\varphi(t)$ – произвольная функция времени; t – время; $R_E(t-\tau)$ – ядро релаксации; E_{01} – мгновенный модуль упругости; \vec{u} – вектор перемещений; ρ – плотность оболочки. Предполагается, что подинтегральные члены достаточно малые, тогда можно представить $\varphi(t) = \psi(t) e^{-i\omega_R t}$. Здесь $\psi(t)$ – медленно меняющаяся функция. Тонкостенная цилиндрическая оболочка в низкочастотной области имеет два основных резонанса, связанных с

резонансом оболочки как целое и резонансом каждого отдельного сечения как кольца. Если внешняя поверхность цилиндрической оболочки свободна от напряжений [1], тогда граничные условия принимают вид

$$\begin{aligned} r = R_1; \quad \sigma_{rr1} = 0; \quad \sigma_{r\theta1} = 0, \\ r = R_2; \quad \sigma_{rr2} = 0; \quad \sigma_{r\theta2} = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Если вектор перемещений представить в виде потенциальной и соленоидальной частей $\vec{u} = \text{grad } \varphi + \text{rot } \vec{\psi}$, $\text{div } \vec{\psi} = 0$, то волновые уравнения имеют вид

$$\Gamma_{\lambda\mu}^{\bullet} \nabla^2 \varphi - \frac{1}{c_p^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0, \quad (4)$$

$$\Gamma_{\mu}^{\bullet} \nabla^2 \psi_z - \frac{1}{c_s^2} \frac{\partial^2 \psi_z}{\partial t^2} = 0,$$

$$\Gamma_{\mu} (\nabla^2 \psi_{\theta} - \frac{\psi_{\theta}}{r^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial \psi_r}{\partial \theta}) - \frac{1}{c_{s0}^2} \frac{\partial^2 \psi_{\theta}}{\partial t^2} = 0,$$

$$\Gamma_{\mu} (\nabla^2 \psi_r - \frac{\psi_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial \psi_{\theta}}{\partial \theta}) - \frac{1}{c_{s0}^2} \frac{\partial^2 \psi_r}{\partial t^2} = 0.$$

где $\Gamma_{\lambda\mu}^{\bullet} = 1 - \Gamma_{\lambda\mu}^C(\omega_R) - i\Gamma_{\lambda\mu}^S(\omega_R)$, $\Gamma_{\mu}^{\bullet} = 1 - \Gamma_{\mu}^C(\omega_R) - i\Gamma_{\mu}^S(\omega_R)$; $\Gamma_{\lambda\mu}^C(\omega_R), \Gamma_{\lambda\mu}^S(\omega_R)$, $\Gamma_{\mu}^C(\omega_R), \Gamma_{\mu}^S(\omega_R)$ - соответственно косинус и синус изображения Фурье ядер релаксаций, определяются аналогично (4); $c_p^2 = (\lambda_0 + 2\mu_0) / \rho$, $c_s^2 = \mu_0 / \rho$ - скорости распространения продольных и поперечных волн. Геометрия объекта и естественное предположение о характере волнового движения вдоль оси OZ позволяют в значительной мере предугадать форму искомой скалярной и векторной функции. Они должны представлять волны, бегущие вдоль оси OZ. Решение уравнений (4) ищем в виде :

$$\left. \begin{aligned} \varphi(r, \theta, z, t) &= \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n(\alpha r) \begin{Bmatrix} \cos n\theta \\ -\sin n\theta \end{Bmatrix} e^{\pm i\gamma_p z} e^{-i\omega t}; \\ \psi_r(r, \theta, z, t) &= \sum_{n=0}^{\infty} \psi_{nr}(\beta r) \begin{Bmatrix} \sin n\theta \\ -\cos n\theta \end{Bmatrix} e^{\pm i\gamma_p z} e^{-i\omega t}; \\ \psi_{\theta}(r, \theta, z, t) &= \sum_{n=0}^{\infty} \psi_{n\theta}(\beta r) \begin{Bmatrix} \cos n\theta \\ -\sin n\theta \end{Bmatrix} e^{\pm i\gamma_p z} e^{-i\omega t}; \\ \psi_z(r, \theta, z, t) &= \sum_{n=0}^{\infty} \psi_{nz}(\beta r) \begin{Bmatrix} \sin n\theta \\ \cos n\theta \end{Bmatrix} e^{\pm i\gamma_p z} e^{-i\omega t}; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где n - целое число; γ_p - постоянная величина распространения волн; $\omega = 2\pi f$ - собственная частота; $r = \frac{r_1}{a_0}, z = \frac{z_1}{a_0}$. На бесконечности ($r \rightarrow \infty$) ставятся условия Зоммерфельда для каждого компонента. Подставляя (5) в (4) получим следующие обыкновенные дифференциальные уравнения с комплексными коэффициентами:

$$\frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} + \left(\alpha^2 - \frac{n^2}{r^2} \right) \varphi = 0; \quad \frac{d^2\psi_z}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\psi_z}{dr} + \left(\beta^2 - \frac{n^2}{r^2} \right) \psi_z = 0; \quad (6)$$

$$\frac{d^2\psi_\theta}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\psi_\theta}{dr} + \frac{1}{r^2} (-n^2\psi_\theta + 2n\psi_r - \psi_\theta) + \beta^2\psi_\theta = 0;$$

$$\frac{d^2\psi_r}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\psi_r}{dr} + \frac{1}{r^2} (-n^2\psi_r + 2n\psi_\theta - \psi_r) + \beta^2\psi_r = 0;$$

где $\alpha^2 = \frac{\Omega^2}{\gamma^2} - \gamma_p^2$; $\beta^2 = \Omega^2 - \gamma_p^2$; $\Omega = \frac{\omega\alpha}{c_s}$; $\gamma^2 = \frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}$.

Решения двух остальных уравнений в (6) выражаются также через функции Бесселя и Ханкеля. Для определения интегральных постоянных используются граничные условия (3). Тогда получим систему однородных алгебраических уравнений. Необходимым и достаточным условием существования решения этой системы является равенство нулю ее детерминанта и элементы которых выражаются через функции Бесселя и Неймана n -го порядка комплексного аргумента. Для решения трансцендентного уравнения применяется метод Мюллера, на каждой итерации метода Мюллера применяется метод Гаусса с выделением главного элемента. Таким образом, решение уравнения не требует раскрытия определителя. В качестве начального приближения выбираем фазовые скорости волн соответствующей упругой системы. Для комплексных корней метод Мюллера упрощает вычисления и обеспечивает более быструю сходимость. Результаты получены при следующих исходных данных: $R = 0.09m$, $\rho_0 = 7800 \text{ кг} / \text{м}^3$, $E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Н} / \text{м}^2$, $\nu = 0.3$. Поскольку в любом

твёрдом теле коэффициент Пуассона лежит в пределах $0 < \nu \leq 1/2$, всегда выполняется неравенство $\omega_1 < \omega_2$.

Литература:

1. Новожилов, К.Ф. Черных, Е.И. Михайловский В.В. Линейная теория тонких оболочек. – Л.: Политехника, 1991. – 656 с.

G'OVAK MUHITLARDA IKKI KOMPONENTALI SUSPENZIYA SIZISHI JARAYONINING “GIBRID” MATEMATIK MODELI

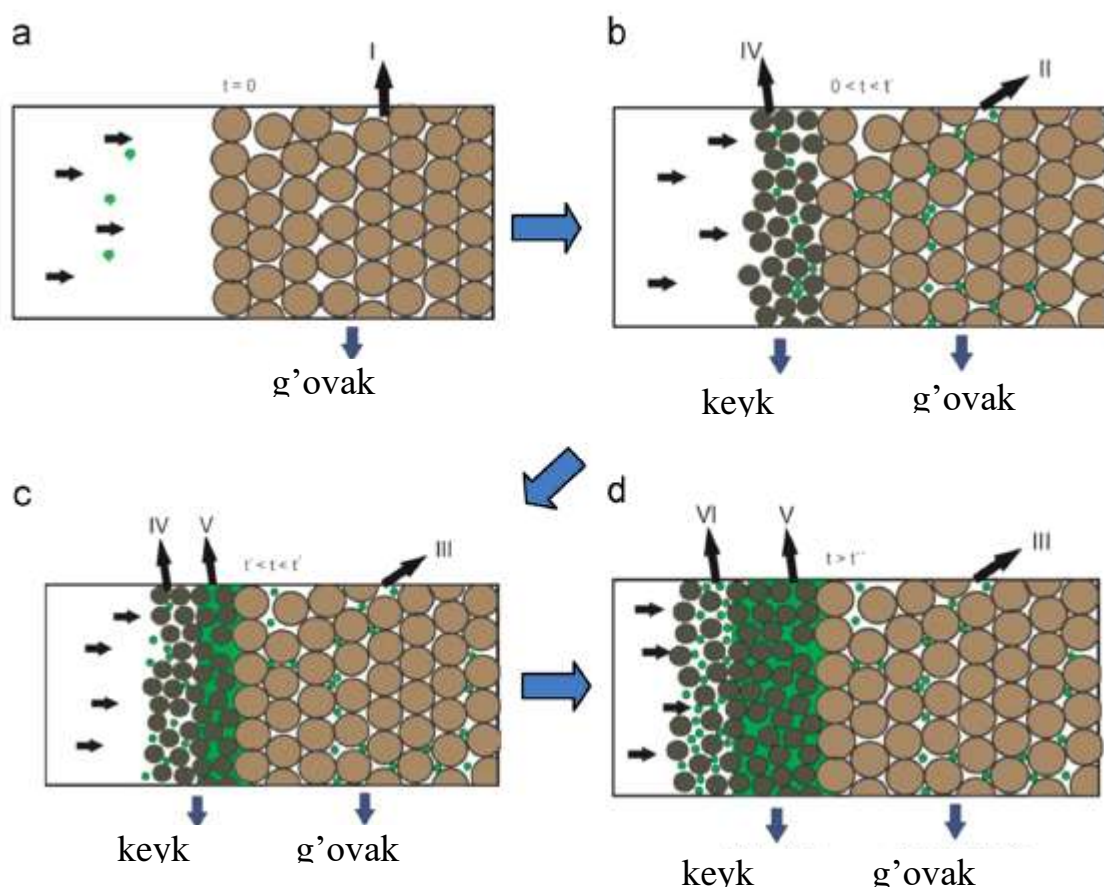
Tursunova Shaxnoza, Fayziev Bekzodjon

Samarqand davlat universiteti,

shaxnoza__7077@mail.ru, fayzievbm@mail.ru

G'ovak muhitlarda modda ko'chishi va suyuqliklar sizishi neft gaz qazib olish, kimyo texnologiyasi, gidrologiya, ekologiya va boshqa ko'plab texnologik jarayonlarda uchraydi [1,2]. Bu masalalarni tadqiq qilish ushbu texnologik jarayonlarni tahlil qilish, baholash va loyihalashtirishga imkon beradi. Bu turdagi masalalarni tajribalar vositasida o'rganish juda ko'p mablag' va vaqt talab qiladi. Shuning uchun, odatda, bunday masalarni o'rganish uchun matematik modellar tuzilib, matematik masalalarni yechish algoritmlari va dasturiy ta'minoti yaratiladi. Ushbu maqolada g'ovak muhitlarda konvektiv ko'chish, gidrodinamik dispersiya, muallaq zarralar o'titib qolishi va qayta oqimga qo'shilishi va boshqalarni hisobga olib moddalar ko'chishining yangi matematik modellari tuziladi va sonli tahlil qilinadi. Birjinslimas g'ovak muhitlarda modda ko'chishining gibrid modeli tuziladi. Bunda keyk qatlam hosil qilib suspenziya suzulishi (cake filtration) matematik modeli muhitning ichki qismida cho'kma hosil bo'lib birjinslimas suyuqliklar sizishi (deep bed filtration) modellari bilan “tikiladi”. Shunday qilib, cake filtration va deep bed filtration ni bir vaqtning o'zida hisobga oluvchi model tuziladi. Bunday “gibrid” model asosida tuzilgan masalalarni yechish uchun samarali sonli algoritmlar tuziladi.

Odatda, zarrachalar kattaligi bo'yicha ikki yoki undan ortiq komponentali suspenziyalar uchun keyk-qatlam va muhitning ichida cho'kma hosil qilib birgalikda sizish kuzatiladi. Xususan, ikki o'lchamli suspenziyalar uchun keyk-qatlam va muhit ichida cho'kma hosil bo'lishi bosqichlari aniqlanadi. Oqim va filtrlash samaradorligiga qarshilik baholanadi. Keyin model polidispers zarrachali suspenziya holi uchun umumlashiriladi. Hisoblash natijalari mavjud eksperimental ma'lumotlar bilan taqqoslanadi.



1-rasm. G'ovak muhitda ikki komponentali suspenziya sizishi sxemasi [3].

Bu yerda g'ovak muhitda ikki komponentali suspenziya sizishi jarayoni ikki xil ssenariy bo'yicha kechishi mumkin [3]: (a) ikki o'lchamli zarrachali suspenziya haydalinshining boshlanishi; (b) katta zarrachalar tomonidan bir vaqtning o'zida keyk hosil bo'lishi bilan kichik zarralarni chuqur qatlamli filtrlash; (c) kichik zarrachalar o'tish vaqtida keyin keyk qatlam bo'shlig'ini to'ldirishni boshlaydi; (d) mayda zarrachali keykqatlam old tomoni katta zarrachali keyk qatlam old qismiga yetib kelganidan keyin aralash-partiyali keyk qatlamning rivojlanishi.

ADABIYOTLAR

1. Веницианов Е.В., Рубинштейн Р.Н. Динамика сорбции из жидких сред. – М.: Наука, 1983. – 237 с.
2. Минц Д.М. Фильтрация молокоцентрированных водных суспензий через зернистые слои. Науч.тр. Акад. коммун. хоз., вып. 2-3, 1951.
3. R.N. Sacramento, etc., Deep bed and cake filtration of two-size particle suspension in porous media, Journal of Petroleum Science and Engineering, 126, 2015, 201-210.

ЗАДАНИЯ НАЧАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ РЕАГИРУЮЩИХ СТРУЙ

Ходжиев Сафар

Бухарский государственный университет.

s.hojiev@buxdu.uz, safar1951@yandex.ru

Закономерности струйного турбулентного течения лежат в основе организации рабочих процессов большого числа технических устройств, круг которых непрерывно расширяется. Стремление управлять интенсивностью протекания процессов требует знания не только общих закономерностей указанного типа течения, но и учета конкретных начальных условий истечения и предыстории потока.

Исследования, выполненные различными авторами [1-4] свидетельствует о существенном характере влияния начального уровня турбулентности на параметры струй и форму факела. Эти и другие работы подчеркивают, что увеличение начальных кинетической энергии турбулентности в пределах $3\% \leq k_0 \leq 7\%$ приводит к перестройке микроструктуры потока в начальном и переходном участках струи, которая сказывается на характеристиках осредненного течения. Дальнейший рост начальных значений кинетической энергии турбулентности струи газа приводит к более быстрому затуханию ее осевой скорости с одновременным

уменьшением ядра струи с практическим его исчезновением при k равной 20 %- исходного значения скорости основного потока. Обзор существующих литературных источников показал, что исследования в двумерных плоских осесимметричных течениях, проведенные различными авторами, носят, в основном, экспериментальный характер. В некоторых работах [3-4] дается объяснение относительно влияния исходных значений кинетической энергии турбулентности на параметры струи, а относительно диссипации энергии турбулентности ничего не сказано, что сильно затрудняет формулирование краевых условий относительно диссипации энергии турбулентности при численном исследовании трехмерных струй реагирующих газовых смесей. При постановке граничных условий требуется определить начальные данные k (кинетическая энергия турбулентности) и ϵ (диссипация кинетической энергии турбулентности) на срезе сопла.

В данной работе распределение k и ϵ на срезе сопла определено выражениями $k = \alpha u^2$, $\epsilon = \beta u^{3/2}$, α, β , - эмпирические постоянные. «Произвольность» выбора этих величин должна обеспечить значения турбулентной вязкости $\mu_T = \frac{C_\mu \rho k^2}{\epsilon}$, соответствующих действительной картине течения.

В данной работе приводятся некоторые численные результаты исследования трехмерного турбулентного диффузионного горения пропан-бутановой смеси, истекающей из сопла прямоугольной формы и распространяющийся в покоящейся среде воздуха на основе двухпараметрической модели турбулентности, в частности, изучения влияния исходного значения турбулентности на параметры факела.

Система дифференциальных уравнений, описывающая рассматриваемый процесс и граничные условия, метод решения аналогичны тем, которые приведено в работе [5]. В качестве примера были проведены расчеты при следующих исходных данных:

I. Зона окислителя:

II. Зона горючего:

$$u_1 = 0; \quad T_1 = 300 \text{ K}; \quad (C_4)_2 = 0,88 \quad T_2 = 1200 \text{ K}; \quad u_2 = 61 \text{ м/с};$$

$$(C_1)_1 = 0,232; (C_2)_1 = 0; \quad (C_3)_1 = 0; (C_4)_1 = 0,768; \quad (C_2)_2 = 0,12; \quad (C_1)_2 = 0; (C_3)_2 = 0;$$

$$k_1 = \beta_1 u_1^2; \quad \varepsilon_1 = \gamma_1 k_1^{3/2}; \quad k_2 = \beta_2 u_2^2; \quad \varepsilon_2 = \gamma_2 k_2^{3/2};$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \beta_1, \beta_2$ – некоторые безразмерные константы (индекс 1 относится к параметрам окислителя, а 2-параметрам горючего).

Кроме того, набор эмпирических констант, входящих в « $k-\varepsilon$ » модели турбулентности брались такими, как в работе [6].

В расчетах β_2 варьировалось так, что безразмерное начальное значение кинетической энергии турбулентности не превышало 10% от безразмерной исходной скорости струи горючего, а начальные значения диссипации кинетической энергии турбулентности горючего и окислителя соответственно не превышались 5% от безразмерного исходного значения скорости. При увеличении безразмерного исходного значения k_2 , т.е. при $k_2 = 0,05$ (сравнением $k_2 = 0,01$) ядро струи уменьшается и при удалении от устья сопла значения продольной скорости быстрее падает и область смещения становится шире. Из профилей продольной скорости, полученных в $\bar{x} = 10$ следует, что изменения ее по оси y и z становится подобными, т.е. форма струи приобрела круглую форму. Необходимо отметить, что, увеличение интенсивности турбулентности приводит к интенсивности перемешивания и горения, что приводит к сужению ширины и укорачиванию длины факела и приводятся ряд другие численные результаты.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй.-М.: Наука, 1984,-715 с.
2. ВУЛИС Л.А.,ЯРИН Л.П. Аэродинамика факела.– Л.:Энергия.1978., -216с.
3. ЛАРЮШКИН М.А. Некоторые закономерности влияния начального уровня турбулентности на развитие прямоугольной струи. Тр. Московского энер. Института, 1981, №524, с.26-30.

4. ДВОЙНИШНИКОВ В.А., ЛАРЮШКИН Н.А., КНЯЗЬКОВ В.П. Влияния начальных условий на развитие турбулентности струи.// Энергетика и транспорт. –М.:1981, № 4, с. 167-170.

5. ХОДЖИЕВ С. , ЖУМАЕВ З. Ш. , ПИРИМОВ А. , МУМИНОВА З. А. Исследование трехмерных турбулентных струй реагирующего газа , истекающего из прямоугольного сопла и распространяющегося в спутном (затопленном) потоке воздуха при диффузионном горении. // Узбекский журнал Проблемы механики -1993., №2., с.28-33.

НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОЙ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ

СОБОЛЕВА $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$.

Хаятов Х.У., Барноева З.Е.

Бухарский государственный университет, vera00@mail.ru

Впервые С. Л. Соболевым [1] была поставлена задача о нахождении экстремальной функции для интерполяционной формулы и вычисление нормы функционала погрешности в пространстве Соболева.

Теории интерполяционных формул построены многими авторами, например [1-8]. Допустим, что в $n+1$ произвольно расположенных точках $\{x_i\}$ ($i = \overline{0, N}$), которые ниже мы будем называть узлами интерполирования, даны значения $f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_N)$ функции $f(x)$.

Требуется построить интерполяционную формулу $P_f(x)$, т.е.

$$f(x) \cong P_f(x) = \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda(x) f(x_\lambda), \quad (1)$$

совпадающую с функцией $f(x)$ в узлах интерполирования:

$$f(x_i) = P_f(x_i), \quad i = 0, 1, \dots, N, \quad (2)$$

здесь, точки $x_\lambda \in T_1$ и параметры $C_\lambda(x)$ называем соответственно узлами и коэффициентами интерполяционной формулы (1), T_1 - одномерный тор, т.е.

окружность длины, равная единице.

Важной задачей в теории интерполирования является нахождение максимума погрешности интерполяционной формулы $f(x) \cong P_f(x)$ над данным классом функций. Значение этой функции в некоторой точке z есть функционал, определенный как

$$\langle \ell(x), f(x) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) f(x) dx = f(z) - P_f(z) = f(z) - \sum_{\lambda=0}^N C_{\lambda}(z) f(x_{\lambda}) \quad (3)$$

где ясно, что $P_f(z) = \sum_{\lambda=0}^N C_{\lambda}(z) f(x_{\lambda})$ - интерполяционная формула

и

$$\ell(x) = \delta(x-z) - \sum_{\lambda=0}^N C_{\lambda}(z) \delta(x-x_{\lambda}) \quad (4)$$

функционал погрешности этой интерполяционной формулы, $C_{\lambda}(z)$ - коэффициенты, а x_{λ} узлы в формуле $P_f(z)$, $x_{\lambda} \in [0,1]$, $\delta(x)$ - дельта-функция Дирака и $f(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$.

Определение 1. Пространство $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ определяется как пространство функций, заданных одномерным T_1 - окружность длины, равная единице, и имеющих все обобщённые производные порядка m , суммируемые с квадратом [2].

Пространство $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ становится гильбертовым, если в него ввести скалярное произведение

$$\langle f(x), \phi(x) \rangle = \int_{T_1} f^{(m)}(x) \phi^{(m)}(x) dx + \left(\int_{T_1} f(x) dx \right) \left(\int_{T_1} \phi(x) dx \right).$$

Норма определяется по формуле

$$\|f/\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)\|^2 = \left(\int_{T_1} f(x) dx \right)^2 + \sum_{k \neq 0} |2\pi k|^{2m} |\hat{f}_k|^2. \quad (5)$$

Известно, что

$$\|\ell/\tilde{W}_2^{(m)*}(T_1)\| = \sup_{\|\phi\| \neq 0} \frac{|\langle \ell, \phi \rangle|}{\|\phi/\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)\|}.$$

Функционал погрешности $\ell(x)$ интерполяционной формулы $P_f(z)$ является линейным непрерывным функционалом в пространстве $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$.

Справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Квадрат нормы функционала погрешности интерполяционной формулы (1) над пространством $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ равен

$$\left\| \ell / \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\|^2 = \left| 1 - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \cos 2\pi kz - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^{2m}}, \quad (6)$$

где $C_\lambda(z)$ - коэффициенты, $x^{(\lambda)}$ - узлы интерполяционной формулы вида (1).

Лемма. Квадрат нормы функции $u(x)$ в пространстве $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ равен:

$$\left\| u / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\|^2 = \left| 1 - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \cos 2\pi kz - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^{2m}}.$$

Справедлива следующая

Теорема 2. Равенство $\left\| \ell / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\| = \left\| u / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\|$ и $u(x) = \psi_\ell(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$

подтверждает, что

$$u(x) = 1 - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\hat{\ell}_k e^{-2\pi i k x}}{k^{2m}}$$

является экстремальной функцией для интерполяционной формулы (1) и $u(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$.

Таким образом, учитывая $\left\| u / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\|^2 =$

$$\left| 1 - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) \right|^2 + \sum_{k \neq 0} (2\pi)^{2m} k^{2m} \frac{|\hat{\ell}_k|^2}{(2\pi)^{4m} k^{4m}}, \quad \left\| \ell / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\| = \left\| u / \tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \right\|$$

и условия леммы для квадрата нормы функционала погрешности интерполяционной формулы (1), имеем

$$\left\| \ell / \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\|^2 = \left| 1 - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^{2m}} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \cos 2\pi kz - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda(z) e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^{2m}}, \quad (7)$$

Основным результатом настоящей работы является

Теорема 3. В периодическом пространстве Соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ существует единственная оптимальная интерполяционная формула вида (1) с функционалом погрешности (4), коэффициенты которой при $m=2$ имеют следующий вид

$$C_{\lfloor \beta \rfloor}(z) = \frac{1 + \frac{1}{(2\pi)^4} \frac{1}{N^4} \sum_{k \neq 0} \frac{\cos 2\pi k(z - h\beta)}{k^4}}{N \left(1 + \frac{1}{(2\pi)^4} \frac{1}{N^4} \sum_{k \neq 0} \frac{1}{k^4} \right)}, \quad (8)$$

где $\beta = \overline{1, N}, N = 2, 3, \dots$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Соболев С.Л. Об интерполировании функций n переменных. Докл. АН СССР, 1961, 137, с. 778-781.
- [2] Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул. М.: Наука, 1974. - 808с.
- [3] Шадиметов Х.М, Маматова Н.Х. Об одной интерполяционной задаче в пространстве Соболева. Узбекский математический журнал. Ташкент, 2009, №3, - С.180-186.
- [4] Хаётов А.Р. Об оптимальных интерполяционных формулах в пространстве $W_2^{(m, m-1)}(0,1)$. Узбекский математический журнал. Ташкент, 2010, №2,- С.173-179.
- [5] Хаётов А.Р. Алгоритм вычисления коэффициентов оптимальных интерполяционных формул в пространстве $W_2^{(m, m-1)}(0,1)$. Узбекский математический журнал. -Ташкент, 2010, №3,- С.154-161.
- [6] Шадиметов Х.М., Жалолов Ик.И. Оптимальная квадратурная формула в пространстве Соболева. Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2016. - № 2. –С. 94-102.
- [7] Жалолов О. И., Хаятов Х. У. Алгоритм построения оптимальной интерполяционной формулы в пространстве С.Л.Соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$.

Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2023. - № 1. – С. 47-59.

[8] Jalolov O. I. Weight optimal order of convergence cubature formulas in Sobolev space, AIPConference Proceedings 2365, 020014 (2021), <https://doi.org/10.1063/5.0057015>.

ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВА В ЭЛЕМЕНТЕ ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТОЙ СРЕДЫ С УЧЕТОМ АНОМАЛЬНОСТИ В ТРЕЩИНЕ И ПОРИСТОМ БЛОКЕ

Хужаёров Б.¹, Эшдавлатов З.З.², Акрамов Ш.Б.³

^{1,2,3}Самаркандский государственный университет

b.khuzhayorov@mail.ru; z.eshdavlatov@mail.ru

В работе рассматривается элемент трещиновато-пористой среды (ТПС), который состоит из трещины и прилегающего к ней пористого блока (матрицы). Трещина представляет собой объект одномерной полубесконечной формы [1-3], и распределение вещества и течение жидкости через ее поперечное сечение считается одномерным. В такой постановке второе измерение трещины, т.е. ее толщина не принимается во внимание. Пористый блок занимает первую четверть плоскости. Таким образом, рассматривается область $R\{0 \leq x < \infty, 0 \leq y < \infty\}$. Предположим, что жидкость в трещине течет с постоянной скоростью v . Жидкость с начальной концентрацией вещества c_0 подается через конец $x=0$ трещины. Изначально трещина и пористый блок заполнены чистой (без вещества) жидкостью. В трещине происходит конвективно-диффузионный перенос вещества, а в пористом блоке - только диффузионный. Здесь аномальные явления могут проявляться в трещине и пористом блоке в различной степени, что обуславливает различные варианты проявления взаимовлияния аномальных явлений в трещине и пористом блоке.

Уравнения переноса вещества в элементе ТПС принимаем в виде

$$b \left(\frac{\partial^\alpha c_f}{\partial t^\alpha} + \bar{v} \frac{\partial c_f}{\partial x} \right) = b D_f \frac{\partial^\beta c_f}{\partial x^\beta} + m_0 D_m \frac{\partial^\delta c_m}{\partial y^\delta} \Big|_{y=0}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial^\gamma c_m}{\partial t^\gamma} = D_m \frac{\partial^{1+\delta} c_m}{\partial y^{1+\delta}}, \quad (2)$$

где $c_m = c_m(t, x, y)$ – концентрация в пористом блоке (матрице), $\text{м}^3/\text{м}^3$; $c_f = c_f(t, x)$ – концентрация вещества в трещине, $\text{м}^3/\text{м}^3$; D_f – коэффициент диффузии в трещине, $\text{м}^{1+\beta}/\text{с}^\alpha$; \bar{v} – скорость движения жесткости, $\text{м}/\text{с}^\alpha$; D_m – коэффициент аномальной диффузии в матрице, $\text{м}^{1+\delta}/\text{с}^\gamma$; b – ширина трещины, м ; m_0 – коэффициент пористости в матрице, t – время, с ; x – координата; α, γ – порядок дробной производной по времени, а β, δ – порядок дробной производной по координате ($0 < \alpha, \gamma, \delta \leq 1, 1 < \beta \leq 2$).

Считается, что до границ матрицы $y = \infty$ и $x = \infty$ концентрационный фронт c_m не доходит. При этих условиях начальные и граничные условия имеют вид:

$$c_f(0, x) = 0, \quad c_m(0, x, y) = 0, \quad (3)$$

$$c_f(t, 0) = c_0, \quad c_f(t, \infty) = 0, \quad c_0 = \text{const}, \quad (4)$$

$$c_m(t, x, 0) = c_f(t, x), \quad c_m(t, x, \infty) = 0. \quad (5)$$

Задача (1), (2) при условиях (3) - (5) решается методом конечных разностей [4]. Для этого построим сетку $\bar{\omega}_{h_1 h_2 \tau} = \{(t_j, x_i, y_k)\}$, $t_j = \tau j$, $x_i = ih_1$, $y_k = kh_2$, $j = \overline{0, J}$, $i = \overline{0, 1, \dots}$, $k = \overline{0, 1, \dots}$, $\tau = T/J$, где h_1 – шаг сетки по оси x , h_2 – шаг сетки по направлению y , τ – шаг сетки по времени, T – максимальное время, в течение которого исследуется процесс, J – количество интервалов сетки по оси Ot .

Уравнения (1), (2) аппроксимируются на сетке $\omega_{h_1 h_2 \tau}$. Для этого используем явную схему, а дробные производные определены в смысле Капуто [5]. Следовательно, аппроксимации имеют вид

$$\frac{1}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha} \left[\sum_{p=0}^{j-2} ((c_f)_i^{p+1} - (c_f)_i^p) \cdot ((j-p+1)^\alpha - (j-p)^\alpha) + (c_f)_i^{j+1} - (c_f)_i^j \right] +$$

$$+ v \frac{(c_f)_{i+1}^j - (c_f)_i^j}{h_1} = m_0 D_m \frac{(c_m)_{i,1}^j - (c_m)_{i,0}^j}{b\Gamma(2-\delta)h_2^\delta} + \quad (6)$$

$$+ \frac{D_f}{\Gamma(3-\beta)h_1^\beta} \cdot \sum_{q=0}^{i-1} ((c_f)_{i-(q-1)}^j - 2(c_f)_{i-q}^j + (c_f)_{i-(q+1)}^j) \times ((q+1)^{2-\beta} - q^{2-\beta}),$$

$$\frac{1}{\Gamma(2-\gamma)\tau^\gamma} \left[\sum_{l=0}^{j-2} ((c_m)_{i,k}^{l+1} - (c_m)_{i,k}^l) \cdot ((j-l+1)^\gamma - (j-l)^\gamma) + (c_m)_{i,k}^{j+1} - (c_m)_{i,k}^j \right] =$$

$$= D_m \frac{1}{\Gamma(2-\delta)h_2^{1+\delta}} \cdot \sum_{r=0}^{k-1} ((c_m)_{i,k-(r-1)}^j - 2(c_m)_{i,k-r}^j + (c_m)_{i,k-(r+1)}^j) \times ((r+1)^{1-\delta} - r^{1-\delta}),$$

(7)

где $(c_f)_i^j, (c_m)_{i,k}^j$ – сеточные значения концентраций $c_f(t, x)$ и $c_m(t, x, y)$ в точках сетки (t_j, x_i) и (t_j, x_i, y_k) , соответственно, $\Gamma(x)$ – гамма функция.

Численные результаты показывают, что при одновременном учете аномальных явлений в трещине и пористом блоке образуются различные варианты взаимодействия эффектов “медленной” и “быстрой” диффузии. Установлено, что “медленная” диффузия в трещине приводит к “медленной” диффузии в пористом блоке. Аналогично, “быстрая” диффузия в трещине приводит к такой же “быстрой” диффузии в пористом блоке. “Медленная” диффузия в пористом блоке приводит к “быстрой” диффузии в трещине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хужаёров Б.Х., Норкулов О.М. Перенос вещества в трещиновато-пористой среде с учетом диффузионных эффектов // ДАН РУз. Выпуск 3, Ташкент, 2006, ст. 38-41.
2. Хужаёров Б.Х., Норкулов О.М. Юлдашев Т.Р. Гидродинамическая модель физико-химического заводнения залежей с трещиновато-пористыми коллекторами // Узбекский журнал нефти и газа, Выпуск 4, Ташкент, 2008, ст. 26-29.
3. Khuzhayorov B., Mustofoqulov J. Transport of Active Solute in a Fractured Porous Medium with Nonequilibrium Adsorption // International Journal of

Advanced Research in Science, Engineering and Technology, 2018, Vol. 5, Issue 12, 7589-7597 pp.

4. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1977, 656 с.

5. Caputo M. Models of flux in porous media with memory //Water Resour. Res. 36(3). 2000. Pp. 693–705.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ АНОМАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА ВЕЩЕСТВА С МНОГО-ЧЛЕННЫМИ ДРОБНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ПО ВРЕМЕНИ

¹Хужаёров Б.Х., ²Холлиев Ф.Б., ³Хасанов С.Ч.

^{1,2}Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан.

³Термезский государственный университет, Термез, Узбекистан.

b.khuzhayorov@mail.ru; surxon88@bk.ru

В работе рассматривается численное решение уравнения диффузии с много-членными дробными производными по времени в конечной области. Определены профили изменения концентрации вещества. Оценено влияние порядка производной по координате и времени, т.е. фрактальной размерности среды, на характеристики переноса вещества. Результаты проанализированы для случая, когда уравнение диффузии содержит сумму членов с разными порядками производной по времени.

Сложная траектория частиц жидкости и вещества в межагрегатной среде, трещинах и пористых блоках обуславливает аномальность переноса, так что обычные уравнения конвективного переноса не могут адекватно описать перенос вещества. Уравнения переноса веществ должны учитывать эту аномальность. Такие среды могут быть рассмотрены как фракталы.

В [1] рассмотрено уравнение волновой диффузии с много-членными дробными производными по времени. Много-членные дробные производные по времени определяются в смысле Капуто, порядки которых принадлежат в интервал $[0,1)$, $[1,2)$, $[2,3)$ и $[3,4)$ соответственно. Предлагаются с вычислительной точки зрения эффективные численные методы

моделирования много-членных уравнений волновой диффузии с дробным производными по времени. Эти методы и приемы могут быть распространены также на другие виды много-членных дробных пространственно-временных моделей.

В [2] рассмотрены начально-краевые задачи для обобщенного много-членного уравнения диффузии с дробным производными по времени в открытой ограниченной области $G \times (0, T)$, $G \in R^n$. На основе соответствующего принципа максимума, который также формулируется и доказывается, устанавливаются некоторые априорные оценки решения, а затем и его единственность. Чтобы показать существование решения, сначала строится формальное решение с использованием метода разделения переменных Фурье.

В данной работе поставлена и численно решена задача переноса вещества в пористой среде на основе уравнения диффузии с много-членными дробными производными по времени. Показано влияние порядков дробных производных по времени на характеристики переноса, в частности, на распределение концентрации вещества в различные моменты времени.

Много-членное уравнение дробной диффузии по времени может быть решено аналитически с помощью преобразования Лапласа и метода разделения переменных с использованием многомерной функции Миттаг-Леффлера. Однако выражение решения сложное и неудобное для использования. Предложенная в статье неявная конечно-разностная схема эффективна для численного решения многочленного уравнения дробной диффузии по времени.

Уравнение диффузии с много-членными производными по времени записывается как [3]

$$\frac{\partial^\alpha c}{\partial t^\alpha} + \sum_{s=1}^n r_s \frac{\partial^{\beta_s} c}{\partial t^{\beta_s}} = D \frac{\partial^\gamma c}{\partial x^\gamma} + f(t, x), \quad (1)$$

где $\alpha, \beta_s, s = \overline{1, n}, \gamma$ – порядки производных. $0 < \beta_s < \beta_{s-1} < \dots < \beta_1 < \alpha < 1$. Порядки дробных производных α и γ изменяются в следующем диапазоне:

$0 < \alpha \leq 1, 1 \leq \gamma \leq 2$. Если c – безразмерная величина, то $\left[\frac{\partial^\alpha c}{\partial t^\alpha} \right] = T^{-\alpha}, [r_s] = T^{\beta_s - \alpha},$

$[D] = L^\gamma / T^\alpha, [f(t, x)] = T^{-\alpha}, L$ – размерность длины, T – размерность времени.

Возьмем в качестве примера уравнение диффузии с трехчленными дробными производными по времени и рассмотрим следующую начально-краевую задачу. Модель можно преобразовать в следующую более простую форму при $n=2$ и $f=0$

$$\frac{\partial^\alpha c}{\partial t^\alpha} + r_1 \frac{\partial^{\beta_1} c}{\partial t^{\beta_1}} + r_2 \frac{\partial^{\beta_2} c}{\partial t^{\beta_2}} = D \frac{\partial^\gamma c}{\partial x^\gamma}. \quad (2)$$

Начальные и граничные условия имеют вид:

$$c_m(0, x) = 0, \quad c_m(t, 0) = c_0, \quad c_m(t, \infty) = 0. \quad (3)$$

Численные расчеты показывают, что учет много-членности диффузионного уравнения по сравнению с одно-членным уравнением приводит к замедленному распространению концентрации вещества в среде. Показано, что увеличение значения постоянных коэффициентов (r_1 и r_2) при локальных дробных производных по времени способствует усилению процесса замедления распространения профилей концентрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. F.Liu, M.M. Meerschaert, R. McGough, P.Zhuang, Q.Liu. Numerical methods for solving the multi-term time-fractional wave-diffusion equation // An International Journal for Theory and Applications, Vol 16, №1, 2013
2. Yury Luchko. Initial-boundary-value problems for the generalized multi-term time-fractional diffusion equation // J. Math. Anal. Appl. 374 (2011) 538–548
3. Gongsheng Li, Chunlong Sun, Xianzheng Jia, Dianhu Du. Numerical Solution to the Multi-Term Time Fractional Diffusion Equation in a Finite Domain // Numer. math. Theor. Meth. Appl. Vol. 9, No. 3, pp.337-357, 2016.

ИНЕРТНОСТЬ ТЕКУЧИХ МНОГОФАЗНЫХ СРЕД К ДЕФОРМАЦИОННЫМ ПРОЦЕССАМ

Мирзоев А.А., Ахмедов Н. Иброхимов А.Р.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз,

Ташкентский государственный транспортный университет,

Ферганский политехнический институт

Email: akmal.mirzoev78@mail.ru

В статье предложен новый подход моделирования внутренних процессов переноса физических субстанций при одновременном участии в данном процессе различного уровня структурных единиц. Считая [1-4], что при движении жидкостей, во внутреннем процессе переноса плотности количества движения участвуют не только молекулы жидкостей, но и скопление множества молекул (как однородной, так и не однородной среды) физико-механически целостного образования - моли, выдвигается гипотеза, заключающаяся в том, что в процессах внутреннего переноса плотности количества движения молями, динамическая скорость потока является характерной скоростью процесса и этот процесс обуславливает дополнительную силу внутреннего сопротивления, механизм которой существенно отличный от существующих.

На основе вышеприведенной гипотезы, моделируя процесс молярного переноса количества движения, получено уравнение, выражающее пропорциональность напряжения пространственной неоднородности поля ускорений, где коэффициентом пропорциональности является линейная плотность, а также изменению скорости объемного расширения (сжатия):

$$\tau_{ij} = m_l \frac{\partial W_i}{\partial x_j} - Q_i \frac{\partial \dot{\theta}}{\partial x_j}, \quad \text{где } m_l = \frac{\alpha}{\beta} \rho l_*^2, \quad \rho - \text{плотность среды, } l_* - \text{динамическое}$$

расстояние, α, β - безразмерные коэффициенты пропорциональности, τ - компоненты тензора напряжения, W_i - вектор ускорения, Q_i - молярный расход в направлении x_i , $\dot{\theta}$ - скорость объемного расширения (сжатия).

Пользуясь законом Гука $p = -k\theta$, субстационально дифференцируя

которую, и подставив $\dot{\theta}$ в (1), получим $\tau_{ij} = m_l \frac{\partial W_i}{\partial x_j} + \frac{Q_i}{k} \frac{\partial}{\partial x_j} (\dot{p} - \frac{\dot{k}}{k} p)$, где p - гидростатическое давление, k - коэффициент объемной упругости.

Если p и k постоянные то, $\tau_{ij} = m_l \ddot{\gamma}_{ij}$, где $\ddot{\gamma}_{ij} = \frac{\partial W_i}{\partial x_j}$ - тензор ускоренных деформаций. Это уравнение при $\tau_{ij}/m_l = const$ можем записать в виде:

$$(\dot{\gamma}_{ij})_2 - (\dot{\gamma}_{ij})_1 = \frac{\tau_{ij}}{m_l} (t_2 - t_1).$$

Из которого следует, что под действием постоянного напряжения определенное изменение скорости деформации $(\dot{\gamma}_{ij})_2 - (\dot{\gamma}_{ij})_1$ у сред с большей линейной плотностью происходит за более продолжительный промежуток времени. При равенстве $\tau_{ij} = 0$ имеем $\dot{\gamma}_{ij} = const$.

Это уравнение выражает закон изменения формы и объема среды по инерции и указывает на существование инерционных систем отсчета для деформационных процессов.

Таким образом, эти закономерности являются обобщением законов Ньютона для деформируемых сред. аналогично первому и второму закону Ньютона в механике, закономерности инертности могут быть названы первым и вторым законами реодинамики.

В случае вязко-инертно деформируемой среды, дифференциальным уравнением определяющим это напряженно деформационное состояние (НДС) движущейся среды будет: $\tau = \mu \dot{\gamma} + m_l \ddot{\gamma}$.

Решением уравнения относительно скорости деформации будет $\dot{\gamma} = e^{-\frac{\mu}{m_l} t} \left(\dot{\gamma}_0 + \frac{1}{m_l} \int \tau e^{\frac{\mu}{m_l} t} dt \right)$, где τ - напряжение, μ - динамический коэффициент вязкости, $\dot{\gamma}_0$ - начальная скорость деформации, соответствующая напряжению τ_0/μ . Интегрируя второе слагаемое уравнение и считая $\tau = \tau_c = const$ имеем

$$\dot{\gamma} = \frac{\tau_c}{\mu} + (\dot{\gamma}_0 - \frac{\tau_c}{\mu}) e^{-\frac{t}{T_{ret}}} \quad \text{или} \quad \dot{\gamma} - \dot{\gamma}_c = (\dot{\gamma}_0 - \dot{\gamma}_c) e^{-\frac{t}{T_{ret}}}.$$

Здесь $T_{ret} = \frac{m_l}{\mu}$ - время ретардации (запаздывание, последствие, вернее время инертной деформируемости). При $\tau_c = \tau_0$ имеем случай равновестного течения вязкой Ньютонской жидкости $\tau_0 = \mu\dot{\gamma}_0$, а из при $m_l\dot{\gamma} = \tau_\sigma = const$ имеем $\tau - \tau_\sigma = \mu\dot{\gamma}$, где τ_σ - предельное напряжение.

Следовательно, это реологическая модель не исключает, а подтверждает возможность вязкого и вязкопластического течений жидкостей и описывает более широкий класс структур течений жидкостей, обусловленных одновременным проявлением двух внутренних механизмов переноса количества движения в движущихся жидкостях. Таким образом, вновь введенный реологический параметр m_l является мерой деформационной инертности среды. Если в $\tau_c < \tau_0$, то скорость деформации жидкости постепенно уменьшается; если $\tau_c > \tau_0$, то постепенно возрастает с уменьшающейся ускоренной деформацией. Таким образом, при больших T_{ret} среда прибывает большее время в ускоренно деформационном состоянии. Следовательно, течение по предложенной модели не происходит мгновенно как в жидкости Ньютона, а задерживается вследствие инертных свойств жидкости к скоростному деформированию. Следовательно, в реологическом поведении текучих сред, так же как и в реологии твердых тел, появляется необходимость введения понятий вязкого преддействия и последствия, или же инертной сопротивляемости сред к деформациям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эйрих Ф. Реология, теория и приложения. М.: 1962. 824 с.
2. [Рахматуллин Х.А.](#) Прикладная математика и механика. М.: 1956. Т. 20. № 2. с. 139-159.
3. Куропатенко, В.Ф. Новые модели механики сплошных сред // Инженерно-физический журнал. – 2011. – Т. 84, № 1. – С. 74–92.

4. Хусанов И.Н., Ходжаев Я.Д., Мирзоев А.А. Молярный перенос в двухфазной среде // Труды Института механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН Т. 20, Вып. 27. – С. 184–195.

**V SHO‘BA: GELEOFIZIKA VA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA
MANBALARI**

**СЕКЦИЯ №5: ГЕЛИОФИЗИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ
ЭНЕРГИИ**

**SECTION No.5: HELIOPHYSICS AND RENEWABLE ENERGY
SOURCES**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОЛНЕЧНОЙ СУШКИ В
УСТАНОВКАХ КОСВЕННОГО ТИПА С ЕСТЕСТВЕННОЙ
КОНВЕКЦИЕЙ ВОЗДУХА**

Mirzayev Sh.M, Jumayev J, Ibragimov S.

Бухарский государственный университет

Солнечная конвекционная сушилка с водонагревателем нами была изготовлена и установлена в научной лаборатории кафедры «Гелиофизика и возобновляемые источники энергии» Бухарского государственного университета, г. Бухара Республика Узбекистан. При этом размеры данной сушилки подобраны из соображения, что его габариты небольшие, что его можно транспортировать легко [1]. Для того, чтобы теоретически исследовать процесс внутри сушильного аппарата, был составлен математический модель.

Общая схема и вид такого устройства приведена на рисунке 1.

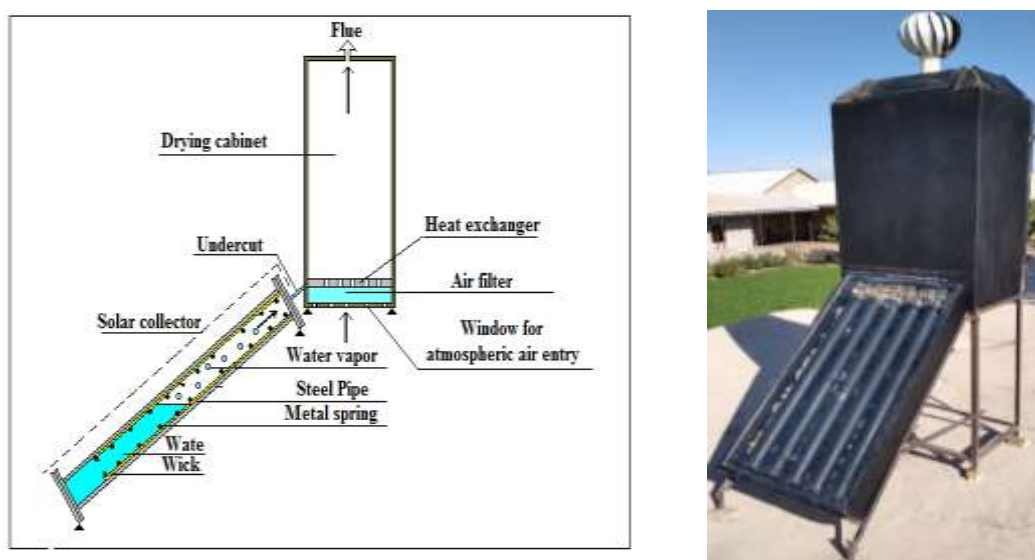


Рис. 1. Схема и вид солнечной сушилки

Из-за разности плотностей внутри солнечного коллектора возникает тепловой поток. Было проведено эксперимент процесса нагрева в течение летнего дня в коллекторе, сушильной камере без пищевых продуктов. Для получения экспериментальных данных выбраны определенные точки в устройстве. Имея в виду эти данные, для того, чтобы понять процесс конвекции внутри закрытой области, произведено численное моделирование.

Уравнения Рейнольдса и уравнения распределения температуры, при учете гипотезы Буссинеска может быть записана следующим образом [2]

$$\begin{cases} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\rho \partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left((v + v_t) \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) + g \beta (\bar{T} - \bar{T}_0), \\ \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \bar{u}_i \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\kappa + \kappa_t) \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} \right) \\ \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} = 0, \quad (i, j = 1, 2, 3). \end{cases} \quad (1)$$

Здесь все обозначения общепринятые [3]

В нашей работе для определения турбулентной вязкости было использовано модель Спаларта-Аллмараса, который имеет вид [4]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial t} + u_j \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_j} = C_{b1} (1 - f_{t2}) \tilde{S} \tilde{\nu} - \left[C_{w1} f_w - \frac{C_{b1}}{k^2} f_{t2} \right] \left(\frac{\tilde{\nu}}{d} \right)^2 + \\ + \frac{1}{\sigma} \left[\frac{\partial}{\partial x_j} \left((v + \tilde{\nu}) \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_j} \right) + C_{b2} \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_i} \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_i} \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь коэффициент турбулентного обмена определяется следующим образом:

$$\nu_t = \tilde{\nu} f_{v1}.$$

Дополнительные функции и константы модели приведены в [4]:

В работе после безразмеривания основных уравнений для разностной аппроксимации применен метод контрольного объема SIMPLE. Интегрирование велось шагом по времени $\Delta t < 0.001$. Моделирование было

начато со времени $t=0$ с и моделировалось до времени, приведенной в эксперименте с использованием фиксированного числа Куранта 1.

На рисунке 2 приведены поле скорости в одной вертикальной плоскости и по всей сушильной камере. Данные температуры в шкале приведены в кельвинах. Как видно из рисунка, при соответствующем выборе нижних пластинок температура равномерно распределяется по сушильной камере. Максимальная температура придерживается почти по всей области.

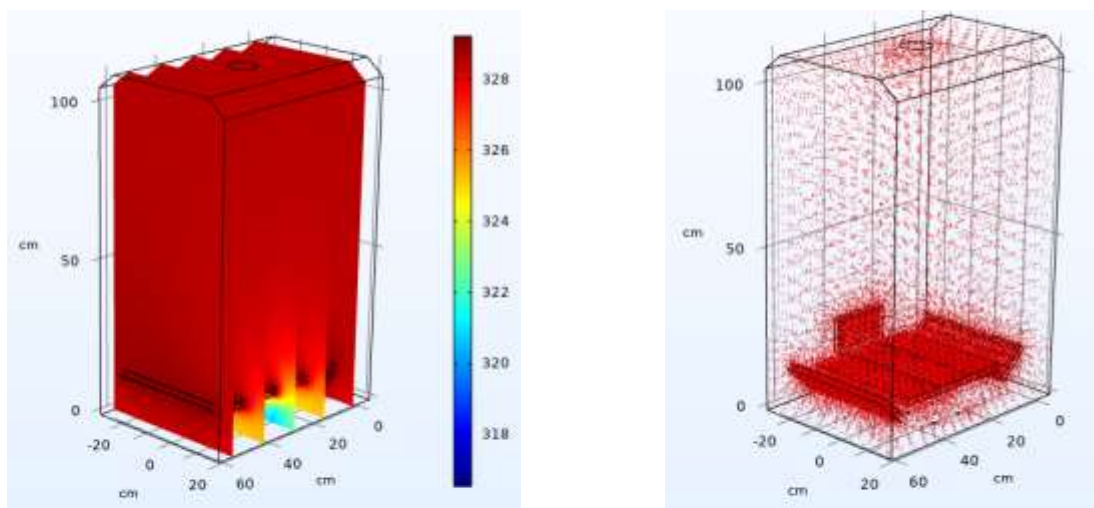


Рис.2. Распределение температуры (в кельвинах) в одной вертикальной плоскости и по всей области.

Таким образом, установлены зависимость температур воздуха у входа и выхода из сушильной камеры, а также в поверхности источника тепла от времени измерения, сопоставлены экспериментальные и расчетные данные, то есть устанавливалась и сравнивалась четкая картинка взаимосвязей между переменными на основе методов многомерного анализа. Цена модели повышает уровень достоверности в производстве горячего (теплого) воздуха с естественной циркуляцией в таких сушильных камерах.

Литература:

1. Mirzaev Sh., Kodirov J., Khamraev S.I. Method for determining the sizes of structural elements and semi-empirical formula of thermal characteristics of solar dryers// APEC-V-2022 IOP Conf. Series: 1070(2022) 012021 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1070/1/012021

2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: «Наука», 1974. 712 с.
3. Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р.Л., Саммакия Б. Свободно-конвективные течения, тепло и массообмен. Кн. 2. - М.: Мир, 1991. - 678с.
4. Spalart P. R., Allmaras S. R. "A one-equation turbulence model for aerodynamic flows", AIAA Paper 1992-0439.

**КОМБИНИРОВАННАЯ СОЛНЕЧНАЯ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ УСТАНОВКА «ТЕПЛИЦА-
ОПРЕСНИТЕЛЬ-ОВОЩЕХРАНИЛИЩЕ»**

Вардияшвили Асфандиер Аскарлович, Каримова Салима Эламоновна

Каршинский государственный университет

vardi41@mail.ru

В связи с растущим дефицитом органического топлива (нефти, газа) и обострением проблемы охраны окружающей среды в настоящее время за рубежом и у нас в республике вопрос об использовании возобновляемых и нетрадиционных источников энергии стал более актуальной проблемой [1].

Население ряда районов мира и республик Средней Азии испытывает острый дефицит пресной воды, и в то же время там имеются значительные запасы соленых вод, непригодных для питья.

Дефицит пресной воды ощущается на территории более 40 стран, расположенных главным образом в аридных, а также засушливых областях и составляет около 60% всей поверхности земной суши и по расчётам, к началу 21 века достигло $120-150 \cdot 10^9$ м³ в год. Этот дефицит может быть покрыт опреснением солёных (солесодержание более 10 г/л) и солоноватых (2-10 г/л) океанических, морских и подземных вод[1,2].

В связи с этим, разработка и создание эффективной комбинированной солнечной установки, предназначенной для получения пресной воды, теплохлodosнабжения теплицы и овощехранилища является актуальной задачей.

С целью научного обоснования целесообразности комбинированного использования солнечной энергии и вторичных энергоресурсов в солнечных теплицах, опреснителях и овощехранилищах, нами произведен теплотехнический подсчет продуктов сгорания газообразного топлива Шуртанского месторождения и получены количественные данные влияния коэффициента избытка воздуха- α , на энтальпию продуктов сгорания топлива и на количество уходящих дымовых газов.

Традиционный подход разработки гелиоустановок предусматривает максимальное поглощение солнечной радиации единицей рабочей поверхности с минимальными материальными затратами на изготовление самой установки при условии выполнения конкретных заданных требований к ее характеристикам. Этот принцип проектирования солнечных установок не всегда дает ожидаемый результат, поскольку теплофизические явления, происходящие в них, носят сложный, комплексный характер. Поэтому нахождение глобального оптимума при проектировании гелиоустановок в результате решения компромиссных задач является важной проблемой гелиотехники. Для успешного решения этих задач необходимо детальное знание всего комплекса теплофизических механизмов, ответственных за неустойчивость, бифуркацию, турбулентные пульсации, смену режимов течения и другие переходы, и влияние на них теплофизических и геометрических параметров установки.

В работе рассматривается расчет и моделирование процесса тепло-и массообмена при испарения соленой воды в насадке с развитой поверхностью губчатого материала, смачивающегося соленой водой, поступающей из коллектора-котла теплоприемника с температурой 60-75⁰С параболоцилиндрического гелиоопреснителя в комбинированной гелиоустановке [2].

Известно, что использование в теплицах водогрейных и опреснительных установок может сэкономить значительную часть солнечной энергии, но всё же её недостаточно для полного теплового обеспечения.

Поэтому комбинированное использование солнечной энергии и энергетических отходов промышленных предприятия и теплогенерирующих установок в теплицах, опреснителях и овощехранилищах позволяет повысить возможность полного исключения прямого и косвенного потребления ископаемого топлива.

Разработанная комбинированная солнечная установка «гелиотеплица-опреснитель-овощехранилище» с использованием нетрадиционных источников в период с сентября по март работает в качестве теплицы, в период март-ноябрь в качестве опреснителя и служит для получения пресной воды, а с ноября по март- в качестве теплицы-овощехранилища. Для этого, параболоцилиндрический концентратор установлен внутри гелиотеплицы. Вода из артезианской скважины насосом падается в параболоцилиндрический концентратор солнечного излучения через реактор. Труба-реактор расположен в фокусе концентратора и соляная вода испаряется за счет влияния падающей солнечной радиации. Затем водяные пары охлаждаются в конденсаторе те же водой где теплота конденсации пара используются для получения горячей воды. Горячая вода применяется для увлажнения воздуха в системе активной вентиляции хранилище, а также покрывает технологические нужды на горячие воды. Полученная пресная вода собирается в баке-отстойника.

Стремление увеличить производительность опреснителей привело к созданию многоступенчатых систем. В них теплота конденсации пара многократно используется для выпаривания рассолов с отдельных цистерн и резервуаров. У нас и за рубежом ведутся исследования по отысканию как конструкционных материалов, снижающих стоимость опреснения, так и способов, повышающих эффективность процесса гелиоопреснения.

Приведенный анализ по экономике солнечного опреснения указывает на отсутствие единого подхода при определении себестоимости дистиллята. Сопоставления экономических показателей солнечного опреснения с показателями других способов водоопреснения, приведенные в работах, подтвердили экономические преимущества солнечного опреснения перед такими наиболее распространенными способами, как мгновенное вскипание, многоступенчатая выпарка и парокompрессионная дистилляция в тех сходных случаях, когда производительность установок небольшая.

Расчеты показали, что солнечное опреснение экономически выгоднее доставки пресной воды автоводовозами в местах: а) где минерализация исходной воды 10 г/л и источник пресной воды находится на расстоянии более 35 км; б) где минерализация исходной воды доходит 40 г/л и расстояние от пресного источника больше 45 км. Таким образом, из многочисленных рассмотренных регенеративных солнечных опреснителей наиболее рациональным является опреснитель, состоящий из солнечнопарового котла с параболоцилиндрическим концентратором, работающим в блоке с опреснительной установкой с параллельным питанием.

Установлено, что для некоторых районов Средней Азии опреснение воды с использованием солнечной энергии более рентабельно, чем опреснение на базе привозного топлива [1,3].

Таким образом, многофункциональная комбинированная солнечная установка «гелиотеплица- опреснитель- овощехранилище» на основе принципиально новой технологии для получения пресной воды, теплохлodosнабжения теплицы и овощехранилища позволяет сэкономить 35-45 % топлива- энергетических ресурсов при выращивании и хранении овощей, а также обеспечить горячей водой и дисстилятом (пресной водой).

Литература

1. Горшенев В.Г. и др. Гелиоопреснительная установка индивидуального пользования // Теплоэнергетика. –М.: -№2.2001.-С. 14-16.

2. Вардияшвили Асф.А. Теплофизика испарения и конденсации в гелоопреснителе с термодинамическим контуром. Республика Кыргызстан. Ош. междн. журнал 2009 г. №1 –с. 71-73.

3. Асф. А.Вардияшвили, А. Абдурахмонов, А.Б.Вардияшвили Расчёты моделирования тепло-и массообменных процессов в параболоцилиндрическом гелиоопреснителе. //Кимёвий технология назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал. Тошкент №5/2010 г. 30-30 бетлар.

ДЕГРАДАЦИЯ КВАЗИОДНОМЕРНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ В НЕЖИВОЙ И ЖИВОЙ ПРИРОДЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ: ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Искандарова Ф.А.¹, Аширметов А.Х.², Оксенгендлер Б.Л.³, Тураева Н.Н.⁴.

¹Центр развития нанотехнологии при НУУз, Ташкент.

e-mail: iskandarova-f@mail.ru.

²Министерство Здравоохранения Республики Узбекистан.

e-mail: rrrh@mail.ru

³Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце» АН РУз, Ташкент,

Узбекистан. e-mail: oksengendlerbl@yandex.ru

⁴Webster University, USA, Saint Louis. e-mail: nigoraturaeva82@webster.edu

Квазиодномерные системы молекулярного происхождения проявляют все большее и большее значение в неживой и живой Природе. Из самых разнообразных проблем, связанных с ними, исключительно важную роль играет деградация объектов на их основе при воздействии естественной и искусственной радиации. В этой связи представляет базовый интерес изучение механизмов этой радиационной деградации и моделирование ее с целью переноса на другие системы различными методами, которые развиты к настоящему времени. В данной работе кратко излагаются результаты изучения воздействия только ионизирующей радиации на длинные

молекулярные цепи, «позвоночник» которых обусловлен периодическим расположением углеродных атомов.

Микроскопическая модель. Рассмотрим длинную молекулярную цепь (типа, синтетического или биополимера) содержащую ряд, как легких, так и более тяжелых элементов. Пусть эта квазимолекулярная цепь подвергается воздействию, например, рентгеновских лучей энергия которых достаточна для ионизации глубоких оболочек всех (даже тяжелых) атомов цепи. Рассмотрим, как этот «исходный», акт ионизации энергичным фотоном X-лучей в самой глубокой оболочке тяжелого атома из этой цепи (сечение процесса σ_k). Эта неустойчивая система, как известно, разрешается Оже-каскадом, в результате которого валентная оболочка тяжелого атома и окружающих его атомов среды лишается Z -штук электронов (вероятность этого процесса $\alpha(Z)$).

Образовавшаяся при этом группа положительных ионов представляет собой кулоновскую нестабильность, которая разрешается «кулоновским взрывом» и разрушением цепи, если этому не помешает «заливание» электронами многократного заряда Z (вероятность этого разрушения $\exp(-\tau_+/\tau_e)$; здесь τ_+ и τ_e – времена разлета положительных осколков цепи и электронного заливания – соответственно). Как результат, общее сечение Оже-деструкции (т.е. локальной деградации) имеет вид (*Oksengendler B.L., at all, 2022*)

$$\sigma_d = \int_{(Z)} \{ \sum_i \sigma_i \tilde{\alpha}_i(Z) \exp(-\tau_+/\tau_e(Z)) \} dZ \approx \sigma_k \cdot \alpha_A \exp(-\tau_+/\tau_e) \quad (1)$$

Пример применения в неживой Природе. В настоящее время технология позволяет создавать весьма многочисленные типы углеродных цепи, в частности карбины и ему подобные. К ним примыкают многочисленные типы углеродных больших молекул и даже конструкции из них, имеющие, возрастающие значения в современной науке и технике: графен, фуллерены, углеродные нанотрубки. В каждом из них имеются локальные области, которые могут быть моделированы как небольшие линейные участки, размер которых больше чем диаметр кратера разрыва

обсуждаемой выше линейной квазимолекулярной цепи. Это означает, что формула (1) вполне моделирует реальную ситуацию повреждения при облучении и для всех более сложных объектов. При этом, однако, вот что принципиально важно: всевозможные обсуждаемые выше ситуации свою индивидуальность проявляют в величине τ_e , которая по своей сути является обратной величиной вероятности квантового процесса перехода, рассчитываемого по золотому правилу Ферми. Это означает, что в τ_e всегда проявляются особенности электронного спектра каждого типа структуры сложных молекулярных объектов. Зная эти электронные структуры, можно немедленно рассчитать τ_e и по формуле (1) единообразно (унифицировано) оценить сечение деструкции, изучаемого молекулярного объекта.

Пример применения в живой Природе. Наибольшее значение проблемы радиационной деградации в живой Природе изучается наукой, скомбинированной из радиационной физики и биологии и называемая в этой связи радиационной биологией, одна из отраслей которых особенно нас интересует обозначенная как радиационная биофизика. В нашем конкретном случае мы обсудим проблему радиационной деструкции молекулы наследственности РНК, которая представляет собой биополимер, содержащий различные легкие элементы, а в качестве самого тяжелого – атом фосфора. Фосфор является стновым элементом всей молекулы РНК причем атомы фосфора находятся друг от друга на расстоянии порядка 4 \AA . Рассмотрим в качестве первичного акта поглощение фотона рентгеновского излучения с энергией 2,3 Кэв, в результате чего в К-оболочке фосфора рождается вакансия. В результате этого путем Оже-каскада происходит кулоновский взрыв – поломка биополимера РНК с вероятностью – сечением, определяемым формулой (1). Отметим, что и здесь в индивидуальной ситуации определяющей величиной является τ_e т.е. электронной структурой РНК. Эта развитая модель может быть применена к проблеме возможной деградации (подавления) вируса SARS-2V, а с ним и пневмонию COVID-19 с помощью радиации. Для этой цели мы проанализируем корреляцию географического расположения источников излучения на территории какого-

нибудь государства с картой распространения на нем пневмонии *COVID-19*; выберем для этой цели Китай (рис. 1,2).

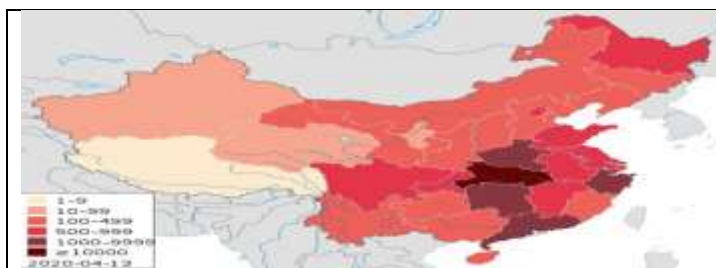


Рисунок 1. Китай: карта заболеваемости COVID-19 по областям.

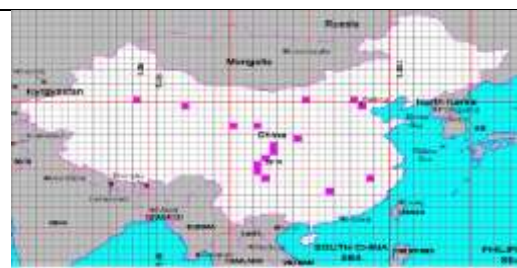


Рисунок 2. Карта урановых рудников в Китае.

Схема демонстрирует антикорреляцию степени заболевания с наличием радиационных источников.

BIOGAZ QURILMASIDA ISSIQLIK JARAYONLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH.

J.A.Majitov

Buxoro muhandislik texnologiya instituti

e-mail: majitov-1986@mail.ru. Tel. 99-029-14-22

Dunyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ko‘lamlarini kengaytirish, uglevodorodli yoqilg‘i-energetik resurslarni tejash hamda organik chiqindilarni qayta ishlash orqali ham biogaz va bioo‘g‘it olish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda.

$$S = \mu \frac{\partial w}{\partial p}, \quad (1)$$

Issiqlik o‘tkazish qonuni hisobga olgan holda, bu devorga yaqin suyuq massa qatlami orqali uzatiladigan issiqlik oqimini aniqlashga quyidagi formula imkon beradi[5,6,8,9].

$$q = -\lambda_s \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_{y=0}, \quad (2)$$

bu yerda λ_s , suyuq biomassaning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti;

T – boshlang‘ich harorat.

Suyuq biomassning harakatlanayotgan zarrachalari uchun differensial tenglama quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial \tau} + \omega_y \frac{\partial T}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial T}{\partial z} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{W}{c\rho} , \quad (3)$$

bu yerda τ – vaqt, s; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – suyuq biomassa tezligining tashkil etuvchilari, m/s; W – birlik hajmda birlik vaqt ichida yutiladigan issiqlikning miqdori J/s ; C_p – solishtirma hajmiy issiqlik sig‘imi, $J/(m^3 \cdot K)$; x, y, z , – joriy koordinatalar[9,10,11].

Issiqlik uzatish jarayonini hisoblashda issiqlik o‘tkazuvchanlik qonunidan foydalanish mumkin. Biroq bunda suyuq biomassa harorat maydonining ko‘rinish funksiyasini bilish zarur, u (3) differensial tenglamasi bilan ifodalanadi. Bu tenglama tezlikning tashkil qiluvchilarini o‘z ichiga oladi $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – larni quyidagi tenglamalar tizimidan aniqlash mumkin:

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \omega_x}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial \omega_x}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial z^2} \right) + \left(g_x + \frac{1}{\rho} \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (4)$$

$$\frac{\partial \omega_y}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial \omega_y}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \omega_y}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial \omega_y}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial z^2} \right) + \left(g_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \right), \quad (5)$$

$$\frac{\partial \omega_z}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial \omega_z}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \omega_z}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial \omega_z}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_z}{\partial z^2} \right) + \left(g_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \right), \quad (6)$$

(4 – 6) tenglamalarni echish orqali quyidagi tenglamaga ega bo‘lamiz:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho \omega_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho \omega_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \omega_z)}{\partial z} = 0 , \quad (7)$$

(7) tenglama oqimning uzluksizlik sharti deyiladi. (3 – 6) va (7) tenglamalar umumiy holda fizikaviy parametrlar orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. Issiqlik jarayonlarini to‘liq ifodalash uchun ko‘rilayotgan tenglamalar tizimi qo‘shimcha tenglamalarni o‘z ichiga olishi kerak. Bu tenglamalar ega fizikaviy, geometrik, vaqt va chegaraviy shartlarini o‘z ichiga olishi kerak [4,12].

Bulardan kelib chiqqan holda, suyuq biomassadan reaktor devoriga uzatiladigan Issiqlik miqdorini Nyuton – Rixman qonuniga asosan quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = K_d F (t_m - t_d), \quad (8)$$

bu erda K_d – bioreaktor devoriga issiqlik uzatish koeffitsienti; F – issiqlik tashuvchining (suyuq biomassa) issiqlik almashinuvchi bilan bir – biriga tegib

turgan sirti; t_m va t_d – suyuq massa va issiqlik almashinuvchi devor yuzasi haroratlari; Issiqlik uzatish koeffitsienti quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$K_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{h_d}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (9)$$

bu yerda α_1 – bioreaktor devorining issiqlik berish koeffitsienti; h_d – bioreaktor devorining qalinligi; λ_c – issiqlik almashinuvchining materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti; α_2 – issiqlik almashtirgichdan biomassagacha issiqlik berish koeffitsienti;

Bioreaktordan ajralib chiqqan biogazning energiya yo'qotishi:

$$Q_{KG} = V_{BG} C_{BU} (t_{BG} - t_0), \quad (10)$$

bu erda V_{BG} – biogazning sutkalik chiqish hajmi; C_{BU} – biogazning hajmiy issiqlik sig'imi; t_{BG} – biogazning KBGQ dan chiqishdagi harorati.

Biogazning issiqlik yaratish qobiliyati quyidagi bog'liqlikni hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$Q_{TC} = 108,0 \cdot H_2 + 126,3 \cdot CO + 358,2 \cdot CH_4 \quad (11)$$

АДАБИЁТЛАР РО'УХАТИ

1. Кильчукова О. Х. Экспериментальные исследования биогазовой установки [Текст] //О.Х.Кильчукова, Л. Р. Керимова. Матер. Междунар. научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспектива-2016». Т 1. – Нальчик, 2016. – С. 343–347.

2. Кильчукова О. Х. Биоудобрения из отходов птицеводства. [Текст] / О. Х. Кильчукова // Сельский механизатор. – 2017. – №7. – С. 30–31.

3. Кильчукова О.Х., Фиапшев А.Г., Хамоков М.М. Переработка отходов птицеводства в биогазовой установке [Текст] // О. Х. Кильчукова, А. Г. Фиапшев, М. М. Хамоков. Матер. Междунар. НПК «Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ». – Курган, 2018. – С. 331–333.

4. Ж.А.Мажитов. Анализ энергетических затрат системы переработки отходов метановым сбраживанием// Фан ва технологиялар тараккиёти. Илмий- техникавий журнал. Бухоро- 2020. №5. 83-87.б.

5. L A Sharipov, Sh J Imomov1, J A Majitov, O S Komilov, M Z Sharipov, F Pulatova, S Abdisamatov. Modeling of heat exchange processes in the Metanetka bioenergy plant for individual use // Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012035. P. 183-189

6. Majitov J.A, Komilov O. S, Sharipov M.Z, Nazarova N. M, Raupova I. B. Bioenergy plant for clematic zones of the Republic of Uzbekistan with a solar heating system for individual use // European Journal of Molecular & Clinical Medicine ISSN 2515-8260 Volume 07, Issue 02, 2020. P.6321-6327.https://ejmcm.com/article_3746.html.

КИЧИК ҲАЖМЛИ БИОГАЗ ҚУРИЛМАСИНИНГ ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ.

¹Ш.Ж.Имомов., ²О.С.Комилов., ¹А.А.Худойибердиев., ²Ж.А.Мажитов

1.Бухоро табиий ресурсларни бошқариш институти.

2.Бухоро муҳандислик – технология институти

Биореакторда бижғитилаётган субстратнинг масса алмашиниш характеристикалари, одатда масса алмашиниш жараёнлари саноат ишлаб чиқаришларида кенг тарқалган. Шунингдек, органик чиқиндиларни қайта ишлашда, уларга иссиқлик бериш ёки уларнинг иссиқлик ажратиб чиқариши жараёнларида масса алмашинишлари кузатилади [1,2].

Биогаз олиш имконини берадиган қурилмаларни яратиш ва тадқиқ қилиш жараёнларида албатта, унга кечадиган иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларининг характеристикалари моҳиятига алоҳида аҳамият қаратиш зарур [2,3].

Реактордаги иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларини тадқиқ қилишда энг аввало алмашинув содир бўладиган сиртнинг юзаси аҳамият касб этади. Чунки масса ва иссиқлик узатиш тенгламаси таркибига ана шу юза киритилган [3].

$$M = K_m \cdot F_m \cdot \Delta C \quad (1)$$

$$Q = K_T \cdot F_q \cdot \Delta t \quad (2)$$

Бунда, M ва Q – биореактордаги субстрат массаси ва ундаги иссиқлик; ΔC – реактордаги биомассанинг турли қатламларида кузатиладиган концентрациялар фарқи; Δt – эса ҳарорат фарқлари. Ушбу фарқларнинг қийматлари реактордаги масса ва иссиқлик алмашинувида ҳаракатлантирувчи куч ҳисобланади. K_M – масса узатиш коэффиценти; K_T – иссиқлик узатиш коэффиценти; F_M, F_q – масса ва иссиқлик алмашинуви содир бўладиган сиртларнинг юзаси [4].

Биореакторда кечадиган ушбу жараёнларнинг, реактор кесимига нисбатан “Хаёлий тезлик” деб аталган катталиқни қуйидаги кўринишда аниқлаймиз:

$$\lg \left(\frac{v_{бўғ}^2}{q} \cdot \frac{a}{\varepsilon} \cdot \frac{\rho_r}{\rho_{суб}} \cdot \left(\frac{\mu_r}{\mu_{суб}} \right)^{0,16} \right) = A_{бўғ} - B_{бўғ} \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_r}{\rho_{суб}} \right)^{0,125} \quad (3)$$

бу ерда, ρ_r, μ_r – газнинг зичлиги $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$ ва динамик ёпишқоқлиги (Па·с); $\rho_{суб}, \mu_{суб}$ – субстратнинг зичлиги $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$ ва динамик ёпишқоқлиги (Па·с); L, G – субстрат суюқлиги ва газнинг масса сарфи $\left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$; $A_{бўғ}, B_{бўғ}$ – бўғилиш тезлигини аниқлаш имконини берадиган коэффицентлар; g – эркин тушиш тезлани, $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$.

Биореактордан эндиgina чиққан биогаз, деярли 100% га сув буғлари билан тўйинган бўлади. Унинг таркибида анчагина водород сульфид ва бошқа газлар мавжуд бўлади. Металл қувур ва идишларнинг кескин зангланишига водород сульфиднинг таъсири катта бўлганлиги сабабли, олинган биогазни қўшимча аралашмалардан тозалаш заруратини келтириб чиқаради.

Адабиётлар рўйхати

1. И. Х. Гайфуллин [и др.] Актуальность применения биогазовых установок в России и за рубежом //Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 12. – № 2(44). – С. 71-74.

2. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский // – Изд. 2-е. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
3. Комилов О.С., Шарипов М.З., Мажитов Ж.А., Тиллоев Л.И. Автономная биогазовая установка с системой солнечного обогрева// Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медикобиологических воззрений. Материалы VI Международной научно-технической конференции. Воронеж, 11-12 декабря 2017 г. 893-897. с.
4. О.С.Комилов., Ш.Ж.Имомов., О.О.Юлиев., Ж.А.Мажитов// Кичик кувватли биогаз курилмаларининг термик ва биотехнологик стабиллик муамолари/ Фан ва технологиялар тараққийети. Илмий- техникавий журнал. Бухоро- 2022.№3. 136-141.б.

**METHODS FOR CALCULATING SEMI-EMPIRICAL FORMULAS FOR
DETERMINING THE OPTIMAL GEOMETRIC DIMENSIONS OF A
SOLAR DRYER AND DEVELOPING A COMBINED DEVICE BASED ON
THEM**

Jobir Kodirov, Sabina Khakimova

Bukhara State University, Bukhara, Uzbekistan

Bukhara engineering-technological institute, Bukhara, Uzbekistan

E-mail: qodirov.jobir@mail.ru

The main method of ensuring long-term savings of all agricultural products is their drying in accordance with the requirements. In order to achieve the highest financial performance in the drying process, it is necessary to choose more appropriate modes of temperature, drying speed, moisture and drying time [1,2].

In recent years, scientists and researchers around the world have tried to find the most convenient alternative way to solve this problem. As a result, various types of solar dryers for drying agricultural products based on solar energy have been invented and research has been carried out to improve them. According to them, the theoretical model of the product drying balance in the drying process is

based on a direct dependence of the moisture absorption process. Until sufficiently accurate theoretical models have been developed for specific conditions, it is necessary to use semi-empirical models of drying processes instead of empirical ones [3,4].

The formation of studies aimed at increasing the productivity of drying food products in indirect solar dryers with natural convection and an air collector is associated with the development of energy-efficient solar dryers, the improvement of their mathematical models, and an in-depth study of heat and mass transfer processes during product drying. Based on the results of the above scientific studies and analysis existing indirect solar dryers, the task was set to create a semi-empirical method for selecting the geometric volumes of an indirect solar dryer with natural air convection.

To simplify the calculation of the dimensions of the structural elements of the device and the most suitable indicators of thermal parameters, we present an indirect solar dryer operating on the basis of natural air convection, in a schematic form, shown in Fig.1.

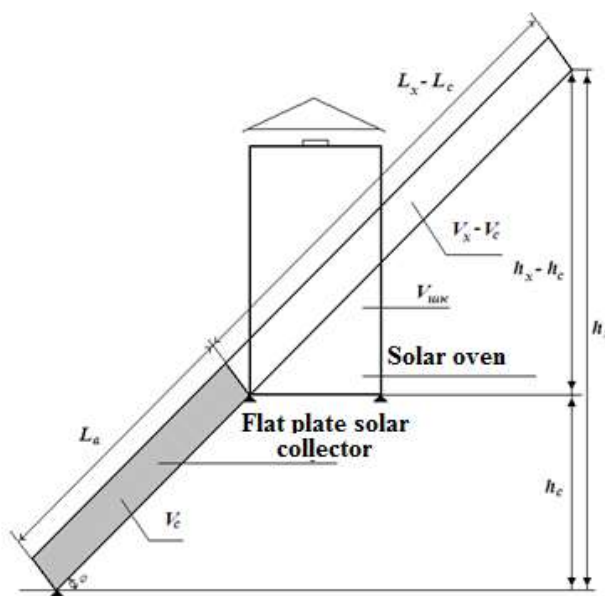


FIGURE. 1. Solar dryer drawing for dimensioning.

The drying cabinet is made in the shape of a parallelepiped with a rectangular base, and all its walls are protected from heat loss to the surrounding environment. On the north side of the cabinet there is a thermally insulated

protective door for placing goods . There is a hole (D) in the roof of the cabinet to drain the vapor-air mixture in the cabinet into the environment. The calculation of the linear volumes of the drying cabinet is made according to the scheme shown in fig. 2. We have developed semi-empirical equations based on the 1st and 2nd laws of thermodynamics and the laws of free movement of bodies to determine the appropriate geometric volumes of the above instrument natural convection indirect solar drying [12].

Taking into account the angle of inclination of the collector to the horizon, the semi-empirical formula for determining the length of the vertical height of the drying cabinet looks like way to come :

$$h_{shk} = L_{shk} \cdot \sin \varphi = \frac{c_p \cdot m_c \cdot (T_c - T_a)}{p \cdot M_{shk} \cdot N_{shk}} \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

A bunch of air entering the manifold is oriented as follows:

$$m' = \frac{c_p \cdot m_c \cdot (T_c - T_a)}{\sqrt{2gh_{kol}} \cdot (h_{kol} + h_{shk})} \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

The semi-empirical formula for finding the thermal efficiency of a collector is as follows:

$$\eta_{kol} = \frac{c_p^{air} \cdot m' \cdot (T_c - T_a) + c_p^{battery} \cdot m_{battery} \cdot (T_{i+1} - T_i)}{R_0 \cdot F_a \cdot k_1 \cdot k_2} \quad (3)$$

The average thermal power of a flat solar collector in any hourly interval and without taking into account heat losses is determined from the following relationship:

$$Q_{kol} = \frac{A_{kol}}{\tau_0} = \frac{c_p^{air} \cdot m' \cdot (T_c - T_a) + c_p^{battery} \cdot m_{battery} \cdot (T_{i+1} - T_i)}{\tau_0} \quad (4)$$

Semi-empirical formula for determining the coefficient of thermal The efficiency of the drying cabinet is as follows:

$$\eta_{shk} = \frac{A_{air} - A_d}{A_{air}} = \frac{c_p^{air} \cdot m' \cdot (T_c - T_a) - c_p^{air} \cdot m' \cdot (T_c - T_d)}{c_p^{air} \cdot m' \cdot (T_c - T_a)} = \frac{(T_d - T_a)}{(T_c - T_a)} \quad (5)$$

The empirical formula for determining the average hourly heat capacity of a drying cabinet over a time interval and without taking into account heat losses is as follows:

$$Q_{shk} = \frac{c_p^{havo} \cdot m' \cdot (T_d - T_a)}{\tau_0} \quad (6)$$

The mass of the heat accumulator (gravel stone) is determined by the following semi-empirical formula:

$$m = \frac{Q_s}{c_a \cdot \Delta T} = \frac{Q_t \cdot t_s \cdot F_a}{c_a \cdot \Delta T} \quad (7)$$

The dimensions of the openings of the device were determined on the basis of G. Kirchhoff's ideas about the thermal radiation of gases. In accordance with it, the initial linear dimensions of the collector elements are $M = 0.5 \text{ m}$, $N = 0.2 \text{ m}$, $L = 1 \text{ m}$. this and $(100 \div 256) \cdot F_T \leq F_r$ using the inequality, it was determined that the value of the surface area surrounding the collector $F_r = 1,6 \text{ m}^2$. The linear size of the air intake opening is as follows:

$$d_T \leq \sqrt{\frac{F_r}{100}} = \frac{\sqrt{F_r}}{10} \quad \text{Ba} \quad d_T \leq \sqrt{\frac{F_r}{256}} = \frac{\sqrt{F_r}}{16} \quad (8)$$

According to the initial dimensions, the linear dimensions of the holes were determined, $d_T = 0,079 \text{ m}$. Based on this linear size, the surface area of the selected air duct $F_T = (8 \text{ sm} \times 8 \text{ sm}) = 64 \text{ sm}^2$ is If two air holes are installed in the manifold, then the linear dimensions of each are taken $d \approx 4 \text{ sm}$ and the surface area of each hole is 16 sm^2 .

REFERENCES

1. Zhidko V.I., Rezhnikov V.A., Ukolov V.S. Grain drying and grain dryers // M: Kolos, 1982. 239p.
2. Rezhnikov V.A., Naleev O.N., Savchenko S.V. Technology of grain science // Alma-Ata: Almaty Technological University, 2000. 363 p.
3. Mustayen AGMB, Mekhilef S., Saidur R. Efficiency Study of Various Solar Dryers: A Review // Reviews of Renewable and Sustainable Energy Sources 34 (2014) 463–470.
4. Sh Mirzaev., J. Kodirov., S.I. Khamraev. Method for determining the sizes of structural elements and semi-empirical formula of thermal characteristics of solar dryers. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. APEC-V-2022. 1070 (2022) 012021.

BILVOSITA QUYOSH QURITGICHIDA AKKUMULYATOR MASSASI, HAVO KOLLEKTORIGA KIRISH HAMDA CHIQISH QISMLARINING GEOMETRIK O'LCHAMLARINI HISOBLASH

Jobir Kodirov

Bukhara State University, Bukhara, Uzbekistan

E-mail: godirov.jobir@mail.ru

Barcha qishloq xo'jaligi mahsulotlarini uzoq muddat saqlanishini ta'minlashning asosiy usuli bu - mahsulotlarni talablarga mos ravishda quritish hisoblanadi. Quritish jarayonida yuqori iqtisodiy samaradorlikka erishish uchun harorat, quritish tezligi, namlik miqdori va quritish davomiyligining eng muvofiq rejimlarini tanlash zarur [1-2].

So'nggi yillarda dunyo olimlari va tadqiqotchilari ushbu muammoni hal qilishning eng qulay muqobil usulini topishga harakat qilishgan. Natijada qishloq xo'jaligi mahsulotlarini quritish uchun quyosh energiyasi asosida ishlaydigan quyosh quritgichlarining har xil turlari ixtiro qilingan va ularni takomillashtirish bo'yicha tadqiqotlar olib borilgan. Unga ko'ra, quritish jarayonida mahsulotni quritish muvozanatining nazariy modeli namlikni yutish jarayoniga bevosita bog'liqligi asoslangan. Muayyan shartlar uchun yetarlicha aniq nazariy modellar ishlab chiqilgunga qadar, empirik modellar o'rniga yarim empirik modellarni quritish jarayonlari uchun qo'llab, natijalarni olish zaruriyati tug'ilmoqda [3-4].

Issiqlik akkumulyatorida akkumulyatsiyalangan issiqlik energiyasining o'rtacha soatlik miqdori $Q_t = 175000 \text{ j}$ ni (yoki soatiga 48,6 Vt issiqlik oqimini) tashkil etadi. U holda kun davomida akkumulyatsiyalangan issiqlik energiyasini 14 soatda sarflash uchun akkumulyatorida qabul qilingan umumiy issiqlik energiyasi quyidagicha:

$$Q_s = Q_t \cdot t_s, \quad (1)$$

bu yerda t_s – issiqlikni akkumulyatsiyalash vaqti (14 soat).

Issiqlik akkumulyatori sifatida ishlatilgan shag'al toshning massasi [10] da keltirilgan hisoblash metodidan foydalangan holda aniqlanadi:

$$m = \frac{Q_s}{C_a \cdot \Delta T} = \frac{Q_t \cdot t_s \cdot F_a}{C_a \cdot \Delta T}, \quad (2)$$

bu yerda C_a – shag'al toshning solishtirma issiqlik sig'imi, $2,3 \frac{kJ}{kg \cdot K}$; ΔT – issiqlikni akkumulyatsiyalashda akkumulyator haroratining o'zgarishi, $15^{\circ} C$ (ertalabki atmosferaning haroratigacha o'zgarishi); F_a – kollektor shaffof sirtining yuzasi, $0,5 m^2$.

Demak, shaffof sirtining yuzasi $0,5 m^2$ va qalinligi (balandligi) $0,2 m$ bo'lgan yassi quyosh kollektorida ishlatilgan shag'al toshli akkumulyatorning massasi $m_a = 40 kg$. Akkumulyator kollektor kamerasi hajmining $0,05 m$ qalinligini egallaydi. Tanlab olingan qayroq tosh massasi sutkaning qol-gan 9-10 soat vaqtida (kechqurungi vaqt) soatiga $34500 j$ (9-10 soatda $345000 j$) dan nolgacha (yoki soatiga $9.6 Vt$ dan nolgacha) issiqlik energiyasini mahsulotga berishi va gigroskopik hodisasi yuz berish hodisaning yuz berishining oldinini oladi.

Yassi kollektorining kirish teshigi yuzasi orqali kirayotgan havo miqdorining kollektor kamerasiga kirayotgan havo miqdoriga teng bo'lish konsepsiyasini quyidagicha baholaymiz. Vaqt birligi ichida kollektorning kirish teshigi yuzasidan F_T kirayotgan havo miqdori, kamerani chegaralab turgan ichki sirtning yuzasiga F_g kirayotgan havo miqdoriga teng qabul qilamiz, u holda G. Kirxgof tomonidan gazlarning issiqlik nurlanishi uchun taklif qilgan konsepsiyasiga, ya'ni "...absolyut qora jism modelidagi teshikning sirt yuzasi model bo'shlig'ining sirt yuzasidan ancha ($100 \div 256$) marta kichik" ga asoslanib quyidagiga ega bo'lamiz [11].

$$(100 \div 256) \cdot F_T \leq F_g, \quad (3)$$

bundan quyidagi tengsizlikka ega bo'lamiz:

$$(10 \div 16) \cdot d_T \leq d_g, \quad (4)$$

Kollektor elementlarining dastlabki chiziqli o'lchamlarini $M=0,5 m$, $N=0,2 m$, $L=1 m$, hisobga olgan holda va (3) tengsizlikdan foydalanib kollektorni o'rab turgan sirt yuzasining qiymati $F_g = 1,6 m^2$ ekanligini topamiz. Havo kirish teshigining chiziqli o'lchami quyidagicha:

$$d_T \leq \sqrt{\frac{F_g}{100}} = \frac{\sqrt{F_g}}{10} \quad \text{va} \quad d_T \leq \sqrt{\frac{F_g}{256}} = \frac{\sqrt{F_g}}{16} \quad (5)$$

Kollektor kamerasing yon devorlariga (quyi va yuqori) ikkita teshiklar o'rnatilgan, teshiklarning joylashuvi 1- rasmda ko'rsatilgan.

Dastlabki kattaliklar asosida teshiklarning chiziqli o'lchamlari aniqlangan:

$$d_T \leq \sqrt{\frac{F_g}{256}} = \frac{\sqrt{1,6m^2}}{16} = 0,079 \text{ m} \quad (6)$$

Bunday chiziqli o'lchamga asosan tanlangan havo teshigining sirt yuzasi quyidagicha: $F_T = (8 \text{ sm} \times 8 \text{ sm}) = 64 \text{ sm}^2$.

Agar kollektorda ikkita havo teshigi o'rnatilgan bo'lsa, u holda har birining chiziqli o'lchamlarini $d \approx 4 \text{ sm}$ va har bir teshikning sirt yuzasini esa 16 sm^2 qabul qilish mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки // М: Колос,1982. 239 с.
2. Резчиков В.А., Налеев О.Н., Савченко С.В. Технология зерносушения // Алма-Ата: Алматинский технологический университет, 2000. 363 с.
3. Mustayen A.G.M.B., Mekhilef S., Saidur R. Performance study of different solar dryers: A review.// Renewable and Sustainable Energy Reviews 34 (2014) 463–470.
4. Sh. Mirzaev, J. Kodirov, S.I. Khamraev. Method for determining the sizes of structural elements and semi-empirical formula of thermal characteristics of solar dryers. // APEC-V-2022 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 1070 (2022) 012021
5. Nicholas Musembi Maundu, Kosgei Sam Kiptoo, Kiprop Eliud, Dickson Kindole, Yuichi Nakajo. Airflow Distribution Study and Performance Analysis of a Natural Convection Solar Dryer. // American Journal of Energy Research, 2017, Vol. 5, No 1, 12-22.

**VI SHO‘BA: KONDINSIRLANGAN HOLATLAR FIZIKASI VA
NANOTEKNOLOGIYALAR**
**СЕКЦИЯ №6: ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И
НАНОТЕХНОЛОГИИ**
**SECTION No.6: PHYSICS OF THE CONDENSED STATE AND
NANOTECHNOLOGY**

**СВОЙСТВА ДВОЙНОГО ПЛАЗМЕННОГО КОНТАКТА
К ПОЛУПРОВОДНИКУ В ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ЯЧЕЙКЕ**

*Хайдаров З., Ортикова Ш., Уктамова Б.
Ферганский государственный университет*

E-mail: nursuh_zokir@mail.ru

Плоская газоразрядная ячейка в полупроводниковой фотографической ионизационной камере (ПФИК) нашла достаточно широкое применение в области фотоэлектроники при регистрации видимого и инфракрасного (ИК) излучений, а также тепловых полей объектов [1-3]. Только высокоомный электрод в виде однородного распределенного сопротивления обеспечивает стабилизации газового разряда по площади поперечного сечения газоразрядной ячейки [4].

В этой работе [5] были исследованы область стабилизации разряда в широкой области давлений газа и сопротивления фотоприемников с полупроводниковыми электродами из арсенида галлия, компенсированного хромом (GaAs) при комнатной температуре и кремния, легированного платиной (Si<Pt>) при температуре жидкого азота. Было установлено, что при удельном сопротивлении полупроводника ниже 10^6 Ом·см стабилизация разряда в газоразрядной ячейке не наступает. По этой причине полупроводниковая пластина из кремния, легированная серой (Si<S>) [6] не может, использована в качестве фотоприемника в газоразрядной ячейке при постоянном токе, поскольку, даже при температуре жидкого азота его удельное сопротивление составляет не выше 10^6 Ом см. Однако,

полупроводниковая пластина из Si<S> обеспечивает фотографическую регистрацию и пространственную диагностику лазерных излучений до 11 мкм [7-9].

Целью настоящей работы является создание условия – стабильного свечения газового разряда при постоянном токе в газоразрядной ячейке ПФИК и тем самым, обеспечения фотографической регистрации в далекой инфракрасной области спектра.

Мы данной работе использовали богатый опыт исследования плазменных контактов на основе полуизолирующего арсенида галлия [10-12].

Опыты, проводились для двух видов конфигурации полупроводников и прозрачных электродов. Как видно из рис.1,а в первом виде конфигурации, полупроводниковая пластина 3 из арсенида галлия, компенсированного хромом (GaAs) расположена между стеклянной пластинкой 1 и волоконно-оптической шайбой 4 с проводящими покрытиями из SnO₂, при этом полупроводниковая

пластина отделена от 1 и 4, газовыми зазорами 2 толщиной от 20 мкм до 100 мкм, каждый. В этом случае эксперимент проводился при комнатной температуре с освещением белого света.

Во втором виде конфигурации электродов (рис.1,б), чувствительный к инфракрасному излучению фотоприемник из Si<S> был установлен на входной части газоразрядной ячейки, в этом случае эксперимент проводился при температуре жидкого азота.

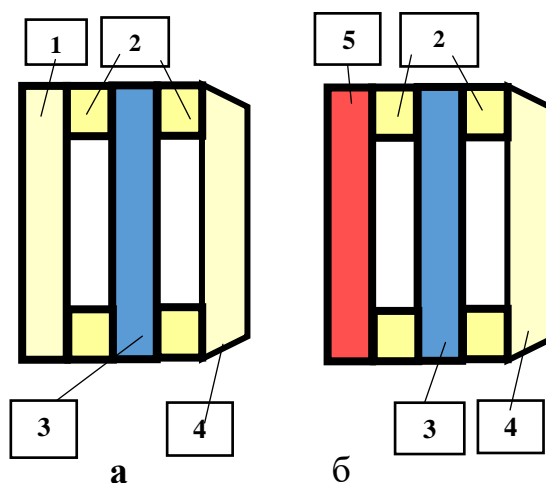


Рис.1,а. Газоразрядная ячейка с фотоприемником из GaAs, рис.1,б - с фотоприемником из Si<S> и демпфирующим электродом из GaAs. 1 – входной электрод из стекла со SnO₂; 2 – слюдяные пластинки с отверстиями в центре; 3 – GaAs; 4 – волоконно-оптическая шайба со SnO₂; 5 – фотоприемник из Si<S>.

Были сняты релаксационные кривые для GaAs с двумя плазменными контактами в газоразрядной ячейке с конфигурацией электродов, показанной на рис. 1, б, а также были исследованы характеристики газоразрядной ячейки с двумя полупроводниковыми электродами – Si<S> и GaAs, они устанавливались согласно конфигурации электродов показанной на рис.1, в. В последней конфигурации (рис.1, в) GaAs играет роль демпфера (стабилизирует горения разряда по поперечному сечению), а Si<S> обеспечивает фотографическую чувствительность по инфракрасному излучению с длиной волны до 11 мкм [7].

Характеристические кривые газоразрядной ячейки (зависимости тока ФЭУ от экспозиции $H = I/S = I/(J \times t)$, где J – интенсивность освещения, t – время экспозиции) были исследованы, согласно конфигурации полупроводников из Si<S> и GaAs, показанной на рис. 1, в, без усиления свечения разряда и с усилением на ЭП-16.

В газоразрядной ячейке ПФИК фотоприемным электродом является пластинка из Si<S>, то освещение производилось ИК-монохроматором с длиной волны 6,9 мкм (при этой длине волны данный фотоприемник имеет высокую чувствительность [7]). В докладе рассказываем о том, что при больших интенсивностях ИК-излучения присутствует положительная обратная связь, электрод из GaAs с двумя плазменными контактами не только обеспечивает положительную обратную связь, а так же стабилизирует горения разряда в сверхтонкой газоразрядной ячейке, а фотоприемник из Si<S> на входной части последней – фоточувствительность.

Существенным научным достижением настоящей работы является то, что впервые в газоразрядной ячейке применяется демпфирующая дополнительная ячейка (каскад) для стабилизации газового разряда и таким образом, появляется возможность продвижения инфракрасного фотографирования в далекую область вплоть до 10 мкм и дальше. Тип фотоприемника на входной части газоразрядной ячейки при таком расположении электродов (рис.1, в) не оказывает сильного влияния на

стабилизации разряда, только обеспечивает фотографическую чувствительность. Можно сказать, что с подобными конфигурациями расположения электродов могут применяться чувствительные к ИК-излучению даже низкоомные фотоприемники с удельным сопротивлением менее чем 10^6 Ом×см для инфракрасного фотографирования. Однако, только температурный диапазон, обеспечивающий фотоэлектрический гистерезис с фотографическим эффектом [2,3], позволяет достичь высокую чувствительность и контрастность в ПФИК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Йулдашев Х.Т., Касымов Ш.С., Хайдаров З. // Прикладная физика. 2016. № 2. С. 94.
2. Хайдаров З., Йулдашев Х.Т. // Прикладная физика. 2016. № 5. С. 75.
3. Хайдаров З., К.З. Хайдарова, Йулдашев Х.Т. // Прикладная физика. 2017. № 1. С. 65.
4. Парицкий Л.Г., Хайдаров З., Мухамадиев О., Дадабаев О. // ФТП. 1993. Т. 27, № 11/12. С. 2009.
5. Хайдаров З. и др. Авторское свидетельство России № 1672879 от 22.04.1991.
6. Хайдаров З. и др. Авторское свидетельство России № 1697572 от 08.08.1991.
7. Туланов В.Т., Сиябеков Х.Б., Давлетова А.Ш., Ортаева К.А. // ФТП. 2001. Т.35. № 8. С. 1009.
8. Rojot B., Nand C. // J. Phys. 1984. V.45, P.539.
9. Rojot B., Grossmann G., Astier M., Nand C. // Sol. St. Commun. 1985. V.54 (1). P.57.
10. Касымов Ш.С., Парицкий Л.Г., Хайдаров З. Полупроводники. – Ташкент: ТашПИ им. Низами, 1981.
11. Лодыгин А.Н., Парицкий Л.Г., Хайдаров З. // ФТП. 1983. Т. 7. № 8. С. 1543.

12. Хайдаров З. Дис. доктора физ.-мат. наук. – Ташкент: НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники при Национальном университете Узбекистана, 2022 г.

АВТОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТОКА ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ЯЧЕЙКИ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Хайдаров З., Восилжонов Х.

Ферганский государственный университет

E-mail: nursuh_zokir@mail.ru

Газоразрядная ячейка с плоским полупроводниковым электродом нашла достаточно широкое применение в области фотоэлектроники при регистрации оптического и инфракрасного излучений [1,2]. Полная картина процессов в газоразрядной ячейке при малых толщинах газового зазора не может быть удовлетворительно интерпретирована в рамках простой теории газового разряда [3,4]. Условия возникновения разряда в этих зазорах достаточно не изучены. В настоящей работе приводятся результаты исследования в сверхтонкой газоразрядной ячейке с полупроводниковым электродом, длина которой составляет от 10 мкм до 100 мкм. Исследования вольтамперных характеристик проводились в следующей конфигурации элементов, состоящих из пластины монокристаллического арсенида галлия для работы при комнатной температуре и из пластины кремния, легированного платиной для работы при охлажденном варианте. Внутренняя поверхность фотоприемников была отделена диэлектрической пластиной из слюды, имеющей в центре круглое сквозное отверстие. Были проведены исследования тока газоразрядной ячейки при относительно высоком вакууме, когда длина свободного пробега электрона значительно превосходит толщину разрядного зазора и полностью исключается ионизация газа. На рис. 1 приведены ВАХ ячейки в этих условиях при толщине зазора $d = 10$ мкм в темноте (кривая 1) и при освещении полупроводникового фотоэлектрода

(кривая 2). Очевидно, что природа тока здесь может быть связана с автоэлектронной эмиссией, либо с утечкой по поверхности диэлектрического зазора в сильном электрическом поле по периметру отверстия, ограничивающего вакуумный зазор, то есть за счет краевого эффекта. Для разрешения этой альтернативы были проведены измерения ВАХ при нескольких значениях диаметра сквозного отверстия в диэлектрической слюде. При этом предполагалось, что при преобладающем токе утечки величина общего тока с ростом диаметра будет возрастать линейно (соответственно увеличению длины окружности отверстия), а при преобладании автоэлектронной эмиссии – квадратично (соответственно увеличению площади отверстия). На рис. 2

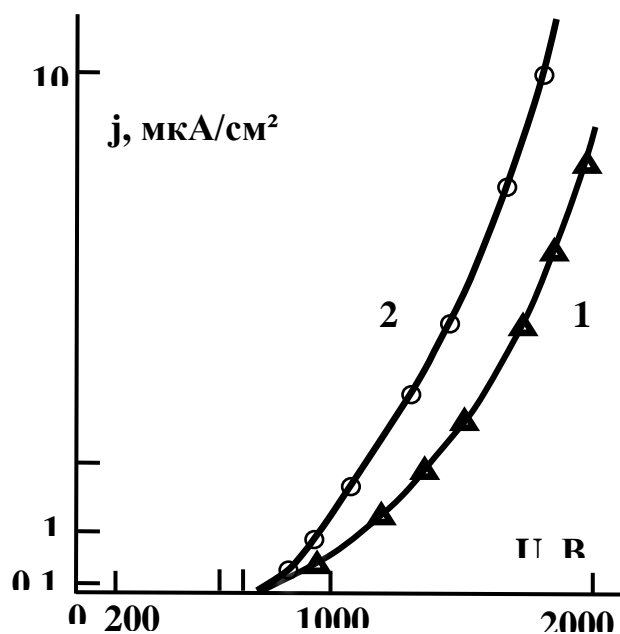


Рис. 1. Вольтамперные характеристики автоэлектронной эмиссии с арсенида галлия: 1 - в

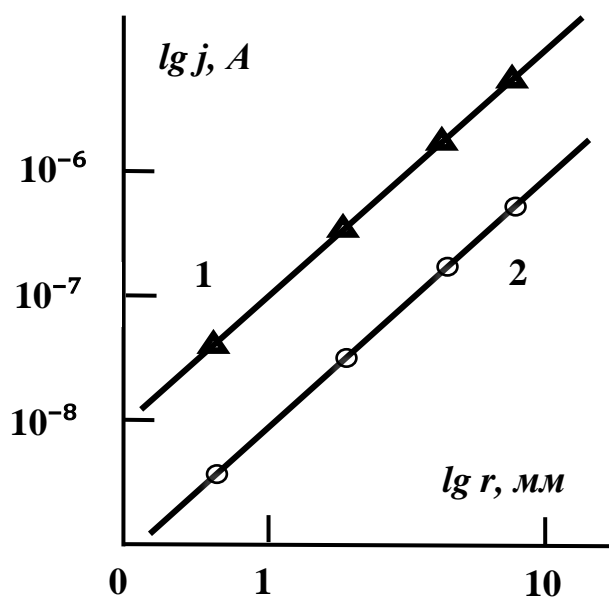


Рис. 2. Зависимость автоэлектронного тока от радиуса отверстия в диэлектрической прослойке. V , кВ: 1 - 1,5; 2 - 1.

приведены результаты измерений, из которых однозначно следует, что ток возрастает пропорционально площади поперечного сечения и краевая утечка не вносит сколько-нибудь существенного вклада. Вольтамперные зависимости, построенные в полулогарифмическом масштабе, свидетельствует о выполнении функциональной зависимости для

автоэлектронного тока, определяемой известной формулой Фаулера-Нордхейма [5], модифицированный [6] с учетом эффекта Шоттки

$$j = 1,55 \cdot 10^{-6} \frac{E^2}{\varphi} \exp \left[\frac{6,86 \cdot 10^7 \varphi^2}{E} f(y) \right],$$

где j – плотность тока в A/cm^2 , E – напряженность поля в V/cm , φ – работа выхода в эВ, $f(y)$ – эллиптическая функция Нордхейма.

Таким образом, наличие автоэлектронной эмиссии оказывает положительное воздействие на пространственную стабилизацию газового разряда. Поток электронов, вырываемых полем из фотокатода, приводит к интенсивной нейтрализации объемного заряда положительных ионов в разрядном промежутке, и тем самым отдаляет условие искажения распределения электрического поля в зазоре, которое соответствует переходу от таунсендовского к тлеющему разряду. Автоэлектронная эмиссия при газовом заполнении играет роль поставщика электронов для лавин таунсенда в газовом разряде. Отметим, что наблюдаемый автоэлектронный ток контролируется фотосопротивлением полупроводника, то есть интенсивностью излучения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Z. Haydarov. Research of Background Radiation and Possibility of its Restriction in Semiconductor Ionization System. Abstracts on XVIII International Scientific and Engineering Conference on Photo electronics and Night Vision, Moscow, May 25 – 28, 2004, p. 173.
- [2] Л. Г. Парицкий, З. Хайдаров, О. М. Мухаммадиев. Особенности контакта полупроводник – газовый разряд при малых межэлектродных расстояниях. ФТП, 27 (1993), с. 2017 – 2020.
- [3] Ю. П. Райзер. Физика газового разряда. М.: 1987.
- [4] А. М. Ховатсон. Введение в теорию газового разряда. М.: 1980.
- [5] R. N. Fowler, L. W. Nordheim. Procs. Roy. Soc., A119, 175 (1928).
- [6] L. W. Nordheim. Procs. Roy. Soc., A181, 626 (1928).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ
РАДИАЦИОННОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУР,
ЛЕГИРОВАННЫХ ПЕРЕХОДНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

*Саидов Сафо Олимович, кандидат химических наук, доцент кафедры
«Физики» Бухарского государственного университета,*

safo.saidov.64@mail.ru

Насуллаев Бахтиёр Сайфулло ўғли, магистрант 1-курса Физико-математического факультета Бухарского государственного университета, bakhtiyornasullaev@gmail.com

Данная работа является продолжением серии исследований влияния различных видов радиационной и термической обработки на электрофизические свойства структур кремния, легированных переходными элементами [1-3].

В современной твердотельной электронике управление электрофизическими параметрами полупроводников с помощью процессов легирования с использованием примесей, образующих глубокие энергетические уровни, является одним из наиболее перспективных способов управления свойствами материала. В зависимости от типа примеси (донорная, акцепторная или амфотерная), параметры и свойства легированного кристалла изменяются, что приводит к развитию таких важных свойств, как фоточувствительность, термочувствительность, деформационная чувствительность и радиационная стойкость. Действительно, при производстве легированных полупроводниковых кристаллов в основном используются примеси с высокой скоростью диффузии, которые образуют электронные уровни в полосе пропускания кристалла. Такие примеси, образующие глубокие центры дефектов в кристаллической решетке кремния, обычно обладают низкой растворимостью, низкой концентрацией электрически активных состояний и

низкой склонностью к образованию комплексов с неконтролируемыми техническими примесями [4].

В кремнии, полупроводнике с непрямым зазором, радиационные дефекты определяют кинетику процесса генерации-рекомбинации. Поэтому во многих практических случаях протонное и α -облучение используется для локальной (по площади и глубине) модуляции времени жизни носителей в полупроводниковых структурах. Знание основных параметров радиационных дефектов и их распределения внутри кристалла является важным условием для выбора режима облучения с целью достижения требуемых свойств прибора. По этой причине радиационные дефекты в фотоионизированном кремнии стали предметом многочисленных исследований.

Нами изучено влияния различных типов излучения на электрофизические свойства кремниевых структур, легированных переходными элементами: анализ и обсуждение научных работ по данной теме, сравнение и обобщение их данных.

Время жизни носителей заряда наиболее чувствительно к облучению. Этот параметр полупроводников изменяется даже при малых дозах облучения так, что другие электрофизические параметры облученного материала практически не изменяются. Обычно считается, что такие изменения обусловлены образованием центров рекомбинации во время облучения [5]. Изучая влияние проходящего излучения на рекомбинационные свойства кремния, легированного переходными элементами (никелем, кобальтом и марганцем) [6], авторы обнаружили, что наличие таких примесей в определенной степени повышает радиационную стойкость кремния по сравнению с контрольным кремнием.

Анализ научной литературы по разработке проблем, влияющих на структуру кремния и изменяющих его электрофизические свойства, таких как облучение, термообработка, легирование, адсорбция, имплантация и деформация, приводит к следующим выводам: инженерия дефектов играет важную роль в этой проблеме и берет свое начало в изучении процессов

дефектообразования при облучении твердых тел ускоренными частицами. Изучение процессов дефектообразования при облучении привело к идее разработки методов контролируемого введения дефектов в твердые тела и модификации их структурных, электрических и оптических свойств.

Список использованной литературы

1. Ҳамдамов Ж.Ж., С.О. Саидов, Насуллаев Б.С.Ў. Исследование влияния различных видов излучений на электрофизические свойства кремниевых структур, легированных переходными элементами. Актуальные проблемы современной физики. Материалы международной научной и научно-технической конференции. Бухарский государственный университет. 25-26-ноябрь 2022 г. 68-70 с.
2. Утамурадова Ш.Б., Ҳамдамов Ж.Ж. Матчонов Х.Ж. и др. Структурный анализ монокристаллов кремния легированных марганци. Актуальные проблемы современной физики. Материалы международной научной и научно-технической конференции. Бухарский государственный университет. 25-26-ноябрь 2022 г. 21-24 с.
3. Саидов Сафо Олимович, Камолов Жўрабек Жалол ўғли. Технология получения тонкослойных гетероструктур n-CdS/p-CeF₃ и исследование их электрических свойств. // Miasto Przysztosci. 2022. – V. 29. 72-78.
4. Сагдиев А.Р. Радиационно-стимулированные процессы в формировании примесно-дефектных состояний в кремнии, легированном палладием, серой и цинком.: Автореф. дис. на соискания ученой степени доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам, –Ташкент: Андижанский государственный университет, 2019. –126 с.
5. Т. Фистуль В. И. Введение в физику полупроводников. «Фан», 1989 г. 92 с.
6. Radiation effects and defects in solids. 2000. V.152. P.171-180.

ПРИМЕНЕНИЕ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАНОПЛЕНОК CoSi_2 НА ПОВЕРХНОСТИ Si

Х.Т. Давранов, М.А. Давлатов, К.Т. Довранов, С.Н. Эшбобоев

Каршинский государственный университет, 180003 Карши, Республика

Узбекистан

В данной работе мы попытались методом твердофазной эпитаксии получить наноразмерные фазы и пленки Co и $\text{CoSi}_2/\text{Si}(111)$ с использованием метода предварительной бомбардировки Si ионами Ar^+ и изучить зависимость параметров энергетических зон от размеров наночастиц Co и CoSi_2 [1-4].

Нанесение пленок Co на поверхность Si осуществлялось нагревом Co электронной бомбардировкой и проводилось при комнатной температуре подложки. Скорость роста пленок определялась предварительно с использованием метода ОЭС в сочетании с ионным травлением и она составляла $\sim 2 \text{ \AA/мин}$. Напыление атомов Co , прогрев образцов, исследование

их состава и параметров энергетических зон с использованием методов оже-электронной спектроскопии ОЭС и измерением интенсивности проходящего через образец света проводились в одном и том же приборе в условиях сверхвысокого вакуума ($P = 10^{-7}$ Па). Морфология поверхности изучалась методами растровой электронной микроскопии РЭМ (*Jeol*).

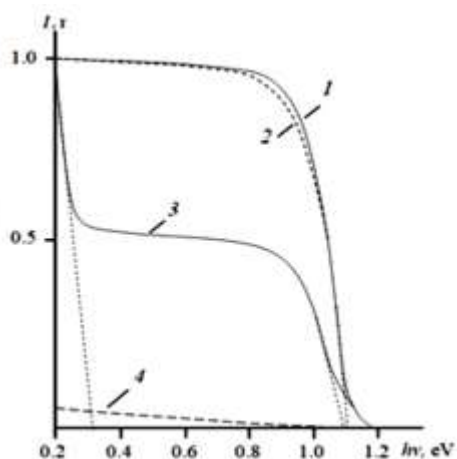


Рис. 1. Зависимости $I(h\nu)$ для $\text{Si}(111)$ с пленкой Co различной толщины θ (монослой): 1- $\theta=0$ (чистый Si); 2- $\theta=1$; 3- $\theta=3$; 4- $\theta=6$.

На рис.1 приведены зависимости интенсивности I проходящего через образец света от энергии $h\nu$, для $\text{Si}(111)$ с нанопленкой Co разной толщины θ . Здесь

$I = \frac{I_{CoSi_2}}{I_{Si}}$; I_{Si} - интенсивность проходящего света через чистый $Si(111)$. I_{CoSi_2} - интенсивность проходящего света через $Si(111)$, с пленкой $CoSi_2$.

Видно, что при $\Theta=1$ монослой вид зависимости $I(h\nu)$ не отличается от таковой для чистого $Si(111)$. Только в области $h\nu \approx 0,9-1$ эВ наблюдается более существенное уменьшение I . По-видимому, скопление атомов Co в центрах зародышей пока ещё существенно не влияет на оптические свойства Si . В случае $\Theta=3$ монослой значение I резко уменьшается в двух областях $h\nu$: при $h\nu \approx 0,2$ эВ и при $h\nu=0,9$ эВ. Первое уменьшение I связано с наличием на поверхности участков покрытых атомами Co , а второе – не покрытых Co участков Si . Экстраполяция правой части кривой к оси $h\nu$ дает значение $\sim 0,3$ эВ, т.е. E_g этих участков составляет $\approx 0,3$ эВ. По формуле $Q = 1 - \frac{I_{Co}}{I_{Si}}$ можно оценить степень покрытия Q поверхности Si атомами Co . В данном случае значение $Q \approx 0.35 - 0.4$. Это приблизительно согласуется с данными РЭМ (рис. 2). Если учесть, что расстояние между центрами этих фаз $\sim 50-60$ нм, то их средние поверхностные диаметры составляют $d \approx 20-25$ нм, а примерная толщина нанofаз $\sim 6-8$ монослой ($\sim 12-15$ Å).

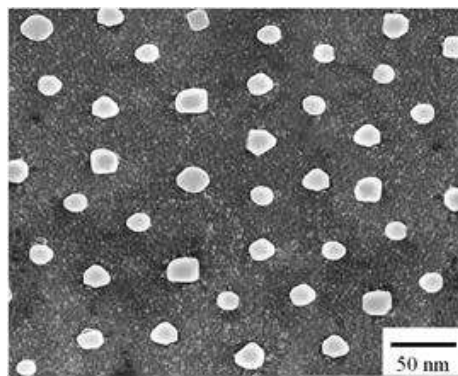


Рис. 2. РЭМ – изображения поверхности $Si(111)$ с пленкой Co с $\Theta = 6$ монослой.

Исходя из этого мы предполагаем, что при небольших размерах нанofаз Co ($\Theta \leq 3$ монослой) проявляются квантово-размерные эффекты: в фазе металлического Co появляется узкая запрещенная зона, характерная для узкозонных полупроводников. При $\Theta \approx 6$ монослой степень покрытия

поверхности Si наночастицами Co приближается к 1 и на кривой $I(h\nu)$ не наблюдается двойное резкое уменьшение I , т.е. значение $E_g \approx 0$. При $\theta \approx 8 - 10$ монослой поверхность полностью покрывается атомами Co . Однако свет небольшой интенсивности проходит через пленку вплоть до $\theta \approx 10 - 12$ nm. По-видимому, очень тонкая пленка Co пропускает свет. Отметим, что наночастицы и нанопленки Co были аморфными. Результаты ОЭС показали, что при комнатной температуре не происходит заметная взаимодиффузия атомов между подложкой и пленкой. После прогрева кремния с наночастицами и пленками Co при $T \approx 850 - 900$ К формировались нанокристаллические фазы и пленки $CoSi_2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H.W. Chang, J.S. Tsay, Y.C. Hung, F.T. Yuan, W.Y. Chan, W.B. Su, C.S. Chang, Y.D. Yao. J. Appl. Phys. 101, 09D124. (2007). DOI.org/10.1063/1.2712532
2. A.S. Rysbaev, A.K. Tashatov, Sh.X. Dzhuraev, Zh.B. Khuzhaniyazov, G. Arzikulov, and S.S. Nasriddinov. Surf. Inves. X-ray. 5 (6), 1193-1196. (2011). DOI: 10.1134/S1027451011100193
3. Umirzakov, B.E., Tashmukhamedova, D.A., Tashatov, A.K., Mustafоеva, N.M. Technical Physics, 2019, 64(5), 708–710
4. A. K. Tashatova, N. M. Mustafоеva. // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2020, Vol. 14, No. 1, pp. 81–84.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЁНОК СИЛИЦИДОВ МЕТАЛЛОВ ПРИ ТЕРМОДИФФУЗИИ

*Нормуродов М.Т., Ташатов А.К., Нормуродов Д.А., Нортोजиева М.Ш.
Каршинский государственный университет, г.Карши, ул. Кучабег -17*

В данной работе приводятся результаты проведенных экспериментов по изучению: концентрационных профилей распределения атомов на границе раздела металл-кремний, силицид-кремний; морфологии и стехиометрии поверхности пленок, полученных методом твердофазного осаждения с

последующим высокотемпературным прогревом. Были исследованы силициды Mn и Ba сформированные на поверхности Si p- и n-типа. Особое внимание обращено изучению пленок Mn_2Si_3 и $BaSi_2$. В отдельных случаях пленки $BaSi_2$ были получены методом ионной имплантации.

Напыление Mn на поверхность монокристаллического Si(111) проводилось при комнатной температуре подложки в условиях высокого вакуума ($P \approx 10^{-6}$ Па). Толщина пленки варьировалась в пределах $\sim 200-500 \text{ \AA}$.

Проведён анализ спектров ЭОС атомов Si и Mn. Концентрация атомов в приграничной области силицидных пленок определялась по реперным высокоэнергетическим оже-пикам Mn (590 эВ) и Si (1619 эВ). В расчетах использован метод коэффициентов оже-чувствительности с матричными поправками [1,2].

На рис. 1. приведены оже-электронные спектры кремния, толстой пленки ($\theta \approx 500 \text{ \AA}$) марганца, а также силицида Mn_2Si_3 . Спектры Si и Mn хорошо согласуются с известными данными [3], полученными для "чистых" образцов. Видно, что спектр Mn_2Si_3 существенно отличается от спектров Mn и Si. В частности, интенсивность всех пиков Mn и Si в силициде значительно в (2÷3 раза) меньше, чем в спектрах Mn и Si. В случае пиков типа XVV отличие спектров оже-электронов выявляются не только в изменениях интенсивностей пиков, но и в существенном изменении их положений и формы.

Известно, что изменение интенсивности пиков обусловлены изменением концентрации элементов, а изменение формы пиков - образованием новых соединений. Поэтому образование химических связей и типы образующихся соединений нами оценивались по изменению положения, формы и интенсивности пиков, обусловленных переходами валентных электронов: Si ($L_{23}VV - 92 \text{ эВ}$); Mn ($M_1M_2V - 40 \text{ эВ}$).

На рис. 2.а - приведены изменения интенсивности высокоэнергетических оже-пиков кремния (1619 эВ) и марганца (590 эВ) по

глубине для системы Mn – Si ($d_{Mn} \approx 200 \text{ \AA}$), полученных сразу после напыления пленки. Видно, что в приграничной области системы происходит существенная взаимодиффузия атомов пленки и подложки: глубина диффузии Mn в Si составляет $\sim 150\text{-}200 \text{ \AA}$, а Si в Mn – $50\text{-}60 \text{ \AA}$. Одновременно изучено поведение пика Si ($L_{23}VV$). В процессе ионного травления с ростом глубины слоя наблюдается существенное увеличение интенсивности этого пика, а его форма и положение изменяются незначительно. Поэтому можно полагать, что при комнатной температуре только небольшая часть атомов Mn и Si образует химическую связь.

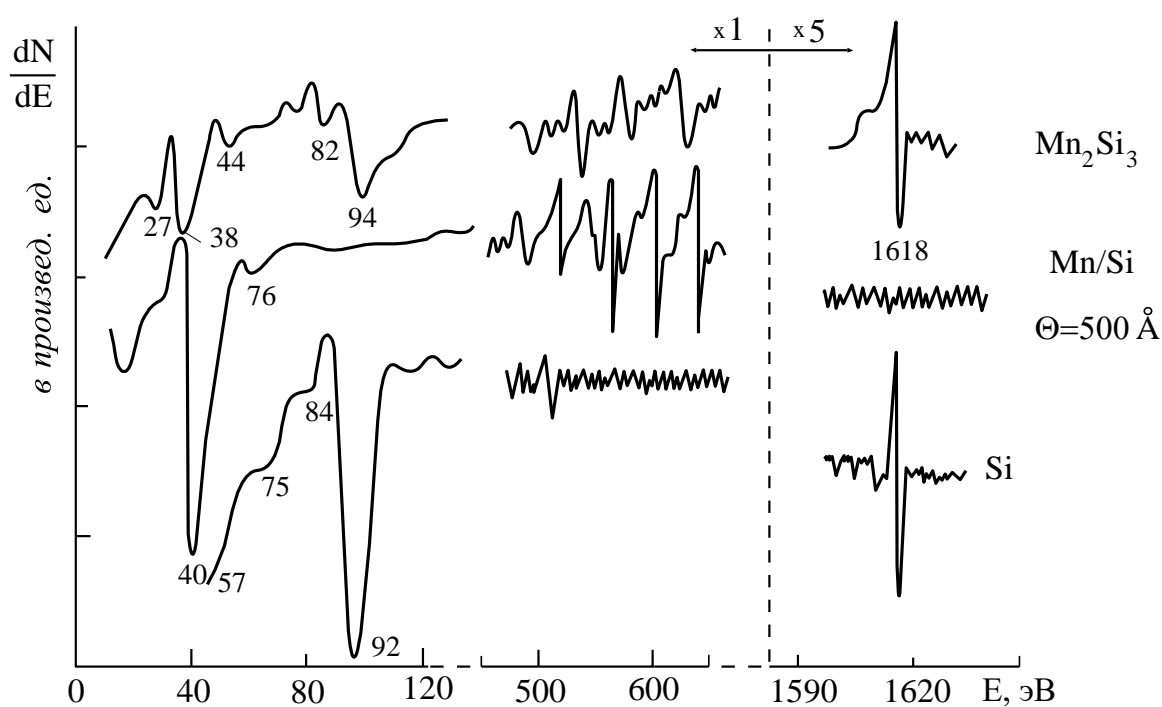


Рис.1. Оже-спектры Si, плёнки Mn/Si и плёнки силицида Mn₂Si₃.

Прогрев этой системы при увеличении температуры приводил к увеличению глубины диффундирующих атомов и образованию соединений типа Mn_xSi_y.

При этом наиболее заметное изменение происходило за первые 2-3ч. прогрева, что связано с упорядочением данных структур. Одновременно оценивались концентрация атомов Mn, химически связанных с атомами Si, и тип образующихся соединений. Такая оценка осуществлялась на основе

анализа характеристик пиков типа XVV Si и Mn. Всесторонний анализ показал (рис. 2.б):

1) если изменяется только интенсивность пика $Si L_{23}VV$, то химическая связь отсутствует;

2) удвоение пика соответствует частичному образованию химической связи (избыток атомов Si). По относительному изменению площадей этих пиков можно было оценить долю атомов кремния, образующих химическую связь;

3) если все атомы Si входят в химическую связь, то происходит сдвиг положения пика $L_{23}VV$ (от 0,5 до 2 эВ) в сторону больших энергий.

Аналогичные результаты получены и для пика M_1M_2V марганца при 40 эВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shimizu R. Quantitative analysis by Auger electron spectroscopy (invited paper).// Jap. J. of Appl. Phys. – 1983. - № 11. - P. 1631-1642.

2. Palmberg P.W. Quantitative Auger electron spectroscopy using elemental sensitivity factors.// J. Vac. Sci. Technol. – 1976. - V.13, № 1. - P. 314-318.

3. Самсонов Г.В. Силициды и их использование в технике. – Киев: Изд. АН УССР, 1959. – 386 с.

О ВЛИЯНИИ САМОДИФРАКЦИИ ОПОРНЫХ ВОЛН НА ЧЕТЫРЕХВОЛНОВОЕ СМЕШЕНИЕ В СРЕДАХ С ИНЕРЦИОННЫМ ОТКЛИКОМ

М. Абдурахманов, А Икрамов, Ш.Э Каршибоев, С.Х.Зоиров.

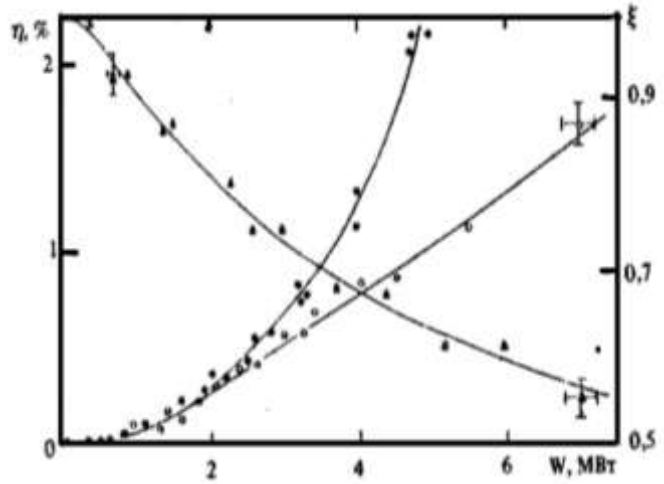
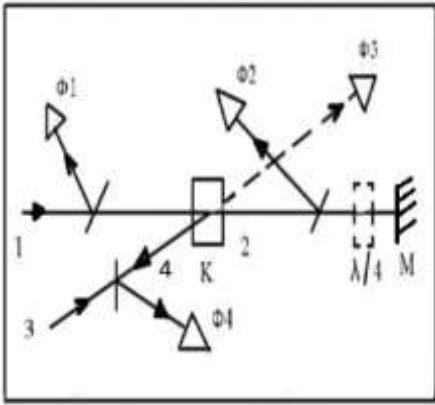
Узбекско-финский педагогический институт, Узбекистан г. Самарканд

shavkat.qarshiboyev.89@bk.ru

Использование при четырехволновом смешении (ЧВС) сред с тепловым механизмом оптической нелинейности привлекательно как доступностью, так и сравнительно большой величиной нелинейного отклика. Эффективное ЧВС в таких средах возможно лишь, если длительность импульсов опорных волн меньше времени релаксации наводимой решетки [1]. Однако этого

условия нестационарности оказывается, как правило, недостаточно для достижения предельных характеристик ЧВС в поглощающих средах, и необходимо выявление сопутствующих процессов, ограничивающих эффективность ЧВС. В настоящей работе показано, что нестационарная самодифракция опорных волн, вызывая их фазовую модуляцию, нарушает фазовый синхронизм в процессе ЧВС и снижает эффективность преобразования.

В эксперименте изучалось нестационарное ЧВС со встречными опорными волнами (рис.1). На кювету с раствором хлористой меди в этиловом спирте толщиной $l=1$ см с пропусканием $T=0,5$ падал линейно поляризованный коллимированный пучок 1 диаметром 4мм излучения одномодового неодимового лазера длительностью 50 нс. Встречный пучок 2 создавался за счет отражения прошедшего через кювету пучка 1 от плоского зеркала М. Когда между кюветой и зеркалом помещался ромб Френеля, опорные пучки 1 и 2 были поляризованы ортогонально и, в силу скалярного характера оптической нелинейности, обусловленной поглощением света, самодифракция между ними отсутствовала. Сигнальный пучок 3 с интенсивностью на входе в среду $5 \cdot 10^{-3}$ от интенсивности опорных волн и поляризацией, совпадающей с поляризацией пучка 1, пересекался с последним под углом 6° . В результате взаимодействия пучков 1-3 в среде возбуждался отраженный пучок 4, распространявшийся навстречу сигнальному. Пучки 1-4 одновременно регистрировались фотоэлементами Ф1-Ф4 типа ФК-19, подключенными к осциллографу С8-14.



К
огда
опор
ные
волн
ы
имел
и
один

Рис. 1. Схема эксперимента; К- кювета с раствором Φ1-Φ4- фотоэлементы λ/4-ромб Френеля

Рис.2. Зависимость эффективности возбуждения отраженного пучка 4η и относительного ослабления опорных воли $\xi(\Delta)$ от мощности W опорного пучка 1 на входе в среду для одинаковых $(0, \Delta)$ и ортогональных (\bullet) поляризаций опорных пучков.

акую поляризацию, с ростом мощности W падающего на кювету пучка 1 наблюдался практически линейный рост эффективности возбуждения отраженного пучка η , т.е. отношения пиковой мощности пучка 4 на выходе из среды к W (рис. 2) . При этом наблюдалась нелинейная экстинкция прошедшего через кювету опорного пучка 1 . Сравнение эффективности перекачки энергии пучка 1 в пучки 3 и 4 показало, что экстинкция пучка 1 не связана с его истощением пучками 3 и 4 . Перекрытие падающего на кювету сигнального пучка практически не влияло на величину его относительного ослабления ξ (на рис. 2 из ξ исключена экстинкция пучка вследствие

линейного поглощения: $\xi = \frac{W'}{TW}$, где W' - регистрируется фотоэлементом $\Phi 2$).

Таким образом, самодифракция опорных волн вызывает уменьшение их

интенсивности в среде, что, в свою очередь, приводит к снижению эффективности ЧВС. Действительно, для ортогональных поляризаций опорных волн, когда в процессе ЧВС в среде записывалась только общая просветная решетка попарно интерферирующими пучками 1, 3 и 2, 4, соответствующие значения η в 2-3 раза больше (рис. 2), причем η возрастало приблизительно как W^2 .

Для сравнительно длинных импульсов ($t \ll \tau_0$) необходимо учитывать однородный нестационарный прогрев среды, вследствие которого эффект вытеснения сохраняется [3]. При этом фазовая модуляция у каждой из пар попутных волн 1, 3 и 2, 4 будет одинаковой, а следовательно, непосредственно не будет влиять на снижение эффективности ЧВС с записью просветной решетки. В случае попутного некомпланарного ЧВС [4] самодифракция опорных волн равной интенсивности вызывает только их фазовую модуляцию. Это позволяет, пренебрегая релаксацией наведенных решеток, получить аналитические выражения, описывающие эффективность возбуждения отраженной волны как для одинаковых, так и для ортогональных поляризаций опорных волн, не используя приближение слабой нелинейности. Выполненный нами анализ показал, что возникающая в результате самодифракции фазовая кросс-модуляция опорных волн здесь также снижает эффективность возбуждения отраженной волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зельдович Б. Я., Пилипецкий Н. Ф., Шкунов В. В. Обращение волнового фронта. М., Наука, 1985.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М., Наука, 1974, с. 732.
3. Заскалько О. П. и др. ЖТФ, 56, 608 (1986).
4. K h y z n i a k A. et al. JOSA, A1, 169 (1984).

МЕМРИСТОРЫ – НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПАМЯТИ ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Юлдашев Ш. У., Мукимов К.М., Шарипова Р.Ш., Муродов Ж.Х.

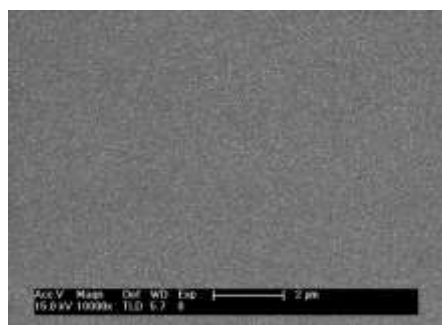
Центр развития нанотехнологий, Национальный университет имени Мирзо

Улугбека (shavkaty@yahoo.com)

В настоящее время, наряду с традиционными типами запоминающих устройств (динамической, статической и флеш-памяти) большое внимание уделяется резистивной памяти (мемристору), которая сочетает достоинства быстрой оперативной памяти с энергонезависимостью программируемой памяти [1]. Мемристор можно определить как элемент электрической цепи, сопротивление которого зависит от прошедшего через него заряда. Мемристор представляет собой тонкий слой изолятора (полупроводника) расположенного между двумя металлическими контактами. Размеры ячейки памяти могут составлять порядка нескольких десятков нанометров [2].

В данной работе мы представляем результаты исследования мемристоров на основе тонких пленок оксидов металлов ZnMgO изготовленных методом ультразвукового спрей пиролиза (УСП) [3]. Тонкая пленка ZnMgO с 5% содержанием атомов Mg была осаждена на подложке кремния из 0.5 М водного раствора ацетата цинка вместе с соответствующей концентрацией ацетата магния. На Рис.1 представлены изображения пленки, полученные на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ).

(а)



(б)

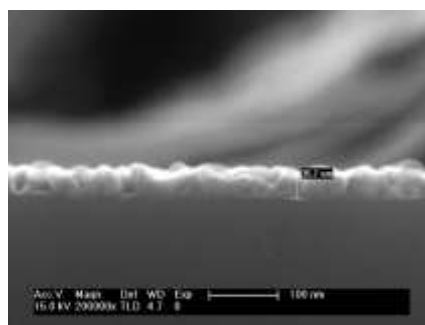


Рис. 1. Вид сверху (а) и (б) вид сбоку тонкой пленки ZnMgO на Si подложке, полученной методом ультразвукового спрей-пиролиза.

Из рисунка 1 видно, что полученная методом УСП пленка ZnMgO на Si подложке сплошная и достаточно однородная по площади с толщиной пленки порядка 36 нм. На поверхность данной пленки с помощью вакуумного напыления были осаждены точечные контакты из серебра диаметром 100 мкм. В качестве нижнего электрического контакта служила кремниевая подложка. На Рис.2 представлено схематическое изображение мемристора на основе полученной тонкой пленки ZnMgO.

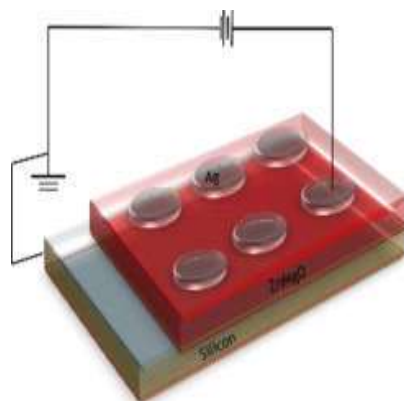


Рис. 2. Схематическое изображение Ag/ZnMgO/SiO₂/ Si мемристора.

На Рис. 3. представлены вольт-амперные характеристики полученного мемристора, (а) измеренные при комнатной температуре и (б) измеренные при температурах 300К, 350К и 400 К, соответственно.

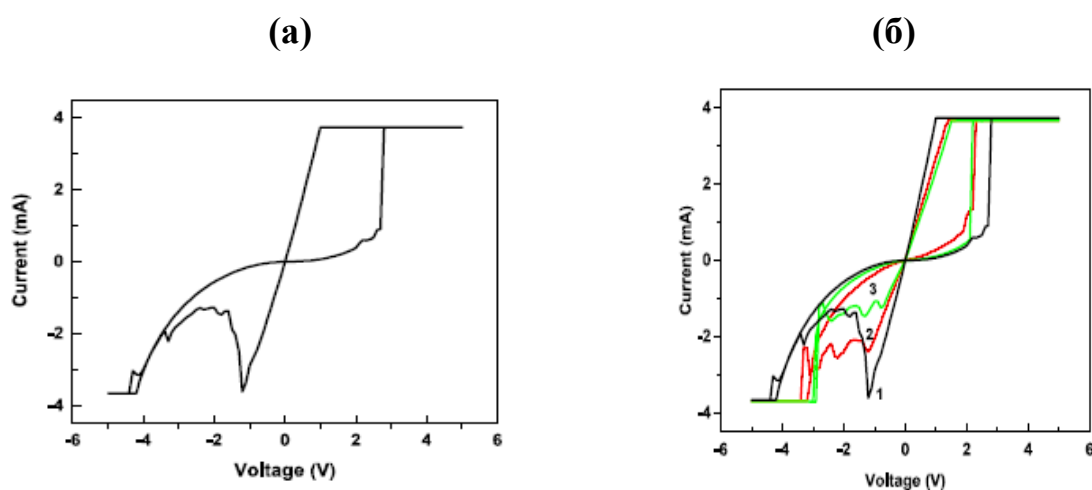


Рис. 3. В-А характеристики мемристора Ag/ZnMgO/SiO₂/p-Si измеренные при (а) комнатной температуре и (б) 1-300К, 2-350 К и 3-400 К, соответственно.

Из рисунка 3 видно, что при подаче положительного электрического напряжения на верхний электрод из серебра, в районе +3В происходит переключение сопротивления из высокоомного (HRS) состояния в низкоомное (LRS) состояние. Такое переключение связано с образованием проводящих нитей (filaments) из ионов серебра проникающих внутрь пленки оксида металла под действием электрического поля и при достижении противоположного электрода происходит скачок в величине протекающего электрического тока. Тогда как при подаче отрицательного напряжения на верхний электрод наблюдается обратное переключение сопротивления из низкоомного состояния обратно в высокоомное состояние, связанное с движением ионов серебра в обратном направлении и разрывом проводящих нитей. Вместе с тем, при повышении температуры, при обратном переключении, наблюдается появление нескольких пиков на кривой переключения. Появление данных пиков связано с резонансным туннелированием носителей заряда из кремния через нанокластеры из атомов серебра оставшихся внутри слоя оксида кремния после разрушения проводящих серебряных нитей. Тонкий слой оксида кремния, изначально присутствовал на поверхности кремниевой подложки при нанесении пленки ZnMgO методом ультразвукового спрей пиролиза. Радиус R нанокластеров серебра можно определить согласно формуле [4]

$$U = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

где U это разница энергий пиков наблюдаемых на вольт-амперной характеристике.

Литература

- [1] Yang Y., Qi J., Guo W., Qin Z., Zhang Y., Appl. Phys. Lett. 2010, 96, 093107.
- [2] Zhu B., Zheng K., Wu X., Ang L. K., Scientific Reports, 2017, 7, 43664.
- [3] Ardekani S.R., et al., J. of Analytical & Applied Pyrolysis, 2019, 141, 104631.
- [4] Kittel C., Introduction to solid state physics (JohnWilley&Sons, 2005).

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТЕРМОБАТАРЕИ С МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ КОНТАКТОВ

К.Э.Онаркулов, Т.М.Азимов.

Ферганский государственный университет, konarqulov58@gmail.com,

tmazimov@mail.ru

В настоящее время люди сталкиваются с такими сложными проблемами, как увеличение затрат на электроэнергию, загрязнение окружающей среды и глобальное потепление. Термоэлектрические генераторы (ТЭГ) продемонстрировали свою способность преобразовывать тепловую энергию непосредственно в электроэнергию и в течение последнего десятилетия является многообещающей альтернативой среди других технологий для производства экологически чистой энергии [1].

Коммутация термобатарей является наиболее трудоемкой и ответственной операцией при изготовлении термоэлектрических модулей. В них, включающих значительное число спаев, отказы чаще всего имеют место по причине нарушения контактов [2].

Для предотвращения вредных воздействий внутренних механических напряжений, при изготовлении термоэлектрических батарей, необходимо применение демпфирующего слоя между ветвью и коммутационной пластиной [3]. Демпфирующий слой изготавливается из материала, обладающего достаточной пластичностью и малым омическим сопротивлением, обычно из свинца.

Результаты проведенных исследований показали преимущества использования одноплудной технологии пайки эвтектическим припоем Pb-Sb с применением антидиффузионного слоя из химически осажденного никеля. При этом эвтектический припой Pb-Sb в контакте выполняет одновременно роль демпфера и коммутирующего припоя.

Для экспериментальной проверки свойств разработанных полупроводниковых термоэлектрических материалов и технологии коммутирования, были изготовлены опытные образцы термоэлектрических

модулей. Ветви термоэлементов изготавливались из сплавов $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,88}\text{Se}_{0,12} + 0,04 \text{ масс. \% Ni} + 0,05 \text{ масс. \% Sb}$ с добротностью $2,7 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ и $\text{Sb}_{1,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Te}_3 + 3 \text{ масс. \% Te} + 0,05 \text{ масс. \% Ni}$ с добротностью $3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Из слитка термоэлектрического материала электроискровым методом нарезались заготовки ветвей термоэлементов, причем высота заготовок была равна высоте готовых ветвей. Заготовки ветвей дважды травилась в 50 %-ном растворе азотной кислоты в течение 15 сек. После травления заготовки кипятились в этиловом спирте и высушивались на воздухе. Торцы ветвей термоэлемента химическим путем покрывались никель-фосфорной пленкой с помощью раствора состава $\text{NiCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O} - 30 \text{ гр/л}$, $\text{NH}_4\text{Cl} - 30 \text{ гр/л}$ с добавлением лимонно-кислого натрия до 45 гр/л. Процесс нанесения никель-фосфорного покрытия проводился при температуре $85 \div 87 \text{ }^\circ\text{C}$ в присутствии никелевой пластины в течение 4-х минут. Медные токоведущие шины покрывались никель-фосфорным покрытием. Заготовки ветвей термоэлементов и токоведущие шины залуживались с эвтектическим припоем Pb-Sb. После залуживания, методом электроискровой резки нарезались ветви термоэлементов размером $2 \times 2 \times 4 \text{ мм}$ и $3 \times 3 \times 4 \text{ мм}$ и вместе с токоведущими шинами припаивались. Пайка проводилась при температуре $280 \pm 3^\circ\text{C}$. На рис.1 показана схема расположения элементов единичного термоэлемента.

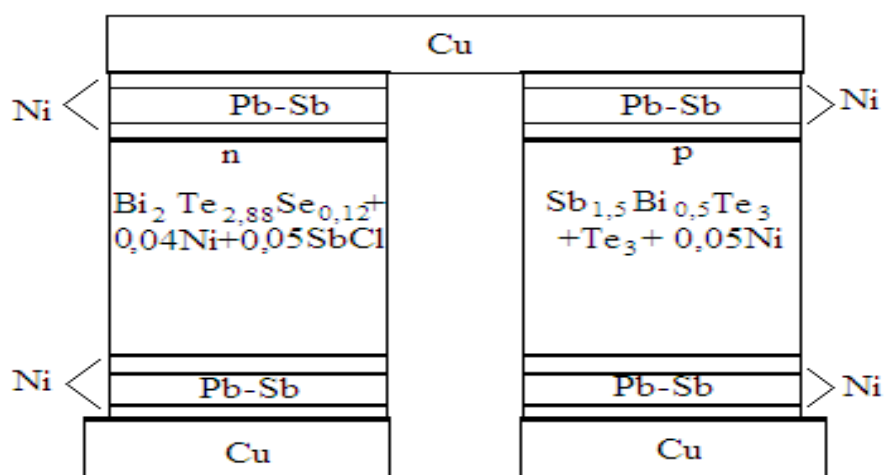


Рис.1. Схема расположения элементов единичного термоэлемента

Контроль качества коммутации термобатареи производился внешним осмотром. Величина падения напряжения проверялось на одном термоэлементе при оптимальном токе. Контроль производился установлением зонда милливольтметра поочередно на каждый последующий термоэлемент в направлении хода коммутации. Значение падения напряжения на отдельных ветвях или термоэлементах термоэлектрической батареи не отличалось более чем на $\pm 3\%$. Падения напряжения, превышающее указанный предел, свидетельствует их некачественной коммутации. Значительное увеличение падения напряжения на термоэлементе соответствует нарушению коммутации в результате термических напряжений или механического повреждения, а уменьшение падения напряжения от нормы - наличие в батарее короткого замыкания, что чаще всего бывает из-за наплыва припоя на полупроводник.

Предлагаемая технология значительно упрощает процесс сборки термобатарей, повышает их эффективность, а также позволяет механизировать процесс нанесения припоя на термоэлемент, что очень важно в серийном изготовлении термоэлектрических батареи. Кроме того, позволяет значительно расширить, например до 450 °К температуру среды, в которой термобатарея нормально функционирует.

Литература

1. Охотин А.С. Состояние и перспективы термоэлектрического преобразования тепловой энергии в электрическую. // Известия Московского государственного индустриального университета. – Москва, 2008. – С. 23 - 29.
2. Sun, G.; Qin, X.; Li, D.; Zhang, J.; Ren, B.; Zou, T.; Xin, H.; Paschen, S. B.; Yan, X. Enhanced Thermoelectric Performance of N-Type Bi_2Se_3 Doped with Cu. J. Alloys Compd. 2015, 639, 9–14.
3. Онарқулов К.Э., Юлдашев А.А., Ш.Йўлдош Қори. Ички механик кучланиш ҳисобга олинган поликристалл юпка пардаларда тензоқаршилиқ самараси.

/Физика фани муаммолари ва унинг ривожда истеъдодли ёшлар ўрни.
Тошкент 2016 йил, 206-208 б.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК n-PbTe

*Онаркулов К.Э., Юлдашев А.А.
Ферганский государственный университет,*

konarkulov58@gmail.com

Современные конструктивно-технологические решения микроэлектроники требуют постоянного уменьшения геометрических размеров основных элементов приборов и устройств, вплоть до перехода на наноразмерные структуры и улучшения эксплуатационных характеристик. Дальнейшее усовершенствование их эксплуатационных параметров, требуют изучения физических процессов протекающих в таких низкоразмерных структурах.

Полупроводниковые материалы на основе халькогенидов свинца являются перспективными для создания пленочных термоэлектрических приемников ИК-излучения, которые отличаются высоким коэффициентом полезного действия. Перспективными с точки зрения практической реализации следует считать парофазные методы осаждения конденсата [1]. При их реализации, как правило, имеют место морфологические изменения поверхности наращиваемых слоев за счет механических напряжений, обусловленные несоответствиями постоянных решеток, коэффициентов линейного расширения конденсата и подложки [2-4].

Пленки n-PbTe получали методом термического испарения в вакууме полупроводникового материала, из разогретого тигля с последующей его конденсацией на подложках из слюды и термостойкой полиамидной пленке ПМ-1. Установка обеспечивала в камере вакуум до 10^{-4} мм рт.ст. Напыляемая шихта n-PbTe (с избытком Pb 0,5 % выше стехиометрии) предварительно подвергалась очистке методом возгонки с последующей зонной перекристаллизацией. Для разработки оптимальной технологии получения

пленок, исследовалось влияние температур испарителя и подложки, расстояния от испарителя до подложки, скорости напыления на электрофизические параметры пленок.

Исследования показали, что повышение температуры подложки до 350–370 °С приводит к увеличению $\alpha^2 \sigma$ за счет возрастания σ , т.к. диффузионные процессы, интенсивность которых растет с температурой, приводят к увеличению блоков (рис.1). Выше этих температур термоэлектрические свойства пленок начинают заметно ухудшаться. Можно предположить, что начиная с этих температур происходит интенсивное реиспарение компонентов материала пленки, что приводит к значительному сдвигу от стехиометрии конденсируемого вещества.

Сопоставление экспериментальных данных показали, что оптимальная скорость напыления (ϑ) колеблется в интервале от 0,03 мкм/сек до 0,1 мкм/сек. Обнаружено, что термоэлектрические параметры сильно зависят от толщины пленок (рис.2).

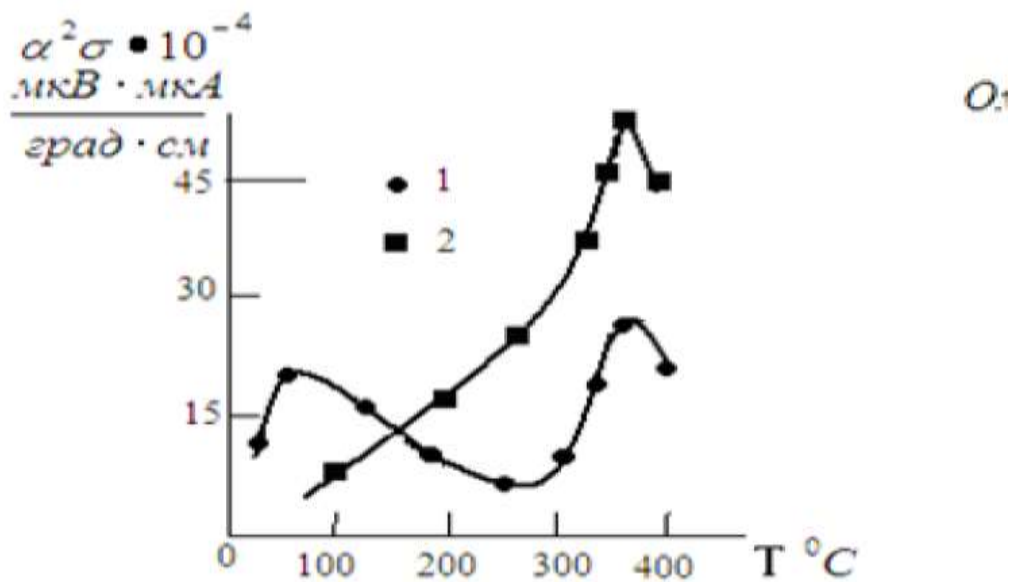


Рис. 1. Зависимости термоэлектрической мощности от температуры подложки (1-слюда, 2-полиамид).

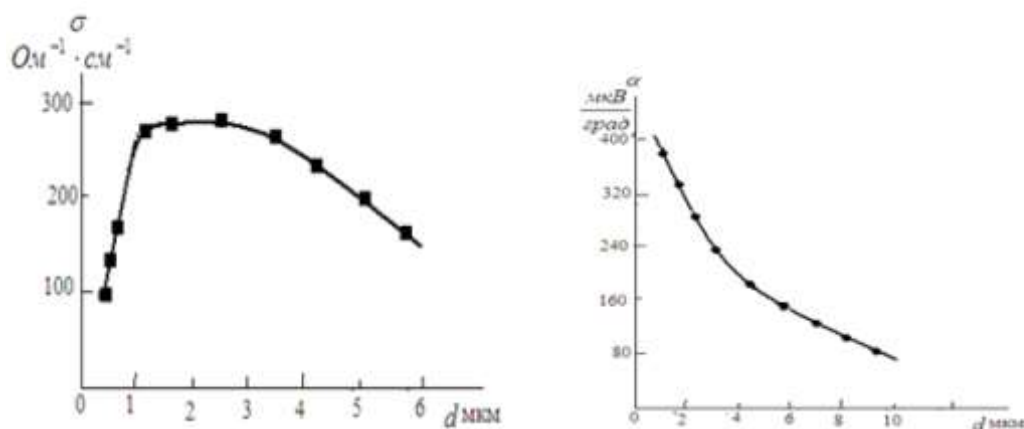


Рис. 2. Зависимость электропроводности (σ) и коэффициента термоэдс (α) от толщины пленок.

Наилучшие результаты были получены на пленках толщиной $0,8 + 4,0$ мкм, где Z достигала значений $106 \text{ мкВ мкА/град}\cdot\text{см}$. При малых толщинах пленки ($d \leq 0,3$ мкм) на σ существенно влияют дефекты, вносимые поверхностью подложки, т.к. пленка вероятнее всего в точности повторяет рельеф подложки. В достаточно толстых пленках ($d > 5$ мкм) заметно ухудшается адгезия, что приводит к образованию микротрещин, за счет чего падает электропроводность, следовательно, значение Z . При температурах подложек менее 300°C , конденсируемые на слюду пленки, имеют значение Z выше, чем на полиамиде. Однако, при увеличении температуры конденсации до $350\text{--}370^\circ\text{C}$, этот параметр выравнивается на обоих типах подложек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Равич, Ю. И. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe , PbSe , PbS / Ю. И. Равич, Б. А. Ефимова, И. А. Смирнов. – Москва: Наука, 1968.
2. Онаркулов К.Э., Юлдашев А.А., Азимов.Т.М. Весмут-сурма теллур юпка пардаларнинг электрофизик хоссаларига технологик жараённинг таъсири.// Науч.вест. ФерГУ. 2017. №2.с. 9-12.
3. Онаркулов К.Э., Набиев М.Б. ва б. Исследование электрофизических свойств пленок $n\text{-PbTe}$ в целью дальнейшего изготовления датчиков.// Яримўтказгичлар физикасининг ҳозирги замон муаммолари Республика илмий анжумани. 26-27 октябрь 2018 й, Тошкент.

4. Дубровский В.Г., Цырлин Г.З. Кинетика роста пленок при зародышевом механизме формирования слоев // Физика и техника полупроводников. 2005. Т.39, № 11. – С. 1312–1319.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ

Зохирова Шахноза Муродиллаевна

Вардияшвили Афдандил Аскарлович

Каршинский Государственный университет

При движении реальной жидкости в трубе все гидравлические потери складываются из потерь на трение по длине и потерь в местных сопротивлениях. Для гидравлических потерь напора $\sum \Delta h_w$ имеем:

– потери напора по длине трубопровода вследствие наличия трения (потери на трение по длине) $\sum \Delta h_l$;

– потери напора в местных сопротивлениях (например, внезапное сужение или расширение потока, кран (вентиль), изгибы и др.) $\sum \Delta h_m$. т.е.

$$\sum \Delta h_w = \sum \Delta h_l + \sum \Delta h_m \text{ м.}$$

Потери напора на трение по длине на i – м участке определяются из формулы Дарси-Вейсбаха

$$\Delta h_{l_i} = \lambda_i \frac{l_i v_i^2}{d_i 2g}, \text{ м}$$

где λ_i – коэффициент гидравлического сопротивления; l_i – длина участка, м; d_i – диаметр трубы, м; v_i – средняя скорость движения частиц жидкости, м/с.

Потери напора в местных сопротивлениях определяются из формулы Вейсбаха

$$\Delta h_{m_i} = \zeta \frac{v_i^2}{2g}. \text{ М}$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления (выбирается из справочной литературы для конкретного типа гидравлического сопротивления).[1,2]

1 – зона ламинарного режима ($Re_d < 2300$). В пределах этой зоны λ не зависит от шероховатости (кривая 1) и подчиняется формуле Пуазейля

$$\lambda = \frac{64}{Re_d}. \quad (1)$$

Здесь и далее Re_d – число Рейнольдса, определенное по диаметру трубопровода, то есть $Re_d = \rho wd / \mu$.

2 – переходная зона от ламинарного к турбулентному режиму течения соответствует числам Рейнольдса $2300 < Re_d < 4000$ (кривая 2). В потоке наблюдается исчезающие очаги турбулентности. Коэффициент трения определяется по формуле Френкеля[1,2]

$$\lambda = \frac{2,7}{Re_d^{0,53}}. \quad (2)$$

3 – зона турбулентного движения в гидравлически гладких трубах (кривая 3 на рис. 1.) соответствует числам Рейнольдса $4000 < Re_d < 20 \frac{d}{k_s}$ и высоте бугорков шероховатости $\delta_n = 68,4r_0 Re_d^{0,875} > k_s$. Коэффициент трения может быть определен по формуле Блазиуса

$$\lambda = \frac{0,316}{Re_d^{0,25}}. \quad (3)$$

4 – доквадратичная зона сопротивления ограничивается кривой 3 и пунктирной линией $K-K$ (режим частично шероховатых труб) соответствует числам Рейнольдса $20d/k_s < Re_d < 500d/k_s$. Коэффициент трения может быть определен по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_s}{d} + \frac{68}{Re_d} \right)^{0,25} \quad (4)$$

5 – зона квадратичного сопротивления образована горизонтальными участками кривых (режим развитой шероховатости) соответствует числам Рейнольдса $Re_d > 500d/k_s$. Здесь работает формула Никурадзе

$$\lambda = 1,74 + \lg \left(\frac{d}{k_s} \right) \quad (5)$$

или формула Шифринсона

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k}{d_s} \right)^{0,25} \cdot (6)$$

При данном режиме течения толщина вязкого подслоя мала и турбулентный поток непосредственно взаимодействует с выступами шероховатости. Эта зона называется автомодельной зоной, так как λ не зависит от Re_d .

Заметим, что формула Альтшуля является универсальной, так как при $k_s = 0$ она переходит в формулу Блазиуса, а при $Re_d \rightarrow \infty$ – в формулу Шифринсона.[2,6]

Результаты и обсуждение. Для целей водоснабжения к потребителям подается вода в количестве $V=200 \text{ м}^3/\text{час}$ при температуре $t=70^\circ\text{C}$. Длина трубопровода $l=1000 \text{ м}$, внутренний диаметр $d_g=259 \text{ мм}$, давление воды в начале линии $p_1=5 \text{ кгс/см}^2$. Отметка оси трубопровода в конечной точке на 2 м выше начальной. Определить полный напор и давление в начале и конце трубопровода, если шероховатость труб $k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, а потеря напора в местных сопротивлениях равна 10% линейных потерь.

Полный напор в начальной точке определяется по уравнению Бернулли

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g}$$

Напор в конце трубопровода

$$H_2 = H_1 - h_{\text{пот}}$$

Потери напора определим по уравнению

$$h_{\text{пот}} = h_l + h_m = 1,1h_l = 1,1\lambda_{\text{тр}} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2} \rho$$

Определим характер движения жидкости в трубопроводе

$$v_{\text{пред}} = 568 \frac{\nu}{k}$$

При $t=70^\circ\text{C}$ коэффициент кинематической вязкости $\nu = 0,416 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

$$v_{\text{пред}} = 568 \frac{0,416 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-4}} = 0,472 \text{ м/с}$$

Скорость воды в трубопроводе

$$v = \frac{V}{S} = \frac{4V}{\pi d_b^2} = \frac{4 \cdot 200}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,259^2} = 1,055 \text{ м/с}$$

Так как $v > v_{\text{пред}}$, то $\lambda_{\text{тр}}$ следует определить по формуле Шифринсона

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left(\frac{k}{d}\right)^{0,25} = 0,11 \left(\frac{0,0005}{0,259}\right)^{0,25} = 0,024$$

Наконец найдем потери напора по формуле $h_l = \lambda_{\text{тр}} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2} \rho$ при условии $t=70^\circ\text{C}$

($\rho_{\text{в}} = 977,81 \text{ кг/м}^3$) с учетом местных потерь, которые по условию составляют 0,1 линейных

$$h_{\text{пот}} = 1,1 \cdot 0,024 \frac{1000}{0,259} \cdot \frac{1,055^2}{2} 977,81 = 64534,8 \text{ Па}$$

Если принять за начало отсчета $z_1=0$, то

$$H_1 = 0 + \frac{5 \cdot 9,81 \cdot 10^4}{977,81 \cdot 9,81} + \frac{1,055^2}{2 \cdot 9,81} = 51,186 \text{ м}$$

$$H_2 = 51,185 - 6,45 = 44,645 \text{ м}$$

Давление в конце трубопровода

$$p_2 = p_1 - h_{\text{пот}} - (z_2 - z_1)\rho g = 5 \cdot 98066,5 - 64534,8 - (2 - 0)977,81 \cdot 9,81 = 406210 \text{ Па}$$

$$p_2 = 408210 \cdot 1,01972 \cdot 10^{-5} = 4,16 \text{ кгс/см}^2$$

Выводы. По результатам теоретических исследований, согласно заданным условиям, при увеличении давления воды в начале линии также увеличивается полный напор и давление в начале и конце трубопровода.

Литературы

1. Сергель О.С. Прикладная гидрогазодинамика: // Учебник для авиационных вузов. М.: Машиностроение, 1981. – С. 374.
2. Зезин В.Г. Гидрогазодинамика // Учебное пособие. Челябинск Изд. ЮУрГУ. 2010. – С. 55-57.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа // Москва 1950. – С. 668.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика // Москва 1953. – С. 736.

ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ И ВОЛЬТФАРАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДОЗИМЕТРА НА ОСНОВЕ Si(Li) p-i-n ДЕТЕКТОРЫ

Р.А. Муминов¹, А.К. Саймбетов², Ё.К. Тошмуродов³, Г.Ж. Эргашев¹,

М.О. Явкочдиев³

¹Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз, г. Ташкент,
Узбекистан.

²Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы,
Казахстан.

³Каршинский институт ирригации и агротехнологий национального
исследовательского университета «ТИИИМСХ», г. Карши, Узбекистан.

E-mail: yorqin@mail.ru

Новая научно-практическая дисциплина – радиационная безопасность начала формироваться с момента создания атомной промышленности, хотя отдельные ее аспекты разрабатывались уже вскоре после открытия рентгеновских лучей. Дозиметр предназначен для определения уровня ионизирующей радиации. Реагирует на бета, альфа, а также рентгеновские лучи [1-3].

Успешное решение задач по созданию Si(Li) p-i-n детекторов ядерного излучения больших площадей во многом зависит от правильного понимания свойств исходного кремния большого диаметра и их возможная связь с эксплуатационными характеристиками детектора.

В работе были исследованы вольтамперные и вольтфарадные характеристики Si(Li) p-i-n детекторов больших размеров для разработке дозиметра.

Для проведения исследования были изготовлены Si(Li) p-i-n детектор по технологии, описанной в работе [4]. Изготовлен Si(Li) p-i-n детектор из низкоомного p-Si, выращенного методом Чохральского ($\rho=10\text{Ом.см}$, $\tau=50\text{мкс}$) и высокоомного кремния, полученного безтигельной зонной плавкой ($\rho=4\text{ кОм.см}$, $\tau=500\text{мкс}$). Диффузию лития проводили на одну из сторон, в вакууме ($\sim 10^{-5}\text{ мм.рт.ст.}$) при температуре $t_{\text{диф}}=450^{\circ}\text{C}$ на глубину $320\div 350$

мкм. Далее, в $n^+ - p - n^+$ структурах провели процесс дрейфа ионов лития. К готовой структуре напыляются металлические контакты, Al($\sim 1000^\circ\text{A}$) и Au($\sim 200^\circ\text{A}$) на n^+ -область и i -область соответственно.

Согласно проведенному анализу, объемная составляющая обратного тока Si(Li) $p-i-n$ -структур практически полностью определяется только генерационным током в компенсированной i -области, и не зависит от удельного сопротивления исходного материала. Следовательно, значение объемной составляющей обратного тока наших детекторов должно быть равно $I_{\text{обр}} = 3,4$ мкА. Это значение служит критерием, по которому можно оценить, насколько существенный вклад в общий ток вносит поверхностная составляющая.

Как видно из экспериментальных кривых (см. Рис.1), обратные токи детекторов из низкоомного кремния Чохральского ($\rho = 10$ Ом. см) в области насыщения с хорошей точностью согласуются с расчетным значением. Это свидетельствует об отсутствии поверхностных токов и, следовательно, о стабильности радиометрических характеристик в широком диапазоне рабочих полей.

Совершенно другой характер имеют обратные токи детекторов из высокоомного безтигельного кремния ($\rho = 4\text{кОм.см}$). В этом случае, измеренные значения обратных токов значительно превышают критические ($I_{\text{обр}} = 3,4$ мкА) практически во всем диапазоне обратного смещения (при 10 В). Это свидетельствует о формировании инверсионного слоя на поверхности этих детекторов. Ширина и проводимость инверсионного слоя, как известно, определяются удельным сопротивлением исходного полупроводника и поверхностным изгибом зон.

Вольтфарадные характеристики Si(Li) $p-i-n$ детекторов приведены на рис.2. Лучшие характеристики наблюдается у детекторов выращенных методом Чохральского.

Недостаточная компенсация чувствительной области детекторов обусловлена наличием локальных однородностей в объеме исходного материала, а также несовершенством контактов р-і-п структур. Использование специальных «мягких» режимов дрейфа ионов лития, а также замена химически осажденного алюминиевого тыльного контакта на напыленный слой алюминия, с применением дополнительного выравнивающего дрейфа позволяет уменьшить величину напряжения смещения, при которой достигается необходимая толщина чувствительной области.

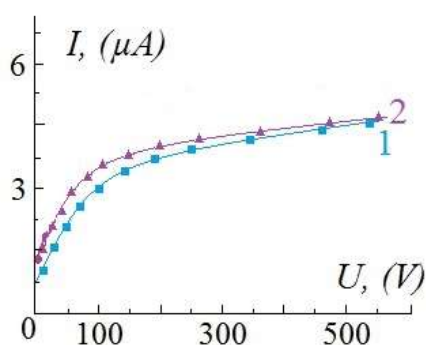


Рис.1. ВАХ Si(Li) р-і-п детекторов $S=60 \text{ см}^2$, изготовленных из низкоомного р-Si, выращенного методом Чохральского - Δ ; и высокоомного кремния полученного бестигельной зонной плавкой - \blacktriangle .

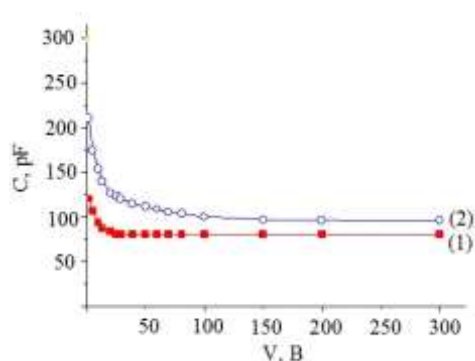


Рис. 2. ВФХ Si(Li) р-і-п детекторов площадью 60 см^2 изготовленных из р-Si, выращенного методом Чохральского -- Δ -- и бестигельной зонной плавкой -- \square --.

Из проведенного анализа отчетливо видны преимущества использования низкоомного р-Si выращенного методом Чохральского, для изготовления Si(Li) р-і-п детекторов больших размеров, малыми обратными токами и высокими эксплуатационными характеристиками.

Литература

1. Protic, D., et al.; Development of Transmission Si(Li) Detectors, IEEE Transactions On Nuclear Science, Aug. 2003, vol. 50, No. 4, pp. 1008-1012.

2. АЗИМОВ С.А., МУМИНОВ Р.А., ШАМИРЗАЕВ С.Х. Кремний-литиевые детекторы ядерного излучения. – Ташкент: Фан.1981 г.
3. Yu.K. Akimov, Instruments and Experimental Techniques 1, 5 (2007).
4. Muminov R. A., Saymbetov A. K., Japashov N. M., Mansurova A. A., Radzhapov S. A., Toshmurodov Yo. K., Mukhametkali B. K., Sissenov N. K., and Kuttybay N. B. Double sided diffusion and drift of lithium ions on large volume silicon detector structure Journal of Semiconductor Technology and Science-2017, Vol.17, No.5, p. 591-596.

EFFECT OF ELECTRON IRRADIATION ON DIRECT OPTICAL TRANSITIONS IN A LAYERED TlGaSe₂ SINGLE CRYSTAL

¹ Umarov S. H., ² Narzullaeva Z. M., ³ Hallokov F. K.

¹*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Biophysics and Information Technology in Medicine, Bukhara Medical Institute.*

²*Doctoral student of Bukhara State Universit.*

³*Junior Research Fellow Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan.*

The ternary compounds TlGaS₂, TlGaSe₂, and TlInS₂ belong to the class of layered semiconductor chalcogenides TlBX₂ (where B = Ga or In; X = S or Se). An atomic stack of crystals consists of two twisted anionic layers with weakly bound Tl¹⁺ cations located in triangular cavities between them. As a result, crystals consist of separate layers with weak bonds between the layers and strong bonds between atoms inside the layers [1-6].

The monoclinic crystal structure of the TlGaSe₂ compound contains the space group C2/c and lattice parameters $a = 10.87 \text{ \AA}$, $b = 10.79 \text{ \AA}$, $c = 15.70 \text{ \AA}$, and $\beta = 100.47^\circ$, respectively [7]. The trigonal spaces between the Ga₄Se₁₀ complexes contain monovalent thallium ions. The unit cell consists of two layers rotated relative to each other by 90° and shifted relative to each other in the direction (010) by the length of the side of the small GaSe₄ tetrahedron. Because of this displacement, the tetragonal symmetry is broken. Seven atomic planes

arranged in the order Se-Tl-Ga-Se-Ga-Tl-Se make up each layer. Numerous studies of fundamental optical absorption in TlGaSe₂ crystals have been carried out in the past. According to available data, the fundamental absorption edge consists of both indirect and direct transitions, the energies of which at room temperature cover a wide range: $E_{gi} = 1.83\text{--}2.13$ eV, $E_{gd} = 2.08\text{--}2.23$ eV, $E_{gi} = 1.83$ eV и $E_{gd} = 2.11$ eV [8].

According to the above literature data, there are no results of studying the effect of electron irradiation on the optical properties of the compositions of semiconductor chalcogenides with ternary TlGaSe₂ compounds.

Therefore, the goal of our study is to study the effect of electron irradiation on direct optical transitions, including the parameters of the band gap in a layered TlGaSe₂ single crystal.

To determine the band gap, the optical absorption spectra of TlGaSe₂ crystals were studied before and after irradiation with electrons with an energy of 2 MeV (Fig. 1). Samples for studying the optical absorption spectra were chipped from single-crystal TlGaSe₂ ingots with dimensions of $5 \times 5 \times (0.5 \div 1)$ mm³. Optical absorption spectra were recorded on a «Lambda 35» spectrophotometer (Perkin Elmer) in the wavelength range 190 – 1100 nm. (Spectrophotometer "Lambda 35" has a relative error (0.1 nm.)). Derivation of the absorbance optical density formula: $I = I_0 e^{-kx}$, $I/I_0 = e^{-kx}$, $\ln(I/I_0) = D$, $D = \ln e^{-kx}$, (1)

where I_0 is the intensity of the radiation incident on the sample; intensity of radiation passing from the sample; x is the thickness of the sample; k is the absorption coefficient; $k = D/x$, cm^{-1} ; D is the optical density. Optical density is a dimensionless quantity.

The band gaps of TlGaSe₂ single crystals were determined by studying the optical absorption spectra using the following Tauc formula:

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g) \quad (2)$$

where $E_g = hc/\lambda$ is the energy of the optical band gap, h is Planck's constant (6.626×10^{-34} J•s), c is the speed of light (3×10^8 m/s), λ is the absorbed wavelength,

α is the absorption coefficient, $h\nu$ is the energy of the incident photon in eV, A is the slope constant of the edge of the band.

The irradiation of single-crystal and polycrystalline TlGaSe₂ was carried out on the «Elektronika U-003» accelerator of the Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan with an electron energy of 2 MeV (the electron energy was chosen taking into account the sample thickness) and a beam current density of 0.085 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$.

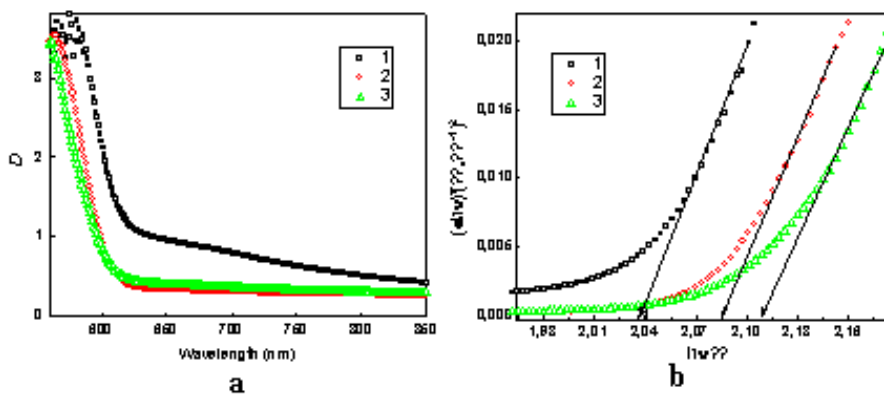


Figure 1. a - Absorption spectrum and **b** - optical band gap of the TlGaSe₂ single crystal depending on the photon energy at different fluences, electron/cm²: 1) initial, 2) 5×10^{15} , 3) 1×10^{16} . $E_{g1} = 2.036$ eV, $E_{g2} = 2.085$ eV, $E_{g3} = 2.108$ eV.

The absorption spectra of the TlGaSe₂ crystal were measured in the spectral range 190 - 1100 nm. It has been found that the values of the band gap energy upon electron irradiation are $E_{g1} = 2.036$, 2.085, and 2.108 eV for the TlGaSe₂ crystal, respectively. Changes in the band gap after electron irradiation are most likely associated with a change in lattice parameters or defects.

LITERATURE

1. Tashmetov M.Yu., Khallokov F.K., Ismatov N.B., Yuldashova I.I., Nuritdinov I., Umarov S.Kh. Study of the influence of electronic radiation on the surface, structure and Raman spectrum of a TlInS₂ single crystal // Physica B: Condensed Matter. – Elsevier. 2021. Vol. 613. ID. 412879. – P. 6.

2. S.Kh. Umarov, N.Z. Gasanov, F.K. Khallokov, Spectrum and refraction absorption of $\text{TlIn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{S}_2$ solid solutions. // Евразийский Союз Ученых , 4 (49), 27-32, 2018.

3. M.Yu. Tashmetov, F.K. Khallokov, N.B. Ismatov, I.I. Yuldashova, S.Kh. Umarov. Electronic irradiation of $\text{TlInS}_x\text{Se}_{2-x}$ ($x=1$): Morphology, structure and Raman scattering. International Journal of Modern Physics B. //Vol. 35. No.28, (2021). doi:10.1142/S0217979221502891.

4. Tashmetov M.Yu., Khallokov F.K., Ismatov N.B., Umarov S.Kh. Influence of accelerated electrons on the structure, crystallite size and surface of a $\text{TlIn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{S}_2$ crystal with $x = 0.01$. // Uzbek Journal of Physics. - Tashkent, 2021.–Vol. 23, No.4. –pp.51–56.

5. Umarov S.H., Hasanov N.Z., Khallokov F.K., Narzullaeva Z.M. Effect of pressure and thermal expansion on the optical absorption edge and the deformation potential model in TlGaS_2 . //SCIENTIFIC REPORTS OF BUKHARA STATE UNIVERSITY. 2023.–Vol. 35, No.3. –pp.16–22.

6. S. Kh. Umarov, N. Z. Gasanov, I. Nuritdinov, F. K. Hallokov. Peculiarities of differential reflection spectra of TlInS_2 single crystals. // Eurasian Union of Scientists, 2018. No.4-3(49). 60-63.–p.

7. T. D. Ibrahimov, I. I. Aslanov, Solid State Commun. 123(8), 339 (2002).

8. N. M. Gasanly, J. of Kor. Phys. Soc. 57(1), 164 (2010).

**THE EFFECT OF STEPWISE POSTIMPLANTATION ANNEALING ON
THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF SILICON SURFACE
LAYERS IMPLANTED WITH ALKALI METAL IONS**

R. M. Yorkulov, G. Kh. Allayarova, B. A. Abduganiyev

Karshi state universite. Karshi18000

a.boburjon.2142@gmail.com

Molecular and solid-phase epitaxy and the method of low-energy ($E_0 \leq 5\text{keV}$) ion implantation in combination with annealing are widely used when creating nanosized two- and multilayer heterostructures that offer necessary

combinations of materials for producing base components of modern nano-, micro-, and optoelectronics. [1–2] Of these methods, only ion implantation allows one to obtain homogeneous continuous films with a thickness of $h \leq 40\text{--}50 \text{ \AA}$. The preparation of an atomically clean substrate surface and the prerequisite of high purity of the deposited (implanted) substances are the main requirements for obtaining such structures. This work is devoted to a study of changes in the composition and structure of the Si(111) surface layers implanted with alkali metal ions upon annealing under various temperature conditions. Single-crystal n-type Si(111) samples with a diameter of 10 mm and a thickness of 0.5 mm were the subjects of study. Ion implantation, heating, and all analyses were carried out on the same experimental setup under a vacuum pressure of at least $P = 10^{-7} \text{ Pa}$. The energy of ions ranged from 1 to 5 keV, and their dose was $D \approx 10^{14}\text{--}10^{17} \text{ cm}^{-2}$.

Figure 1 shows the Auger spectra in the energy range of $E = 85\text{--}100 \text{ eV}$ (the $L_{23}VV$ Auger line of silicon) for pure Si and for Si samples implanted with Na^+ ions with $E_0 = 1 \text{ keV}$ at $D = 6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ before and after annealing at $T \approx 900 \text{ K}$ for 30 min. As can be seen from Fig the intensity of the Si peak decreases sharply after ion implantation and new peaks characteristic of NaSi ($E = 96\text{--}97 \text{ eV}$) and NaSi_2 ($E = 94\text{--}95 \text{ eV}$) appear. After annealing at $T \approx 900 \text{ K}$, the peaks corresponding to NaSi and Si disappear, while the peak of NaSi_2 increases to a maximum.

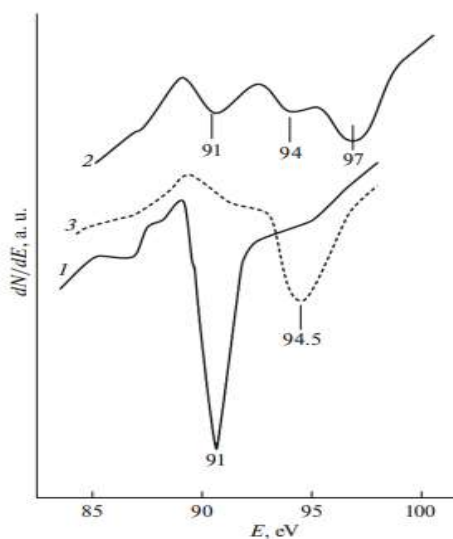


Fig. Effects of implantation with Na^+ ions and subsequent annealing on the intensity and position of the $L_{23}\text{VV}$ Si Auger peak for (1) pure Si(111), (2) Si implanted with Na^+ ions with $E_0 = 1 \text{ keV}$ at $D = 8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$, and (3) the sample after annealing of ion-implanted silicon at $T = 900 \text{ K}$ for 30 min. The Auger spectra were recorded at a primary electron energy of $E_p = 2500 \text{ eV}$.

Thus, the dynamics of changes in the composition and structure of the surface layers of ion-implanted silicon upon annealing under different temperature conditions was studied for the first time. It is shown that the following changes occur at different temperatures: the MeSi_2 type, the formation of a single-layer MeSi_2 coating, and maximum purification of the surface and near-surface Si layers.

REFERENCES

1. B. E. Umirzakov, D. A. Tashmukhamedova, G. Kh. Allayarova, and Zh. Sh. Sodikzhanov, *Tech. Phys. Lett.* 45, 356 (2019).
<https://doi.org/10.1134/S1063785019040175>
2. B. E. Umirzakov*, Z. A. Isakhanov, G. Kh. Allaerova, and R. M. Erkulov ISSN 1063-7850, *Technical Physics Letters*, 2021, Vol. 47, No. 1, pp. 11–15. © Pleiades Publishing, Ltd., 2021. Russian Text © The Author(s), 2021, published in *Pis'ma v Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki*, 2021, Vol. 47, No. 1, pp. 15–19

СОЗДАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ СОГЛАСУЮЩИХСЯ СЛОЕВ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА СИСТЕМ $\text{Si}/\text{CaF}_2/\text{GaAs}$ И $\text{GaAs}/\text{CaF}_2/\text{GaAs}$

Ташатов А.К., Нормуродов Д.А., Эшбобоев С.Н., Жуманов Ш.Э.,
Бозорова Н.Р.

Каршинский государственный университет, 180003 Карши, Узбекистан,
atashatov@mail.ru

Для получения переходящих слоев на границе GaAs/CaF_2 и CaF_2/GaAs нами использован метод ионной имплантации. Имплантация производилась ионами Ba^+ , Na^+ , Mg^+ и Sr^+ . Затем проводился постимплантационный отжиг до температуры, при которой формировалась монокристаллическая структура. В случае GaAs частичная замена Ga атомами Ba и Sr приводила к

росту постоянной решетки системы, а при замене Ga атомами Na монотонное изменение параметра решетки не наблюдалось. Наиболее совершенные согласующиеся слои применительно для систем GaAs/CaF₂ получены при имплантации GaAs ионами Mg⁺.

На рис.1 приведены зависимости C_{Mg} от d, полученные после прогрева при различных температурах (время прогрева при каждой T составляет 30 мин.) GaAs, легированного ионами Mg с E₀=1 кэВ при дозе насыщения D=4·10¹⁶ см⁻². Видно, что до отжига большая часть имплантированных атомов располагается на поверхности и вблизи нее до глубины 40-45 Å.

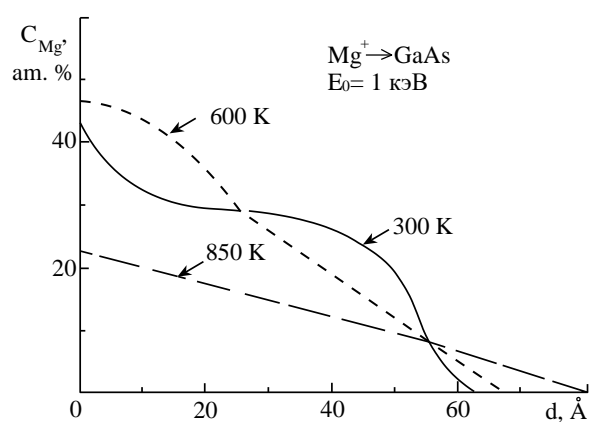


Рис.1. Зависимости C_{Mg} от d, полученные после прогрева при различных температурах пленки GaAs, легированной ионами Mg⁺ с E₀=1 кэВ и D=4·10¹⁶ см⁻².

При этом не все атомы Mg входят в химическую связь с атомами матрицы. До температуры T=500-550 К профиль распределения атомов Mg практически не меняется. Прогрев при T=600 К приводит к небольшому возрастанию концентрации атомов Mg на поверхности, что связано с диффузией несвязанных атомов магния к поверхности. С дальнейшим ростом температуры усиливается диффузия атомов Mg к поверхности и вглубь мишени, образование соединений Ga - Mg - As, отжиг дефектов и кристаллизация ионно - легированных слоев. Одновременно начинается интенсивная десорбция магния из области внедрения и зависимость C_{Mg}(d) приобретает вид спадающей кривой. Следовательно общая концентрация Mg в приповерхностной области уменьшается, что подтверждается уменьшением

площади под кривой $C_{Mg}(d)$. При $T=800$ К все атомы Mg образуют связь с атомами матрицы и формируется эпитаксиальная монокристаллическая пленка. Примерный состав на поверхности имеет вид $Ga_{0,5}Mg_{0,5}As$. С ростом глубины концентрация Mg монотонно убывает, а Ga - увеличивается. При $d=70-80$ Å содержание магния не превышает 2-3 ат.%. Дальнейшее увеличение температуры приводит к разложению трехкомпонентного соединения и быстрому уменьшению концентрации Mg в приповерхностной области GaAs. Уменьшая дозу облучения легирующих ионов можно уменьшить содержание Mg (увеличить Ga) в трехкомпонентной системе.

На рис.2 приведены зависимости $C_{Mg}(d)$, полученные после отжига при $T=1000$ К GaAs, легированного ионами Mg с $E_0=1$ кэВ разными дозами. Видно, что соотношение концентраций атомов Mg и Ga на поверхности для разных доз легирования разное. Во всех случаях с ростом глубины концентрация Mg, и следовательно значение "a" системы монотонно увеличивается.

Наименьшее значение постоянной решетки при образовании системы Ga-Mg-As составляет $5,4$ Å, что близко к "a" пленки CaF_2 , т.е. переходной слой, созданный на поверхности GaAs имплантацией ионов Mg является наиболее эффективным для системы GaAs - CaF_2 .

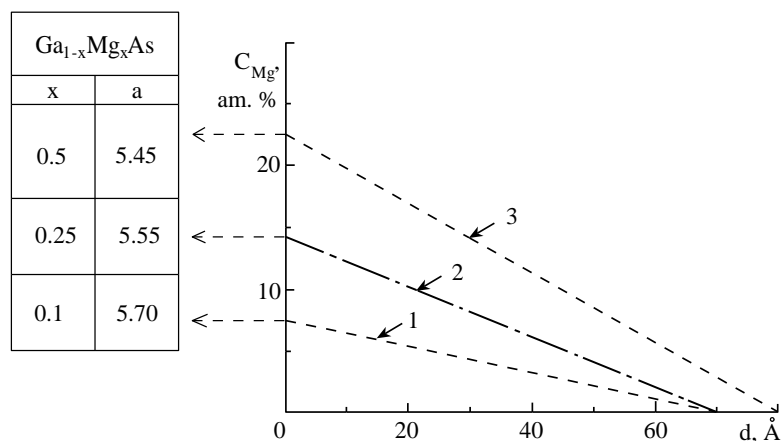


Рис. 2. Зависимости C_{Mg} и "a" от d для пленки GaAs, легированной ионами Mg с $E_0=1$ кэВ и подвергнутой прогреву при $T=850$ К. 1- $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, 2- $6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, 3 - $6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$.

Отметим, что для увеличения ширины переходного слоя можно увеличить энергию ионов Mg. Однако в случае GaAs, легированного ионами активных металлов с $E_0 \geq 3$ кэВ переходной слой с монотонно изменяющейся концентрацией легирующего элемента сформировать не удалось.

Аналогичным образом получен переходной слой в приповерхностной области CaF₂ для системы CaF₂/GaAs. В отличие от выше рассмотренного случая в этом случае необходимо создавать пленки с увеличивающейся "постоянной решетки". Такие слои создавались после прогрева CaF₂, имплантированных ионами Ba⁺ и Sr⁺. Для системы Ba-Ca-F₂ оптимальной оказалась температура 1000 К, а для системы Sr-Ca-F₂-1100 К.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wittmer M. Silicide contacts for shallow junction devices. //Thin Solid Films. - 1983. - V.107. - P. 99-110.
 2. Ташатов А.К. Закономерности роста и электронные свойства многослойной структуры Si/CoSi₂/Si // ДАН Респ. Узбекистан. - Ташкент, 2006. - №1. – С. 26-29.
- Ташмухамедова Д., Умирзаков Б.Е., Ташатов А.К. Электронные свойства поверхности гетероструктурных пленок Me_xSi_y/Si и Ga_{1-x}Me_xAs/GaAs, созданных методом ионной имплантации.// Известия РАН. Серия физическая. – Москва, 2003. - № 9 (7). -С. 35-36.

ЗАВИСИМОСТЬ СВЕТОПОТОКА СВЕТОИЗЛУЧАЮЩЕГО ДИОДА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

У.Р. Рустамов, О.О. Очиллов, К.Х. Маликов.

Центр развития нанотехнологии при НУУз имени М. Улугбека.

e-mail:rustamov2110@mail.ru

Главная цель данного исследования является изучение изменения фотометрических показателей светоизлучающего диода (СИД), с учётом влияния температуры окружающей среды. Эксперименты проводились с использованием мощных СИД, подвергавшихся внешней термической

нагрузке. Температура внутри климатической камеры соответствовала температуре окружающей среды при работе СИД. Температура внутри камеры измерялась при помощи термопары ТХА (термопара хромель-алюмель). Полученные данные представлены в табличном виде и сопоставлены с результатами измерений светового потока. Для установления связи между параметрами полученные результаты статистически анализировались.

В экспериментах использовались изготовленные разными производителями СИД размером 3 - 5 мм с большим световым потоком и рабочим током 10 - 50 мА. Напряжение пробоя было равно 4 - 8 В, а мощность при указанном токе – 40 - 400 мВт. Партия, выбранная для проведения экспериментов, состояла из 10 СИД на основе арсенида-галлия приведённые на таблице.

Перед началом экспериментов СИД включены несколько часов, при температуре $t=20$ °С, чтобы констатировать неизменение значение светопотока от постоянной температуры окружающей среды. Светодиоды маркировались как указано в таблице СИД 1, СИД 2..., СИД 10 и помещались в испытательную камеру(рис. 1).

Камера имела две важных свойства: позволяла поддерживать внутри себя постоянное значение температуры и выступала в роли интегрирующей сферы. Каждый из СИД монтировался в центре внутренней верхней части камеры. Освещенность (световой поток) измерялся люксометром марки LX-1010В. Внутри камеры создана условия для минимизации попадания от отражённого света, тем самым обеспечили прямое попадания на фотоэлемент люксометра свет от СИД. Наверху экрана был помещена термопара ТХА для измерения температуры в камере. Температура в камере повышалась электрической спиральной печкой. На рис. 1. схема экспериментального устройства СИД, которая использовалась при проведении испытаний.

Экспериментальное устройство помещалась в комнате, в которой поддерживалась температура 20 °С(± 1 °С). Устройства управления,

располагавшиеся вне камеры, обеспечивали требуемые рабочие токи находящихся в камере СИД.

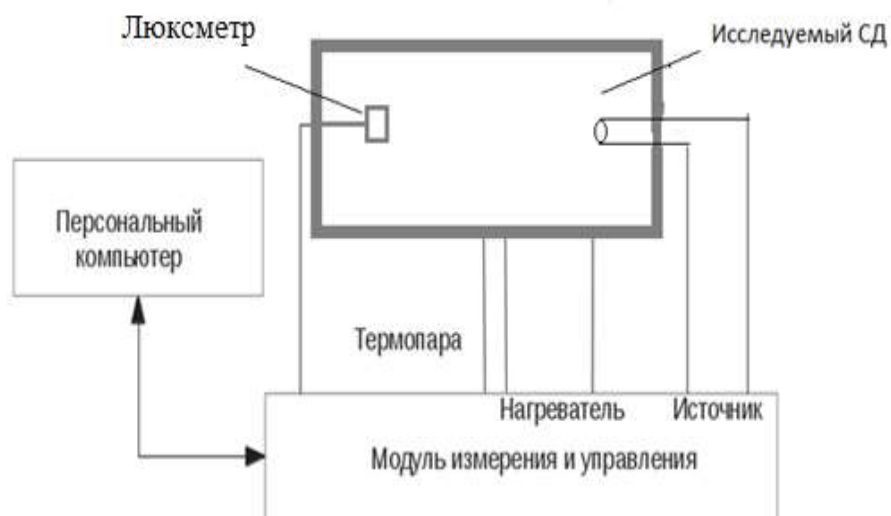


Рис.1. Схема экспериментального устройства, которая использовалась при проведении испытаний.

СИД подвергались воздействию разных температур окружающей среды, и при этом регистрировались соответствующие относительные изменения светопотока светодиода. Температура окружающей среды T изменялась от 20 до 70 °С. Полученные данные были представлены в виде графиков, показывающих, что светопоток уменьшается с ростом T почти линейно (рис.2.).

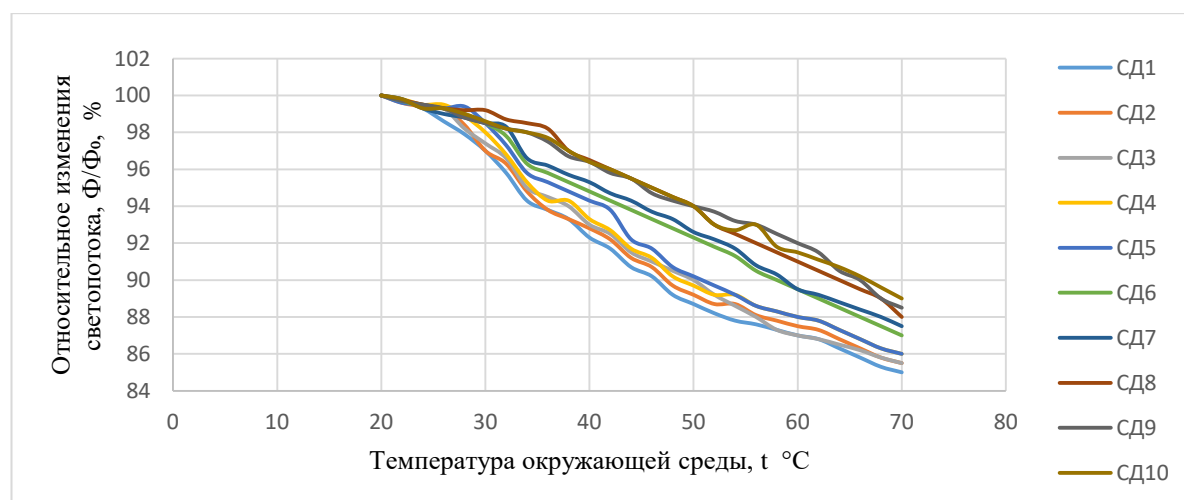


Рис. 2. График зависимости температуры окружающей среды и светопоток светодиодов.

Как следует из результатов эксперимента, увеличение температуры приводит к уменьшению светового потока. У СИД 1, СИД 2 и СИД 3 световой поток уменьшился от 100 до 85 %, у СИД 4 и СИД 5 – до 87 %, у СИД 6 и СИД 7 – до 88 %, а у СИД 8, СИД 9 и СИД 10 – до 89%. Также, данный эксперимент показывает что, у СИД большой мощности уменьшение светового потока меньше, чем у СИД малой мощности. Эти и аналогичные исследования отражают термочувствительность СИД. Так как большинство светильников с СИД – приборы закрытого типа, и тепло, которое «заперто» внутри светильника, существенно влияет на световой поток СИД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Емельянов А.М., Соболев Н.А., Шек Е.И. Кремниевые светодиоды, излучающие в области зона-зонных переходов: влияние температуры и величины тока // Физика твердого тела. 2004. Т. 46. Вып. 1. С. 44-48.
2. O.O. Ochilov, O.O. Ochilova. Diffraction on LEDs // NeuroQuantology, 2022, Volume 20, Issue 18, p. 133-137, doi: 10.14704/nq.2022.20.18.NQ880016.
3. Сергеев В.А., Ходаков А.М. Расчет и анализ распределений плотности тока и температуры по площади структуры InGaN/GaN мощных светодиодов // Физика и техника полупроводников. 2010. Т. 44. Вып. 2. С. 230-234.

VII SHO‘BA: ZAMONAVIY TA‘LIMDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR
СЕКЦИЯ №7: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ
ОБРАЗОВАНИИ

SECTION No.7: DIGITAL TECHNOLOGIES IN MODERN EDUCATION

KREDIT - MODUL TIZIMIDA TALABALARNING MAXSUS
KOMPETENTLIGINI OSHIRISHDA MUSTAQIL TA‘LIM
IMKONIYATLARI VA XUSUSIYATLARINI
RIVOJLANTIRISH

Avezov Alijon Xayrulloevich

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O‘zbekiston.

a.x.avezov@buxdu.uz

Ushbu maqolada talabalar kredit-modul tizimida mustaqil ta‘limdan samarali foydalanishi va oliy ta‘lim muassasi professor o‘qituvchilari kredit modul tizimida innovatsion texnologiyalar orqali mustaqil ta‘limni tashkil etish bilan ta‘lim sifatini yaxshilashi, shu bilan birga ma‘ruza, amaliy mashg‘ulot va laboratoriya darslarida ham barcha zamonaviy pedagogik texnologiyalardan samarali foydalangan holda talabalarda o‘qitilayotgan kurslar bo‘yicha chuqur bilim berish va bu bilimlardan amaliyotda foydalana olish ko‘nikma va malakasini shakllantirish, dars va darsdan tashqari mashg‘ulotlarda mustaqil ta‘limni innovatsion pedagogik texnologiyalar vositasida qo‘llash orqali talabalarning aniq va tabiiy fanlarni o‘zlashtirish samaradorligini oshirish bilan aniq va tabiiy fanlardan malaka talabalarini integratsiyalash asosida texnik ijodkorlik qobiliyatning tizimli komponentlari (motivatsion-kognitiv, texnologik va kreativ) tizimi keltirilgan [1].

Talabalarning mustaqil ishlari quyidagi shakllarda joriy etilishi mumkin: talabaning bevosita o‘zi tomonidan mobil qurilmasi orqali amalga oshiriladigan mustaqil ish turlari; axborot izlash – o‘z qiziqishlaridan kelib chiqib taqdim qilingan dayjest orqali internet materiallarini o‘rganish; Forum – fan mavzulari bo‘yicha telegram kanallari yoki masofaviy ta‘lim platformalarida fikr almashish;

Test yechish – o'rgatuvchi test dasturlarida mashq qilish orqali fan moduliga oid materiallarni mustahkamlash; Nazorat ishiga tayyorlanish – fan bo'yicha kutilayotgan oraliq va yakuniy nazoratlarga tayyorgarlik ko'rish masala yechish – amaliy mashg'ulot mavzusi bo'yicha berilgan masalalarni yechish va uni yozma tarzda taqdim qilish; referat – muammoning yozma bayoni, bunda adabiy manbalar sharhlanadi yoki ilmiy ish, kitoblar tahliliy bayon qilinadi; kollokvium – o'quv modulining nazariy qismining o'zlashtirilishini tekshirish maqsadida suhbat uyushtirish; esse – dolzarb mavzu bo'yicha shaxsiy fikrini tanqid, publitsistik va boshqa janrlarda yozma bayon qilish; taqdimot – berilgan mavzu bo'yicha slayd va video materiallar vositasida chiqish qilish; keys - stadi ishlab chiqarishdagi muammoli vaziyatlar bo'yicha belgilangan shakldagi topshiriqlar bo'yicha yechim izlash; ish o'yinlari – kasbiy faoliyat jarayonlarini imitatsiya qilish, sahnalashtirish, rollarni ijro qilish orqali kasbiy ko'nikmalar orttirish; kurs loyihasi – fan yoki fanlar majmuasi (texnik mexanika, texnologik jarayon va qurilmalar, mutaxassislikka oid loyiha ishlari bajariladigan fanlar) muammolari bo'yicha belgilangan uslubiy qo'llanmalar asosida bajariladigan grafik chizmalar ilova qilinadigan belgilangan uslubiy qo'llanmalar asosida yoziladigan hisob ishlari; fan to'garaklarida ishtirok etish – talabanning fan to'garaklarida maket, slayd, namunalar kabi ko'rgazmali materiallarni tayyorlashi; tanlovlarda ishtirok etish – talabanning o'qituvchining ilmiy rahbarligi ostida turli tanlovlarda ishtirok etishi (-Yosh ixtirochil, talabalar startap loyihalari va h.k.); ilmiy anjumanlarda ma'ruza qilish – fanga oid ilmiy tadqiqot mavzusi bo'yicha OTM, Respublika va xalqaro miqyoslarda o'tkaziladigan ilmiy-texnikaviy anjumanlarda ma'ruza qilish; Ilmiy tezis va maqolalar chop etish – ilmiy anjumanlarning to'plamlarida tezislar va ilmiy jurnallarda ilmiy tadqiqot mavzusi bo'yicha maqolalar chop qilish; Elektron shakldagi o'qituvchi raxbarligida talabalarning mustaqil ishlari: Review – taqdim qilingan manbaga annotatsiya yozish. Interview – muammoni tadqiq qilish bo'yicha suhbat uyushtirish va uni masofaviy ta'lim platformasiga yuklash [2-3].

Talabalarning mustaqil ishlari innovatsion texnologiyalarga asoslangan bo'lishi kerak. O'qituvchi raxbarligida talabalarning mustaqil ishlarining

auditoriyadagi shakli berilgan topshiriq doirasida talabalarning darslik va birlamchi manbalar, guruhli topshiriqlarni bajarish, yakka tartibdagi tahliliy faoliyatlarni ko'zda tutadi.

Mustaqil ishni muvaffaqiyatli bajarish uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak: o'quv topshirig'ining motivatsiyasi; kognitiv vazifalarni aniq bayon qilish; ishni bajarish algoritmi, usuli, talabani uni bajarish usullari to'g'risida bilimi; o'qituvchi tomonidan hisobot shakllarini, ish hajmini, uni topshirish vaqtini aniq belgilashi; konsalting yordam turlarini aniqlash (sozlash, tematik, muammoli konsultatsiyalar); baholash, hisobot berish va boshqalar mezonlari; nazorat turlari va shakllari (seminar, test sinovlari, seminar va boshqalar).

Mustaqil ish talaba faoliyatidagi takrorlash va ijodiy jarayonlarni o'z ichiga oladi. Bunga qarab mustaqil ishning uchta darajasi ajratiladi.

Reproduktiv darajaga o'qish, o'quv adabiyotlarini yozib olish, ma'ruzalar tinglash, audio va video yozuvlarni tinglash, yodlash, takrorlash, yodlash, Internet manbalari va o'quv materiallarini takrorlash kiradi.

Kognitiv darajaga xabarlar, ma'ruzalar tayyorlash, seminarlar va amaliy mashg'ulotlarda ma'ruzalar, intizomiy masalalar bo'yicha adabiyotlarni tanlash, referatlar, referatlar, testlar yozish, ishbilarmonlik o'yinlariga tayyorgarlik va boshqalar kiradi.

Ijodiy daraja - mustaqil ish darajasi - ilmiy maqolalar, tezislar yozish, tadqiqot ishlarida qatnashish, talabalar ilmiy konferensiyasi, olimpiada va boshqalarda qatnashishni o'z ichiga oladi [4].

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. S.Q.Qahhorov, Sh.F.To'rayev. Zamon talablariga javob beradigan mutaxassislarni tayyorlashda oliy ta'limda to'g'ri yo'lga qo'yilgan mustaqil ta'limning muhim hissasi// Pedagogik mahorat jurnali 2022 aprel, 2-son.
2. Usmonov B.Sh,Xabibullayev R.A.Oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini kredit-modul tizimida tashkil qilish.O'quv qo'llanma Toshkent, 2020 yil [4 34-37 betlar.

3. Avezov A.X. Ta'limning turli bosqichlarida innovatsion texnologiyalardan foydalanish samaradorligini oshirish. // "Science and Education" scientific journal, 2:11 (2021), c. 789-797.

TALABALARNING ELEKTRON VOSITASIDA BILIM, KO'NIKMA VA MALAKALARINI O'LCHASH VA BAHOLASH

Arziqulov Abdixoliq Ulashevich¹, Janiqulov Qamariddin Kenjayevich²

¹O'zbekiston – Finlandiya pedagogika instituti dotsenti. a.arziqulov@mail.ru

²SamDU mustaqil tadqiqotchisi. qamariddinjaniqulov@mail.ru

Respublikamizda so'ngi yillarda o'quv jarayonini yaxshilash, o'quv dasturlarini yanada takomillashtirish, o'qitishning zamonaviy pedagogik texnologiyalarini amalga joriy qilish, texnik vositalaridan keng foydalanish va shu asosda masofadan o'qitishni keng joriy qilishga e'tibor qaratilmoqda.

Shularni inobatga olib axborot texnologiyalari vositasida matematikadan talabalarning bilimini aniqlash uchun "O'zlashtirish darajasini aniqlovchi test" nomli dastur yaratildi.

Bu dastur **JavaScript** dasturlash tilining ochiq manbali **REACT** frameworkida hamda **PHP** dasturlash tili va **MySQL** ma'lumotlar bazasida ishlab chiqilgan. Foydalanuvchilar dasturdan web platforma orqali hamda Android tizimidagi mobil dastur orqali ham foydalanishlari mumkin. Foydalanuvchining



ma'lumotlari turli qurilmalarda sinxronizatsiya bo'lishini taminlash maqsadida

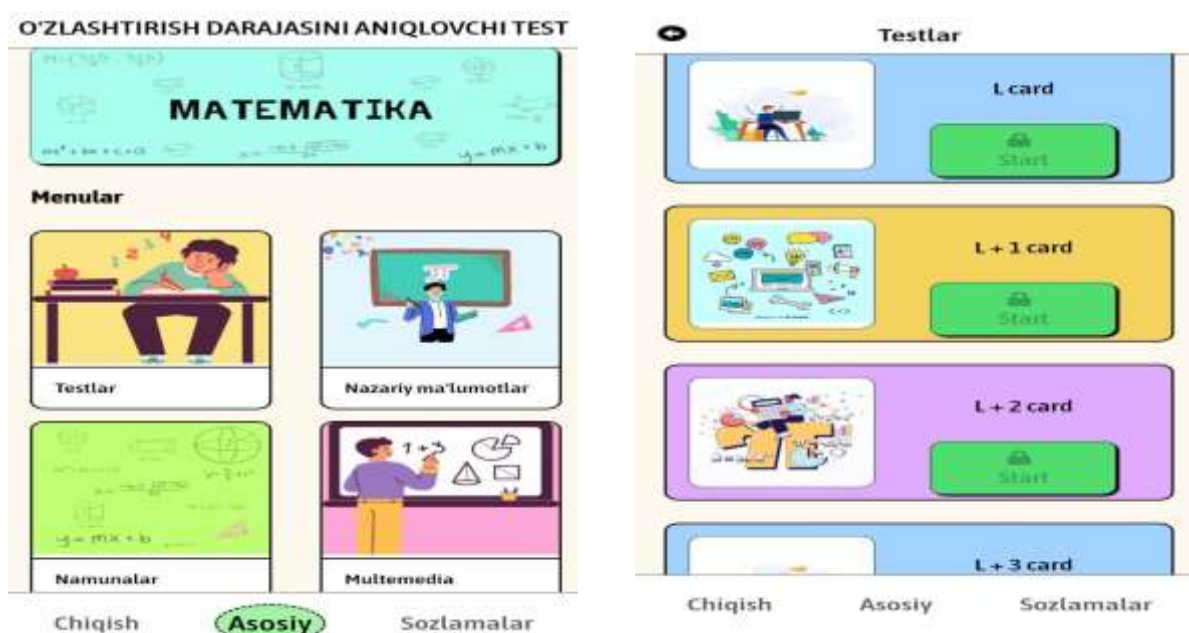
ma'lumotlar bulutli texnologiyalar yordamida serverda saqlanadi. Bu esa foydalanuvchiga ma'lumotlarini tiklashi va dasturni turli muhitda boshidan emas, kelgan joyidan davom etish imkoniyatini yaratadi. Bu dastur yuklangandan so'ng foydalanuvchi ismi, familiyasi, login, paroli orqali ro'yxatdan o'tiladi. Kirish oynasi paydo bo'ladi. Unda ham login va parol orqali dasturga kiriladi.

Ekkranda quyidagi to'rtta bo'lim, ikkita menyu va chiqish tugmasi bor (1-rasm): Testlar, nazariy ma'lumotlar, namunaviy misollarning yechilishi va multemediya ko'rinadi.

Brinchi bo'limda testlar 7 ta sinflashtirilgan kategoriyalarga ajratilgan. Shuningdek, dasturda testlar bazasi kategoriyasini kengaytirish va qisqartirish imkoniyati ham mavjud. Foydalanuvchi eng qiyi kategoriyadan boshlab har bir kartada 60 ta test mavjud bo'lib, random orqali 10 ta test tanlanadi va uni yechish uchun 20 daqiqa vaqt beriladi. Agarda foydalanayotgan talaba kartadan oltmish foizdan yuqori natijaga erishsa keyingi bosqichga o'tadi. Agarda foydalanuvchi barcha bosqichlardan o'tib eng yuqori kartadan ham oltmish foizdan yuqori natija ko'rsatsa, uni rag'batlantirish uchun diplom beriladi.

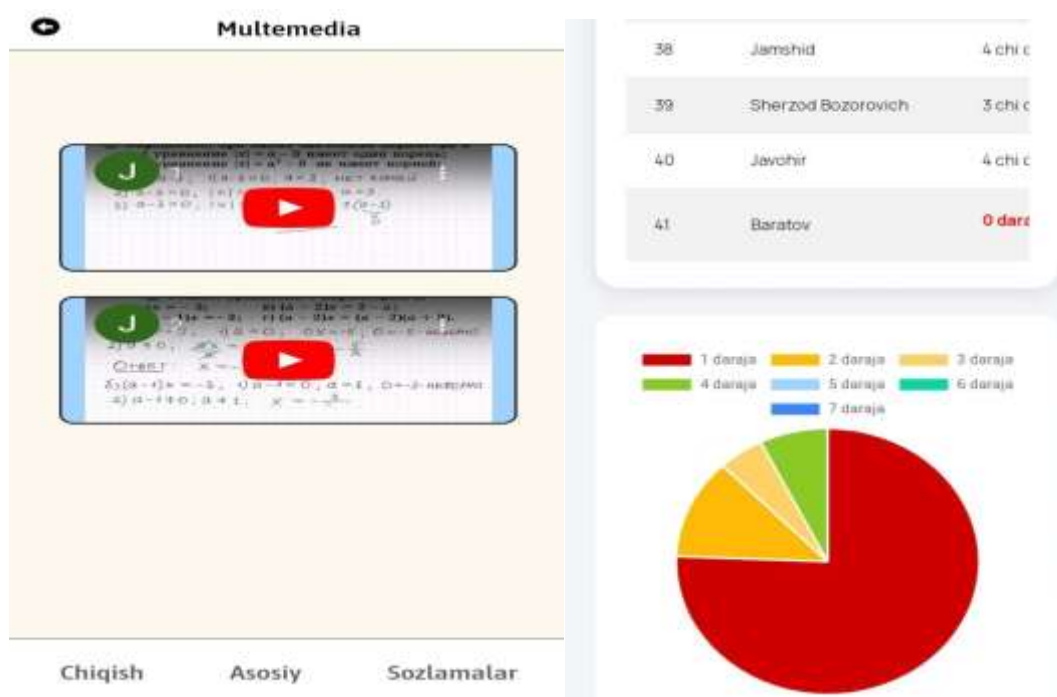
Ikkinchi bo'limda mavzuga oid nazariy ma'lumotlar berilgan.

Uchinchi bo'limda namunaviy test yechimlari, misollarning yechilish metodlari ko'rsatilgan.



1-rasm
158

To‘rtinchi bo‘limda multimedialar tayyorlab joylashtirsa bo‘ladi. Tizimda administrator moduli ham mavjud bo‘lib u tizimdagi o‘quvchilarni nazorat qilishi, statistik tahlillarni kuzatish imkoniyati mavjud. Monitoring qilish mobaynida foydalanuvchilarning qaysi qismi qaysi kategoriyada, qaysi bosqich eng ko‘p yechilganligi, qaysi bosqichda urinishlar soni yuqori va past ekanligi, qaysi turdagi savolda ko‘p xato yechilganlarning sonini kuzatish mumkin. Bu oraqli foydalanuvchilarning qaysi turdagi savollarda oqsashliklarni aniqlash va tushunmovchiliklarni bartaraf etishga ko‘maklashish imkoniyati mavjud.



Bu dastur yordamida o‘quvchilar mustaqil shug‘ullanishlari ham mumkin. Dasturdan foydalanib nafaqat parametrlil tenglamalar balki istalgan mavzuga oid testlar tuzib, o‘quvchilarning bilimni baholash imkoniyatiga ega.

TA'LIMDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI

Boboyeva Muyassar Norboyevna, Xo'jayeva Marjona Mardon qizi

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

m.n.boboeva@buxdu.uz, marjona1@gmail.com

Hozirgi paytda an'anaviy ta'lim bo'yicha katta tajriba to'plangan va an'anaviy ta'lim usulini takomillashtirish sohasida izlanishlar davom etmoqda,

lekin uning obyektiv imkoniyatlari cheklangan. Amalga oshirilayotgan ta'lim sohasidagi islohotlar, tez sur'atda rivojlanayotgan fan-texnika talablari ta'lim usuli bilan jamiyatning raqobatbardosh yuqori malakali kadrlarni tayyorlashga, barkamol avlodni shakllantirishga bo'lgan ehtiyoji tafovudni vujudga keltirdi. Uni ta'limda boshqa yondashuvlarni qo'llash yo'li bilan hal etish lozim.

Innovatsion texnologiyalarni amaliy mashg'ulot darslarida qo'llash ham o'qituvchidan katta mahorat va bilim talab qiladi. Innovatsion texnologiya o'z o'rnida qo'llansa qo'yilgan maqsadiga erishiladi. O'qituvchi dars davomida darsning mavzusiga qarab innovatsion texnologiyalarni qo'llab yuqori natijalarga erisha oladi.

Boshlang'ich sinf matematika darslari orqali o'quvchilarning intellektual qobiliyatlarini rivojlantirish imkoniyatlari boshqa o'quv predmetlariga nisbatan kengroqdir. Sababi, biz matematika darsidan oddiygina bir masala yechimini topish orqali ham fanlararo integratsiyani amalga oshiramiz, ham o'quvchini kengroq nazariy bilimni amaliy hayotga bog'lab o'rganishlariga yordam beramiz va matematika darslarida o'quvchilar o'zi yashayotgan hayotdagi bo'layotgan o'zgarishlardan ham o'z o'rnida xabardor bo'ladilar. Misol sifatida, 3- sinf matematika darsligidagi bir masalani keltirib o'tmoqchimiz:

Masala. Anvarning akasi va singlisi bor. Uchalasining yoshini qo'shib hisoblaganda 17 yosh. 6 yildan keyin ularning yoshini hisoblaganda qancha bo'ladi?

Yuqoridagi birgina masalani yechimini izlash orqali o'quvchilarda birinchidan, tarbiya fani bilan integratsiya qilib aka-uka, opa-singillar orasidagi mehr-oqibat haqida o'quvchilarning fikrlarini kengaytirish mumkin.

Ikkinchidan, hayotga bog'lab masala yechimini topishda esa o'quvchilarga quyidagicha savol berish mumkin, sizning akangiz (ukangiz), opangiz(singlingiz) va sizning yoshingizni qo'shganimizda natija nechi bo'ladi? 6 yildan keyin qanday o'zgaradi bu oraliq?, 9 yildan keyinchi?, 10 yildan keyinchi?. Boshlang'ich sinf o'quvchilarining intellektual qobiliyatlarini rivojlantirishda

1. Nostandart masalalar

2. Mantiqiy masalalar

3. Muammoli vaziyatlarga keltiruvchi masala turlaridan kengroq foydalansak o'z maqsadimizga osonroq erishamiz.

Ta'lim jarayonini to'g'ri va samarali tashkil qilishda innovatsion texnologiyalar, texnik vositalarning, jumladan, zamonaviy kompyuterlarning o'zni beqiyosdir.

Dars mavzusiga oid multimediya, animatsiya, grafika, diafilm va videofilmlardan foydalanish dars jarayonini yanada qiziqarli bo'lishiga ko'mak beradi, buning uchun esa o'qituvchi o'z ustida ishlashi va har bir darsga bir yangilik kiritish uning bugungi kun shiori bo'lishi darkor.

Ta'lim-tarbiya jarayonida o'quvchilarni aqlan va ruhan yetuk insonlar qilib tarbiyalashda, milliy urf-odatlarimiz, qadriyatlarimiz mohiyati bo'yicha bilim, ko'nikma va malakalarini rivojlantirishda ularda buyuk ajdodlarimizning boy ma'naviy me'roslarini o'rganishda kompyuter va axborot texnologiyalaridan foydalanish muhim rol o'ynaydi.

O'qituvchi zamonaviy texnologiyalaridan foydalanish orqali quyidagi bir qancha vazifalarni amalga oshirishi mumkin:

- boshlang'ich sinflarda multimedia texnologiyalarini qo'llash orqali o'quvchilarda fanga qiziqishi rivojlanadi;

- ta'limning bunday usuli o'quvchilarning fikrlash qobiliyatlarini faollashtiradi va o'quv materialini o'zlashtirilishining samaradorligi yana-da oshadi;

- namoyish qilinishi qiyin yoki murakkab bo'lgan jarayonlarni modellashtirish va ko'rish imkoniyatini beradi;

- o'quv materiallarini o'zlashtirilishi faqat darajasiga ko'ra emas, balki o'quvchilar erishgan mantiq va qabul qilishlarining darajasiga ko'ra ham samarali hisoblanadi;

- o'quvchilarga mustaqil izlanish yo'li bilan materiallarni izlash, topish hamda muammoli masalalarga javob topish orqali ma'lum tadqiqot ishlarini bajarish uchun imkoniyat yaratiladi;

- o'quvchilarning yangi mavzuni o'zlashtirishi, misollar yechishi, insho, bayon yozish ishlarida, o'quv materiallari bilan mustaqil tanishish, tanlash va axborot hamda ma'lumotlarni tahlil etish kabi masalalarni tez bajarish uchun sharoit yaratiladi.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, bugungi kun o'quvchisini bugungi zamonning talablari asosida o'qitish lozim. Zero, yangi texnologiyalar zamonida dunyoga kelayotgan o'g'il-qizlar o'zining bir qator umumiy sifatleri bilan ajralib turadi. Zamon bilan hamqadam rivojlanib borgandagina yuksak intellektual avlodni tarbiyalash imkoniga ega bo'lamiz. Innovatsion texnologiyalarni ta'lim jarayoniga tatbiq etish asosida ta'lim samaradorligini oshirish va ta'lim jarayoniga texnologik yondashish mumkin. Hamda bu usulning afzalligi shundaki, butun faoliyat o'quvchilarni mustaqil fikrlashga o'rgatib, mustaqil hayotga tayyorlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Толипов Ў., Усмонбоева М. Педагогик технологияларнинг тадбикий асослари. Ўқув қўлланма. Т.: 2006. – 163 б.
2. Н.А.Муслимов, М.Усмонбоева, М.Мирсолиева. Инновацион таълим технологиялари ва педагогик компетентлик. Ўқув-услубий мажмуа.
3. Boboyeva M.N., Qutliyeva Z.O. Formation of elementary mathematical concepts in preschool children. Journal of Global Research in Mathematical Archives. 11:6 (2019), p. 10-12.

JAMIYATNI AXBOROTLASHTIRISH SHAROITIDA MAKTAB INFORMATIKA KURSINI O'QITISHNING DOLZARB MUAMMOLARI VA ISTIQBOLLARI

Botirov D. B. JDPU, dotsent

Eshonqulov T. UzMU Jizzax filiali, dotsent

Majidov J.M. JDPU, katta o'qituvchi

Mustaqil O'zbekistonning kelajagi bo'lgan avlodni tarbiyalash nozik, nixoyatda katta diqqat-e'tiborni talab qiladigan ma'suliyatli jarayondir. Shunday ekan, o'qituvchi o'quvchi yoki talabaning shakllanish jarayonini zo'r xavas va

sinchkovlik bilan kuzatishi lozim. U pedagogik jarayonni boshqarar ekan, pedagogik bilim va maxorat egasi bo'lishi lozim. Shundagina o'qituvchi pedagogik xodisalarning mohiyatini va dialektikasini, pedagogik mehnat metodi, kasb va texnologiyasini va professional pedagogikani tushunib yetadi. Pedagogik bilim va mahorat egasi bo'lgan o'qituvchi, avvalo, pedagogika fanining metodologik asoslarini, shaxs rivojlanishining qonuniyatlari va omillarini, kadrlar tayyorlash milliy dasturining mohiyati, maqsad va vazifalarini bilishi kerak. Ta'lim tizimida mehnat qilayotgan pedagoglarning ko'pchiligi ta'lim va tarbiya jarayonida pedagogik mahoratning zaruriyati va ahamiyatini tobora chuqur anglab bormoqdalar [4].

Avtomatlashtirilgan axborotlashgan jamiyatni shakllantirishning global jarayoni inson rivoji va ko'pgina iqtisodiy va ijtimoiy muammolarni samarali hal etish uchun katta imkoniyat yaratadi. Ammo, bu imkoniyatlardan axborot makoniga mo'ljal olish uchun zaruriy bilim va ko'nikmalarni egallagan jamiyat a'zosigina to'laqonli foydalanish mumkin.

Shuning uchun umumiy o'rta ta'lim maktablari oldida turgan asosiy masalalardan biri - bu o'quvchilarning axborot madaniyati va dunyoqarash darajasini oshirish uchun ularga shart-sharoit yaratishdan iborat. Bu muammoni hal etishda maktab "Informatika va axborot texnologiyalari" kursining roli o'ta muhim hisoblanadi. Shuning uchun ham bugungi kunda maktab informatika kursining ustuvor muammolari va uning kelajak istiqbollarini tadqiq va tahlil qilish dolzarb hisoblanadi.

Maktabda "Informatika va axborot texnologiyalari" ni o'qitishning muammolari va istiqbollari haqida fikr yuritishdan avval biz quyidagi asosiy muammolarni qarab chiqamiz. Bu muammoni o'quvchilar "Informatika va axborot texnologiyalari" ning o'quv predmeti, jamiyatni axborotlashtirish sharoitida maktab informatika kursini o'qitishning dolzarb muammolari va istiqbollari sifatida ahamiyatini, sohaning aniq tavsifini, informatika va axborot texnologiyalarining maqsadini qay darajada anglashini aniqlashdan iborat. Bugungi kunda Internet, ijtimoiy tarmoqlar, elektron kutubxonalar, elektron

kitoblar va raqamli audio-video rasmlar, mobil telefonlar, cho'ntak kompyuterlar va boshqalar zamonaviy o'quvchi uchun shunday tasavvurni yaratadiki, ularning tasavvuri bo'yicha taxminan 20 yil avval biz ijtimoiy geografik va siyosiy to'siqlardan boshqa narsa mavjud bo'lmagan absolyut axborot vakkumida yashaganmiz. "Informatika va axborot texnologiyalari" - bu majburiy umumiy o'rta ta'lim predmeti. Shuning uchun ham uni o'rganishga umumiy o'rta ta'limning o'ziga xosligi va muammolari bilan shartlashilgan tizimli yondashuv zarur. Uni maktabda o'rganishdan asosiy qiyinchiliklaridan biri shundan iboratki, undan qaraladigan ko'pgina masalalar, bilimlarning boshqa predmetli sohaslariga, ya'ni fizika, matematika, astronomiya va boshqa sohalarga taalluqli. Shuning uchun ham informatikani o'rganish predmetlararo xarakterga ega.

O'quvchilar uchun informatikani o'rganishdagi asosiy muammolardan biri bu ularning o'yinli faoliyatining o'quv faoliyatiga birdan almashishidir. O'quv faoliyatini shakllantirish ko'p hollarda o'quvchilarning o'yinli ehtiyoji bilan ustma-ust tushmaydi va u o'quvchilar tomonidan juda og'ir qabul qilinadi.

Bu bosqichda o'yinli didaktik kompyuterli texnologiya imkoniyatlaridan foydalanib o'yinli faoliyatdan o'quv faoliyatiga suzib o'tishni tashkil etish zarur. Mantiqiy va tizimli fikrlash talab etiladigan ijodiy faoliyat ko'rinishi sifatida axborotli faoliyatga zamonaviy qarash "Informatika va axborot texnologiyalari" o'qituvchisini o'quvchilarda fantaziya va ijodiy tasavvurni rivojlantirishga yo'naltiriladi. Maktabda "Informatika va axborot texnologiyalari" darslarida o'quvchilarda olamni tizimli tasavvur qilish, turli tabiiy va ijtimoiy xodisalarning yaxlit axborotli aloqalarini tushinish shakllanadi, darajali axborotni tezkor qayta ishlash va shu asosda asoslangan yechimni qabul qilishga qobiliyatlilik bilan aniqlanadigan tizimli fikrlash rivojlanadi.

Maktab "Informatika va axborot texnologiyalari" kursining mazmuni informatikani fani rivojining zamonaviy darajasiga va jamiyat talablariga javob berish kerak. Kompyuter texnikasi va ularning dasturiy ta'minotining jadal sur'atlar bilan rivojlanishi va yangilanishi esa o'z navbatida yangi axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo'llab o'quvchilarga informatikani sifatli

o'rgatishga qobiliyatli, shuningdek o'quvchilarni zamonaviy informatikaning murakkab olamiga olib kira oladigan "Informatika va axborot texnologiyalari" fani o'qituvchisini tayyorlash va qayta tayyorlashga ehtiyojni yuzaga keltirmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Mirziyoev Sh.M. "Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz". Toshkent, 2017.
2. Mirziyoev Sh.M. "Ilm-fan yutuqlari-taraqqiyotning muhim omili".Toshkent, 2017.
3. Abdullayev Z.S., Shodmonova G., Mirzayev S.S., Shamsiddinov N.B. Informatika va axborot texnologiyalari. – T.: Noshir, 2012. – 400 b.
4. Ashurova D., Yuldasheva Z. Ta'lim tizimida innavatsion va axborot texnologiyularini qo'llash zamon ta'labi. Xalq ta'limi jurnali, 2006 yil 1 son. 15-20 bet.
5. Botirov D.B., Majidov J.M., Do'sbekov A.A. Umumiy o'rta ta'lim maktabda informatika va axborot texnologiyalarini o'qitishning integrallashgan texnologiya metodikasi haqida. 2021-жыл "Жасларды қоллап-қуўатлаў ҳәм халықтың денсаўлығын бекемлеў жылы" ҳәм де "21-февраль Халықаралық ана тили күни" мүнәсибети менен "Үзликсиз билимлендириў системасында аралықтан оқытыўдың интеграциясы" атамасында өткерилетуғын Халықаралық илимий-теориялық конференция. –Т.: «Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi», 2021. 284 бет.

PASKAL UCHBURCHAGI VA UNI TURLI MASALALARNI YECHISHDA QO'LLASH HAQIDA QIZIQARLI MA'LUMOTLAR

Do'stova Shahlo Baxtiyorovna., Rahmatova Shaxrinoz Rashidovna

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

Bizga ma'lumki ko'phadlar va ular ustida amallar bajarishga doir mavzular matematika fanining eng asosiy tushunchalaridan biridir. Ko'phadlarning kichik sonlar bilan darajaga oshirish oson ish, ammo, o'sha ko'phadni katta sondagi

darajaga oshirish sal mushkul va ko'p vaqt talab qiladigan jarayondir. Paskal esa shu muammoni hal qilish maqsadida o'z izlanishlarini, tadqiqotlarini olib borgan buyuk shaxslardan biri hisoblanadi. U o'z ishlanishlari samarasida 1654-yilda "Paskal uchburchagi" nomli atamani fanga kiritadi. Paskal uchburchagidagi qatorlar istalgancha davom ettirilishi mumkin. Shunisi qiziqki, Paskal uchburchagi yordamida istalgan n ta elementdan n tadan gruppalashlar sonini faqat qo'shish amali yordamida hosil qilish mumkin. Bu amal formulaga asoslanadi. Paskal uchburchagining ko'rinishi (1-shakl):

1									
2	1								
3	2	1							
4	3	3	1						
5	4	6	4	1					
6	5	10	10	5	1				
7	6	15	20	15	6	1			
8	7	21	35	35	21	7	1		
9	8	28	56	70	56	28	8	1	
10	9	36	84	126	126	84	36	9	1

Uning Paskal nomi bilan atalishiga qaramasdan, bunday sonlar jadvali juda qadimdan dunyoning turli mintaqalarida, jumladan, sharq mamlakatlarida ham ma'lum bo'lgan. Masalan, Erondagi Tus shahrida (hozirgi Mashhad) yashab ijod qilgan Nosir at-Tusiy XIII asrda bu jadvaldan

foydalanib, berilgan ikkita son yig'indisining natural darajasini hisoblash usulini o'zining ilmiy ishlarida keltirgan bo'lsa, g'arbda Al-Kashi nomi bilan mashhur Samarqandlik olim Ali Qushchi butun sonning istalgan natural ko'rsatkichli arifmetik ildizi qiymatini taqribiy hisoblashda bu jadvaldan foydalana bilganligi haqida ma'lumotlar bor. Keyinchalik G'arbiy Yevropada bu sonlar uchburchagi haqida M. Shtifel3 arifmetika bo'yicha qo'llanmalarida yozgan va u ham butun sonidan istalgan natural ko'rsatkichli arifmetik ildizning taqribiy qiymatini hisoblashda bu uchburchakdan foydalana bilgan. 1556 yilda bu sonlar jadvali bilan N. Tartalya, keyinroq logarifmik lineyka ijodkori U. Otrred (1631 yil) ham shug'ullanganlar. 1654 yilga kelib B. Paskal o'zining "Arifmetik uchburchak haqidagi traktat" nomli asarida bu sonlar jadvali haqidagi ma'lumotlarni e'lon qildi.

Paskal uchburchagi ko'plab ajoyib xossalarga ega. Har bir qatorning chetlarida birlar joylashgan. Har bir qatordagi sonlar qatorning teng o'rtasiga

nisbatan simmetrik joylashgan, ya'ni qatorning boshidan va oxiridan baravar uzoqlikda turgan sonlar o'zaro teng. Ikkinchi qatordan boshlab har bir qatordagi birlardan tashqari ixtiyoriy son bu qatordan yuqorida joylashgan qatordagi biri shu son ustida, ikkinchisi esa undan chapda joylashgan ikkita gruppalashlar sonining yig'indisiga teng. Endi aslida uni qanday qo'llashni o'rganamiz.

1-misol. Paskal uchburchagidan foydalanib $(a + b)^2$ quyidagicha hisoblanadi: 1-shakldagi 2-qatordagi 1 2 1 sonlari ko'phaddagi har bir birhadning koeffitsiyentlari hisoblanadi. Shuni ham aytib o'tish kerakki ko'phadning har bir hadining darajasi 2 ga teng bo'lishi kerak. Demak, $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$

2-misol. $(a + 3b)^6 = a^6 + 6a^5 3b + 15a^4 9b^2 + 20a^3 27b^3 + 15a^2 81b^4 + 6a 243b^5 + 729b^6 = a^6 + 18a^5 b + 135a^4 b^2 + 540a^3 b^3 + 1215a^2 b^4 + 1458ab^5 + 729b^6$

Xulosa qilib aytganda bu "Paskal uchburchagi" bizga hisoblash uchun sal murakkabroq misollarni bajarish oson bo'lishi va daraja qiymatini hisoblashda vaqtdan yutish va tezlikni oshirish uchun qulay bir formula hisoblanar ekan.

ADABIYOTLAR:

1. Dustova Sh.B., Rasulov T.H. "NUMBER AND LOCATION OF EIGENVALUES OF GENERALIZED FRIEDRICHS MODEL WITH FINITE RANK PERTURBATIONS" Academy. Научно – методической журнал. Россия.2020. №4(55), [стр. 4-8].
2. Дустова Ш.Б., Тешаева Ш.Ш. "Создание графиков сложных функций с использованием графиков элементарных функций" Scientific progress, 2:1 (2021), p. [195-196].
3. Gulomjon Kurbonov and Shahlo Dustova "ON THE NUMERICAL RANGE OF A 2x2 OPERATOR MATRIX". *Journal of Global Research in Mathematical Archives* RESEARCH PAPER Available online at <http://www.jgrma.info> © JGRMA 2019, Volume 6, No.11, November 2019. All Rights Reserved 52

4. Дустова Ш.Б., Хамитова М.М.”Логарифм. Логарифмическая функция и её свойства” Scientific progress, 2:1 (2021), p. [185-186].

MINITAB DASTURIDA MA'LUMOTLARNI REGRESSION TAHLIL QILISH

Ergashev Isroilbek Abdirashid o'g'li

Chirchiq davlat pedagogika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

isroilbek19960818@gmail.com

Regression tahlil yordamida bitta bo'g'liq o'zgaruvchi (natijaviy omil)ni bitta bog'liqsiz o'zgaruvchi (tushuntiruvchi omil) yordamida bashorat qilamiz(oddiy juftlik regressiya).

Regression tahlil orqali bashorat qilishni ko'ramiz uning uchun avvalo tanlanmani regression analiz qilamiz va regressiya tenglamasi tuzamiz

$$y = a_0 + a_1 x$$

Regressiya tenglamasi Minitab dasturida osongina tuzish mumkin.Buning uchun quyidagi amaliy misol orqali buni tushuntiramiz.

Misol: O'rmon xo'jaligining olingan statistik Ma'lumotlarga ko'ra quyidagi jadvalda har bir daraxt bo'yi va uning diametri (metrlarda) keltirilgan.Olingan Ma'lumotlarga ko'ra daraxt bo'yining eniga bo'g'liqligini tahlil qilib statistik xulosalar chiqaring va bo'yi 100 metr bo'lgan daraxt uchun enining o'lchamini bashorat qiling.

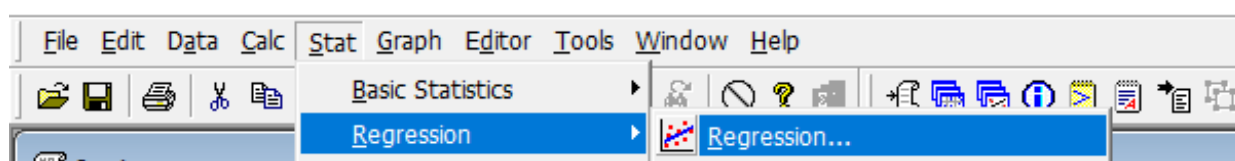
No	X - daraxt bo'yi	Y - daraxt diametri
1	35	8
2	49	9
3	27	7
4	33	6
5	60	13
6	21	7
7	45	11

8	51	12
---	----	----

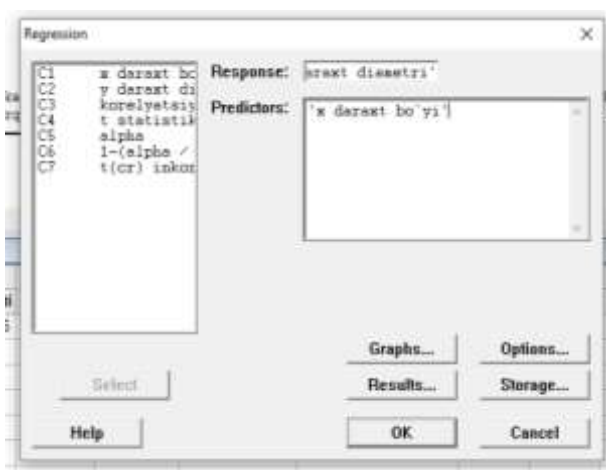
Berilgan

masala bo'yicha ma'lumotlarni Minitab ma'lumotlar oynasiga kiritamiz (jadvalda ko'rsatilgan tartibda) va boshlang'ich statistik tahlillarni o'tkazamiz. Boshlang'ich statistik tahlil o'tkazishni [1] maqolada ko'rishingiz mumkin. Unda siz ma'lumotlar o'rtasida bog'liqlik qanday darajada ekanini aniqlashingiz mumkin.

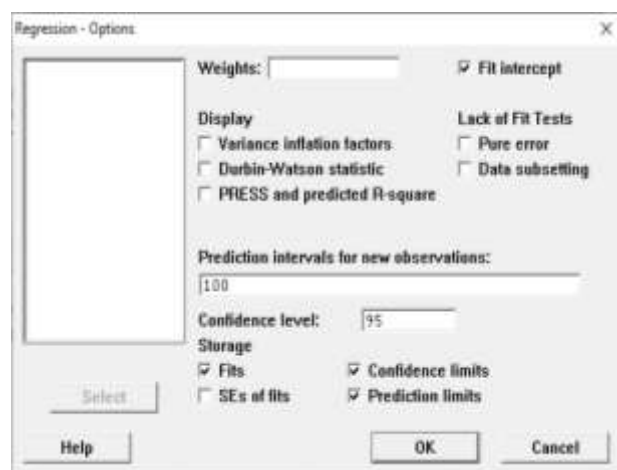
Endi dasturda regressiya tenglamasini tuzamiz. Buning uchun Stat → Regression bo'limlarini tanlaymiz (1-rasm) va regression ishchi oynasini hosil qilamiz (2-rasm).



1-rasm



2-rasm



3-rasm

Response (natijaviy omil) bo'limiga daraxt diametrini Predictors (tushuntiruvchi omil) ga daraxtlar bo'yi kiritilgan ustunlarni biriktiramiz. Ma'lumotlarni ko'rsatilgan tartibda kiritdik endi 100 metrli daraxt uchun uning eni o'lchamini bashorat qilamiz. Uni quyidagi tartibda amalga oshiramiz. Ma'lumotlarni yuqorida ko'rsatilgan tartibda kiritgandan so'ng Ok tugmasini bosmasdan oynaning "Options" bo'limiga kiramiz va "Prediction intervals for new observations" ga 100 ni hamda "Confidence level" bo'limiga 95 ni kiritamiz va "OK" tugmasini bosamiz. (3-rasm). Biz bo'yi 100 metrli daraxtni 95%

ishonchlilik bilan enini bashorat qildik. Natija Minitab Project oynasida quyidagicha hosil bo`ladi.

Regression Analysis: y daraxt diametri versus x daraxt bo`yi

The regression equation is

$$y \text{ daraxt diametri} = 2,19 + 0,173 x \text{ daraxt bo`yi}$$

(regresssiya tenglamasi)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
-----------	------	---------	---	---

Constant	2,186	1,550	1,41	0,208
----------	-------	-------	------	-------

x daraxt bo`yi	0,17295	0,03691	4,69	0,003
----------------	---------	---------	------	-------

(Buyerda 2,186 a₀ ning 0,17295 a₁ ning nuqtaviy bahosi 0,17295 S a₀ uchun va 0,03691 S a₁ uchun bahonig standart xatoligi T t statistikalar.)

S = 1,29480 R-Sq = 78,5% R-Sq(adj) = 75,0%

(Buyerda S - baholashning standart xatoligi - ma`nosi regressiya chizig`i atrofida nuqtalarning sohilishini ifodalovchi kattalik.

R-Sq = 78,5% - Determinatsiya koiffitsenti - manosi y ning o`garishini nechcha foiz x o`zgarishi orqali ifodalash mumkinligini ifodalaydi.)

Predicted Values for New Observations

New

Obs	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
-----	-----	--------	--------	--------

1	19,480	2,257	(13,958; 25,002)	(13,114; 25,846)XX
---	--------	-------	------------------	--------------------

XX denotes a point that is an extreme outlier in the predictors.

Yuqoridan ko`rish mumkinki 100 metrli daraxt eni taxminan 19.480 metr bo`lishi mumkin ekan .100 metrli daraxt eni o`rtacha 95% ishonchlilik bilan o`rtacha uchun ishonch intervali (13,958; 25,002) xususiy qiymat uchun ishonch intervali (13,114; 25,846) yani 100 metrli daraxt eni o`rtacha (13,958; 25,002) xususiy qiymatda esa (13,114; 25,846) oraliqda bo`lishi mumkin ekan.

Xulosa qilib aytganda Rieltorlik kompaniyalari, turli ikki o`lchovli iqtisodiy ko`rsatkichli masalalarni jumladan sotuv hajmining reklama xarajatlariga bog`liqligi, Yalpi ichki daromadning tashqi qarzga bog`liqligi kabi dolzarb amaliy masalalarni hal etishda Minitab dasturidan foydalangan holda yuqorida

ko`rsatilgan misolda bajarilgan amallarni bajarib kerakli statistik xulosalar chiqarish mumkin.

Adabiyotlar ro'yhati:

1. Abdirashid o'g'li, I. E. (2022). MAVZU: MA'LUMOTLARNI KORRELYATSION TAHLIL QILISHDA MINITAB DASTURIDAN FOYDALANISH. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 10(10), 704-709.
2. Ergashev, I. (2021, November). Processing of Study Results by Mathematical Statistical Methods. In " *ONLINE-CONFERENCES*" PLATFORM (pp. 34-35). 2.
3. Ergashev, I. A. (2021). OF SCIENTIFIC CONFERENCE "ACTUAL PROBLEMS OF STOCHASTIC ANALYSIS". *Kritik Galton-Vatson tarmoqlanuvchi jarayoni uchun limit teoremlar*, (663), 663.
4. I.A. Ergashev, & A.H. Hamdamov (2021). KO'P TIPLI GALTON – VATSON JARAYONLARI UCHUN LIMIT TEOREMLAR. *Academic research in educational sciences*, 2 (CSPI conference 3), 496-500.

MATHCAD TIZIMIDA KORRELYATSION TAHLIL

Jumayev J., Sadikova F.S., Shamsiddinova M. U.

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

Bizga ma'lumki, turli izlanishlar bajarilayotgan vaqtlarda o'rganilayotgan faktorlar orasida funksional bo'g'liqlik bo'lmagan paytda korrelyatsion tahlildan foydalaniladi.

Korrelyatsion tahlilni amalga oshirilayotgan vaqtda juda ko'p murakkab hisoblashlarni amalga oshirishga to'g'ri keladi. Bunday hisoblashlarni hisoblash texnikasidan foydalanmay amalga oshirish ko'p vaqtni talab qiladi.

Ana shunday holatlarda korrelyatsion tahlil hisob-kitoblarini MathCAD tizimida amalga oshirish vaqtni tejashga olib kelishi bilan birga hisoblashlar aniqligini ham oshirishga olib keladi [1].

MachCAD tizimlari shuningdek kerakli grafiklarni ham qulay tarzda tuzishga yordam beradi, bu esa o'rganilayotgan faktorlar haqida tasavvurlarni oshirishga olib keladi.

Ushbu ishda MathCAD tizimida o'rganilayotgan jarayondagi faktorlarni korelyatsion tahlil va korrelyatsion bog'liqlik yordamida tahlil qilish bo'yicha amalga oshirish ketma-ketligi bayon etiladi.

Bizga quyidagi tajriba natijalari berilgan bo'lsin(1-jadval):

1-jadval. Tajriba natijalari.

X	7.5	7.8	8.2	8.5	8.8
Y	115	120	135	150	180

Jadvaldan ko'rinadiki, tajribalar soni 5 ta. MathCAD tizimida berilganlarni jadvalga joylashtirish kerak, buning bir necha usullari bor, masalan, 1-jadvaldagi qiymatlarni quyidagicha massivlarga o'zlashtirish mumkin:

$$x_1 := 7.5 \quad x_2 := 7.8 \quad x_3 := 8.2 \quad x_4 := 8.5 \quad x_5 := 8.8$$

$$y_1 := 115 \quad y_2 := 120 \quad y_3 := 135 \quad y_4 := 150 \quad y_5 := 180$$

Agar ma'lumotlar soni ko'p bo'lsa, MathCADning matrisalar hosil qilish imkoniyatlaridan foydalanish maqsadga muvofiq.

Endi indeksli o'zgaruvchi va tajribalar soni kattaliklarini kiritamiz va kiritilgan ma'lumotlarni bosmalab ko'ramiz:

$$n := 5 \quad i := 1..n$$

i =
1
2
3
4
5

$x_i =$
7.5
7.8
8.2
8.5
8.8

$y_i =$
115
120
135
150
180

Endi korrelyatsion tahlil uchun kerakli o'rta qiymatlarni hisoblaymiz:

$$x_{cp} := \sum_i \frac{x_i}{n} = 8.16 \qquad y_{cp} := \sum_i \frac{y_i}{n} = 140$$

Ushbu topilgan kattaliklardan foydalanib dispersiyalarni hisoblaymiz:

$$dx := \frac{1}{n-1} \left[\sum_i (x_i - x_{cp})^2 \right] \qquad dx = 0.273$$

$$dy := \frac{1}{n-1} \left[\sum_i (y_i - y_{cp})^2 \right] \qquad dy = 687.5$$

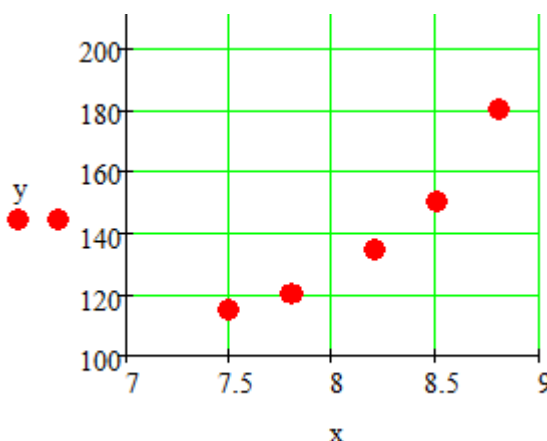
Korrelyatsiya koeffisientini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$r := \frac{\left(\frac{n}{n-1} \right) \left[\sum_i \left(\frac{x_i \cdot y_i}{n} \right) - x_{cp} \cdot y_{cp} \right]}{\sqrt{dx} \cdot \sqrt{dy}} \qquad r = 0.958$$

Korrelyatsiya koeffisientini MathCADdagi corr funksiyasi orqali ham amalga oshirish mumkin:

$$s := \text{corr}(x, y) \qquad s = 0.958$$

Korrelyatsiya koeffisientining bu qiymati faktorlar o'rtasidagi bog'liqlik yuqori ekanini ko'rsatadi [2], buni tajriba nuqtalarini grafikda joylashtirib ham ko'rish mumkin:



1-rasm. Tajriba nuqtalarining koordinatalar tekisligida joylashuvi.

Ushbu grafikni olishda MathCAD tizimining grafik chizish imkoniyatlaridan foydalanildi [3].

1-chizmadan ko'rinadiki, ushbu nuqtalar parabolik bo'lgan chiziqqa juda yaqin ekan. Endi ushbu chiziqni regression tahlil orqali topib olish mumkin.

Shunday qilib, tajriba natijalarini korrelyatsion tahlil qilishda MathCAD tizimidan foydalanish formulalarni matematik ko'rinishda ekranda yozilishini ta'minlashi, hisob-kitoblarni amalga oshirishdagi qulaylik, natijalarni grafik ko'rinishdagi chiroyli ko'rinishlarini yaratishi bilan izlanuvchilarda qiziqish uyg'otadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Кондратьев Ю. Н., Питухин А. В. и др. Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ: Учебное пособие для студентов инженерных специальностей. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2009. 132 с.
2. Кондратьев Ю. Н., Питухин А. В. и др. Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ: Учебное пособие для студентов инженерных специальностей. Петрозаводск. 2010. URL: <http://elibrary.karelia.ru/>. (Раздел «Техника»).
3. Жумаев Ж., Опокина Н.А. Решение математических задач в пакетах математических программ Maxima и MathCAD. Электронный учебник. Казань: КФУ, 2021. – 228 с. <https://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/163784>.

TEKNOLOGIYA DARSDA AKTDAN FOYDALANISH INNOVATSION O'QITISH USULI SIFATIDA

Jurayev Otabek Tursunovich., Akbarova E'zozaxon Maxamatshukurovna

Farg'ona davlat universiteti, Farg'ona, O'zbekiston

otabek7954@gmail.com, avazbek5354@gmail.com

Bugungi kunda jamiyat taraqqiyoti inson faoliyati mahsuli sifatida o'ziga xos individual xususiyatlarga ega bo'lgan axborot ishlab chiqarish jarayoni bilan chambarchas bog'liq: u bir vaqtning o'zida bir nechta iste'molchilar tomonidan o'zlashtirilishi mumkin, kamaymaydi, iste'mol qilinganda, u turli masofalarga oson va tez uzatiladi.

K.D.Ushinskiy ta'kidlaganidek "Bolalarning tabiati aniq ko'inishni talab qiladi" [4, p. 59]. AKT yordamida taqdim etilgan ob'ektlar ko'proq ma'lumotli, rang-barang bo'lib, ob'ekt yoki hodisani bir necha tomondan ko'rib chiqishga imkon beradi. Bu materialni tushunish jarayonini tezlashtiradi, murakkab tushunchalarni idrok etish samaradorligini oshiradi, guruhning xususiyatlarini va bolalarning shaxsiy xususiyatlarini hisobga olgan holda materialni o'zaro bog'lashga yordam beradi.

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining xususiyatlari bolalarda shaxsiy muloqot illyuziyasini, taqdim etilgan materialning maqsadlilikini yaratadi, bu esa yuqori pedagogik ta'sirni ta'minlaydi.

Kompyuter texnologiyalarining maktab o'quvchilarining kognitiv faoliyatiga ta'siri shubhasiz: kompyuter o'yinlari ushbu jarayonga kiritilganda yangi ma'lumotlar bilan tanishish qiziqarli bo'lishi mumkin; kompyuterdan foydalanish barqaror emotsional holatni ta'minlaydi (hatto bolaning savolga javob berishda, harakat tanlashda va hokazolarda xatosi salbiy javobni keltirib chiqarmaydi), bundan tashqari, bolaning harakatlari yuqori darajadagi maxfiylikka ega bo'ladi.

Hozirgi maktab yoshidagi bolalar turli axborot texnologiyalari va turli xil texnik vositalarning keng doirasi bilan yaxshi tanish bo'lib, bu ularning kompyuter texnologiyalari yordamida axborotni idrok etishga tayyorligidan dalolat beradi. Biroq, bolalar ushbu tayyorgarlikning turli darajalariga ega bo'lishi mumkin, shuning uchun maktab o'quvchilarining maqsadli foydalanish vositalari (masalan, kompyuter) yordamida ma'lumotni idrok etish qobiliyatini, shuningdek, texnik vositalardan foydalangan holda ishlash qobiliyatini diagnostika qilish tavsiya etiladi.

Bunday diagnostika aqliy jarayonlarning, jismoniy va intellektual qobiliyatlarning rivojlanish darajasini aniqlash, darslar davomida har bir bolaga individual yondashuvni topish, har bir bola uchun individual ravishda vazifalarning murakkablik darajasini tanlash va boshqalar uchun mo'ljallangan. AKT vositalaridan foydalangan holda bolalarga taqdim etilgan ma'lumotlar, shuningdek, bolalarni idrok etish jarayonini engillashtirish uchun o'qituvchi tomonidan

oldindan qayta ishlanishi va optimallashtirilishi kerak. Materialni taqdim etish tartibi va mantig'i idrok etish, tushunish va yodlash jarayonlariga maksimal darajada ta'sir qilishi kerak. Ya'ni, axborot nafaqat yangi bilimlarni etkazishi, balki fikrlash jarayonini ushbu bilimlarni qayta ishlash uchun faol harakatlarga yo'naltirishi kerak.

Darslarda AKTdan foydalanishda o'qituvchi nafaqat o'zining tayyorgarligi va maktab o'quvchilarining tayyorgarligini, balki ushbu texnologiyalardan darsda foydalanishning maqbul chastotasini ham hisobga olishi kerak. Bunday vositalardan kamdan-kam foydalanish bilan, ulardan har bir foydalanish bolalar uchun o'ziga xos narsaga aylanadi, katta hissiy hayajonni keltirib chiqaradi va bu hayajon ma'lumotning o'zi bilan emas, balki uning manbai bilan bog'liq bo'ladi, shuning uchun ma'lumotni o'z-o'zidan o'rganish mumkin. ularni noto'g'ri yoki to'liqsiz. Shu sababli, maktab o'quvchilari birinchi navbatda sinfda qo'llaniladigan texnologiya bilan tanishishlari kerak, shuningdek, bunday ish shakli bolalarga tanish bo'lishi va ularni haddan tashqari hayajonlantirmasligi uchun bunday texnologiyalardan kamdan-kam foydalanishlari kerak.

Aksincha, kompyuter vositalaridan juda tez-tez yoki uzoq vaqt foydalanish ham ma'lumotni idrok etishga salbiy ta'sir ko'rsatishi, hatto taqdim etilgan materialga qiziqishning yo'qolishiga olib kelishi mumkin. Katta hajmdagi ma'lumotni bu tarzda taqdim etish diqqatning pasayishiga, hajmning yo'nalishini yo'qotishiga va uni tushunishda qiyinchilikka olib keladi. Shunday qilib, zarur tashkil etilgan va ko'plab omillarni hisobga olgan holda, axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan bolalarni turli maktab fanlari, shu jumladan texnologiya kabi fanlar bo'yicha o'qitishni tashkil etishda samarali foydalanish mumkin.

Texnologiya maktab fani sifatida fanning turli sohalaridan olingan nazariy bilimlarni turli faoliyat turlarida amaliy qo'llashni o'rgatadi. Mehnat faoliyati texnologiyasiga o'rgatish bolalarning jinsini hisobga olgan holda sinfni kichik guruhlarga bo'lish orqali amalga oshiriladi, chunki o'qitish yo'nalishlari har xil (qizlarga uy ishlarini o'rgatish, o'g'il bolalarga asboblarni yordamida turli materiallar bilan ishlashni o'rgatadi) [2, p. 18].

O'rta sinflarda texnologiya darslarida o'g'il bolalar materiallar bilan ishlashning turli usullarini o'zlashtiradilar, ularni qayta ishlash va yog'och, metall va boshqalardan oddiy qismlar yasashni o'rganadilar. Darsda materialning mazmuni AKTning turli shakllaridan foydalanishga imkon beradi (yangi materialni, shu jumladan nazariy materiallarni etkazish uchun taqdimotlar, video eshittirishlar, talabalarning kompyuter bilan individual ishi va boshqalar). Shuni ham ta'kidlash kerakki, ayrim hollarda AKTdan foydalanish nafaqat maqsadga muvofiq, balki zarur, chunki ba'zan biron bir materialni, uni qayta ishlash mashinasini, maktab sharoitida qo'llaniladigan texnologiyani ko'rsatish shunchaki imkonsizdir, lekin AKT yordamida bolalar ko'rishga asoslangan aniq tasavvurga ega bo'lishlari mumkin. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari texnologiya darsining turli bosqichlarida muvaffaqiyatli qo'llanilishi mumkin.

Adabiyotlar:

1. Бим-Бад Б. М. Педагогический энциклопедический словарь. — М., 2002. С. 191.
2. Zhuraev, O. (2023). DEVELOPMENT OF ICT COMPETENCE OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS IN THE PROCESS OF CONTINUING EDUCATION. Science and innovation, 2(B4), 48-53.
3. Сасова, И. А. Технология. 5–8 классы: программа / И. А. Сасова, А. В. Марченко. — М.: Вентана-Граф, 2011.
4. Селевко Г. К. Энциклопедия образовательных технологий: В 2 т. Т. 1. М.: НИИ школьных технологий, 2006. 816 с.
5. Ушинский, К. Д. Избранные труды. В 4 книгах. Книга 4. Человек как предмет восприятия. Опыт педагогической антропологии. — М: Дрофа, 2005. — 544 с.

OLIY TA'LIMDA MATEMATIK ANALIZ ELEMENTLARINI DASTURIY PAKETLAR IMKONIYATLARI VOSITASIDA O'RGANISH

Mamadjanova M.K., O'ktamova G.M

Andijon davlat universiteti, Andijon, O'zbekiston

mamura.mamadjanova1981@mail.ru

Axborot texnologiyalarining o'qitilishi sifat jihatidan yangi bosqichga ko'tarish, mehnat bozorining malakali IT- mutaxassislariga bo'lgan talabini qoniqtirish, shuningdek, 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasini “ Ilm, ma'rifat va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish yili”da amalga oshirishga oid davlat dasturi ijrosini ta'minlash har birimizning muhim vazifalarimizdan biri edi.

Kelajakni kompyutersiz tasavvur qilib bo'lmasligi barchamizga ayyonligidan, ta'lim tizimining barcha jabhasiga axborot texnologiyalarini chuqur o'rgatish kerakligi bugungi kundagi maqsadimizga aylandi.

Bugungi kunda jiddiy dizayn, shaharsozlik va arxitektura, elektrotexnika va unga bog'liq bo'lgan ko'plab sohalar, shuningdek, texnik ta'lim muassasalari endi kompyuter yordamida loyihalash (CAD), ishlab chiqarish va hisob-kitoblarsiz qila olmaydi. Matematik paketlar CAE tizimlari dunyosining ajralmas qismidir, ammo bu qismni hech qanday tarzda ikkinchi darajali deb hisoblash mumkin emas, chunki ba'zi muammolarni kompyuter yordamisiz umuman hal qilib bo'lmaydi. Bundan tashqari, bugungi kunda hatto nazariyotchilar (sof, amaliy bo'lmagan matematiklar deb ataladiganlar) o'zlarining gipotezalarini sinab ko'rish uchun, masalan, ramziy matematika tizimlariga murojaat qilishadi.

Zamonaviy matematik paketlardan oddiy kalkulyator sifatida ham, har qanday muammolarni hal qilishda ifodalarni soddalashtirish vositasi sifatida ham, grafik yoki hatto ovoz generatori sifatida ham foydalanish mumkin.

Xo'sh, bu dasturlar nima qiladi va ular matematiklarga qanday yordam beradi? Oliy o'quv yurtlarida matematik tahlil kursining asosini funksiyalarning chegaralari, hosilalari, antiderivativlari, turli tipdagi integrallar, qator va differensial tenglamalar kabi tushunchalar tashkil etadi. Oliy matematika asoslari

bilan tanish bo'lgan har bir kishi, ehtimol, chegaralarni topish, integrallarni olish, hosilalarni topish va hokazolarning o'nlab qoidalarini biladi. Agar biz bunga ko'pgina integrallarni topish uchun asosiy integrallar jadvalini ham eslab qolishimiz kerakligini qo'shsak, biz haqiqatan ham juda katta ma'lumotga ega bo'lamiz. Agar siz bir muncha vaqt bunday muammolarni hal qilishda mashq qilmasak, unda ko'p narsa tezda unutiladi va masalan, integralni topish qiyinroq bo'lsa, biz ma'lumotnomalarni ko'rib chiqishimiz kerak bo'ladi. Lekin real ishda integrallarni olish va chegaralarni topish hisob-kitoblarning asosiy maqsadi emas. Haqiqiy maqsad ba'zi muammolarni hal qilishdir va hisob-kitoblar bu yechim yo'lidagi oraliq qadamdir, bunda amaliy paketlarning o'rni muhimdir.

Maple dasturi - matematika tizimlari oilasining o'ziga xos yetakchi va hanuzgacha matematik hisob-kitoblarning universal tizimlari orasida yetakchilardan biri hisoblanadi. U foydalanuvchiga har qanday darajadagi matematik tadqiqotlar uchun qulay intellektual muhitni taqdim etadi va ayniqsa ilmiy jamoatchilikda mashhurdir. E'tiborlisi shundaki, Maple dasturining sonli analizatori ushbu dasturiy ta'minotning eng kuchli qismidir, shuning uchun MathCad va MatLab kabi bir qator boshqa CAE paketlariga, shuningdek Scientific WorkPlace va Word uchun Math Office paketlariga ilmiy nashrlarni tayyorlash uchun kiritilgan. Maple tizimi ifodalarni hosil qilish, qisqartirish va o'zgartirishning turli usullarini taklif etadi, masalan, algebraik ifodalarni soddalashtirish va faktorlarga ajratish hamda ularni turli shakllarga aylantirish, shu jumladan, Maple tenglamalar va tizimlarni yechish uchun ishlatilishi mumkin.

Kichik miqdordagi hisob-kitoblar uchun MathCad idealdir - bu yerda hamma narsani juda tez va samarali bajarish mumkin, keyin esa ishni odatdagi usulda formatlash mumkin (MathCad Internetda nashr etilgunga qadar natijalarni formatlash uchun keng imkoniyatlar beradi).

Paketda qulay ma'lumotlarni import/eksport qilish imkoniyatlari mavjud. Masalan, siz MathCad hujjatining ichida Microsoft Excel elektron jadvallari bilan ishlashingiz mumkin. Umuman olganda, MathCad juda sodda va qulay dastur bo'lib, uni keng foydalanuvchilar doirasiga, jumladan matematikadan unchalik

xabardor bo'lmaganlarga va ayniqsa uning asoslarini endigina o'rganayotganlarga tavsiya qilish mumkin.

Differentsial tenglamalarni yechish ancha murakkab masala. Shu sabab Mathcadda barcha differentsial tenglamalarni ma'lum chegaralanishlarsiz to'g'ridan-to'g'ri yechish imkoniyati mavjud emas. Mathcadda differentsiallar tenglama va tizimlarini echishning bir necha usullari mavjud.

MatLab tizimi ramziy matematika uchun mo'ljallangan mahsulotlarning o'rta darajasiga tegishli, lekin CAE sohasida keng qo'llash uchun mo'ljallangan (ya'ni, u boshqa sohalarda kuchli). MatLab matematik hisoblarni avtomatlashtirish uchun dastlabki dasturiy timiz bo'lib, sinchkovlik bilan ishlab chiqilgan va vaqt sinovidan o'tgan tizimlardan biri bo'lib, matritsa operatsiyalarining kengaytirilgan ko'rinishi va qo'llanilishiga asoslangan. Bu tizim nomining o'zida aks ettirilgan - MATrix LABoratory, ya'ni matritsa laboratoriyasi. Biroq, tizim dasturlash tilining sintaksisi shu qadar puxta o'ylanganki, bu yo'nalish matritsalarini hisoblash bilan bevosita qiziqmaydigan foydalanuvchilar tomonidan deyarli sezilmaydi.

MatLab dastlab faqat hisob-kitoblar uchun mo'ljallangan bo'lishiga qaramay, evolyutsiya jarayonida mukammal hisoblash vositalariga qo'shimcha ravishda, MatLab litsenziyasi ostida Waterloo Maple-dan ramziy transformatsiya yadrosi sotib olindi va MatLabda matematik paketlarga xos funksiyalarni ta'minlovchi kutubxonalar paydo bo'ldi. Masalan, taniqli Simulink kutubxonasi vizual dasturlash tamoyilini amalga oshirib, bir qator kod yozmasdan, faqat qurilish bloklaridan murakkab boshqaruv tizimining mantiqiy diagrammasini qurish imkonini beradi. Bunday sxemani qurganingizdan so'ng, uning ishlashini batafsil tahlil qilishingiz mumkin.

Xulosa qilib aytganda, matematik analiz kursida matematik paketlardan foydalanishning dolzarbligi, dars jarayonlarida talabalarning matematik paketlarni amaliy qo'llash usullari, foydalanish strukturasi va talabalarga kasbiy faoliyatida amaliy masalalarni hal qilishda dasturlashning muhimligini aytib o'tdik.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Абдурахманов А. Г. Использование Современных Информационных Технологии В Образовании //Frontier In Mathematics And Computer Science. – 2020. – Т. 12. – С. 128.
2. Дьяконов В. П. Maple В Математических Расчетах. Издательство: ДМК-Пресс, 2018 Г. <https://www.Labirint.Ru/Books/423645/>
3. Курбатова Е.А. MATLAB 7. Самоучитель. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2006. – 256 с

TALABALARNING BILIMINI NAZORAT QILISHNING TEZKOR VA SAMARALI USULI

G.R.Muxamedova G.R., Hamroqulova D.F

TDPU, Toshkent, Urganch, O‘zbekiston

muxamedovagulchehra74@gmail.com, dhamroqulova98@gmail.com

Bugungi kunda oliy ta’limda talabalarning bilim va ko’nikmalarini oqilona, xolis nazorat qilish, qisqa vaqtda katta sondagi talabalarning bilimini baholash dolzarb hisoblanadi. Ta’lim muassasalarida talabalarning bilim va ko’nikmalarini ko’p bosqichli nazorat qilishning turli tizimlaridan foydalanish kirish, joriy va yakuniy nazoratning turli xil o‘zaro bog‘liq vositalarini ishlab chiqish va sinovdan o‘tkazishni talab qiladi. Mana shunday nazorat usullaridan biri test metodi hisoblanadi.

Ma’lumki, test metodi (ingl. “test” – sinash, tekshirish) - o’rganilayotgan shaxsning aqliy rivojlanish darajasi, qobiliyati, muayyan ish-harakat, faoliyatni bajarishga doir ko’nikma, malakalari, shaxsiy va irodaviy sifatlari, ruhiy xususiyatlari, shaxslar guruhi (masalan, talabakar guruhi) ga xos xususiyatlarni aniqlash va baholashda qo’llaniladigan qisqa standart tekshirish yoki sinov usulidir. Ta’lim sohasidagi test sinovi – bu testdan o‘tuvchilarning ma’lum o‘quv fanlari yoki ta’lim dasturlari bo‘yicha tayyorgarligi darajasini xolis baholash usullaridan biri bo‘lib, talab darajasida o‘tkazilsa yaxshi samara berishi ham sir emas. Quyida talabalarning bilimini tekshirishning ommabop, samarali usuli bo‘lgan matematik diktantni test shaklidagi o‘tkazishni ko‘rib o‘tamiz. Bunda

talabalarining tezkorligi, bilimdonligi, diqqatni jamlay olishi juda muhim omillardan hisoblanadi.

O'quv materiali o'rganilgandan so'ng, talabalar tomonidan materialni o'zlashtirish sifatini tekshirish talab qilinadi. Buni tekshirishning eng samarali usullaridan biri matematik diktantdir. Matematik diktant o'qituvchi tomonidan diktovka qilib yoki namoyish qilib turiladi. Bunda har bir talaba berilgan topshiriqqa mustaqil ravishda yondashadi va o'z fikr-mulohazalarini, javoblarini bayon qiladi. Matematik diktant natijasida talabalar mantiqiy fikrlashga, mustaqil qaror qabul qilishga, muammolarni turli usullar orqali hal qilishga, hozirjavoblikka o'rganadilar.

Oliy ta'lim tizimi algebra darslarida ham matematik diktant orqali o'quvchilar bilimni nazorat qilish samarali natija beradi. Matematik diktantdan joriy, oraliq nazoratlarda foydalanish mumkin. Buning uchun bitta mavzu yoki bo'lim tanlab olinadi. Tanlab olingan mavzu yoki bo'lim yuzasidan ikki va undan ko'proq variantda savollar tuziladi. Tuzilgan savollar o'qituvchi tomonidan namoyish qilib boriladi. Savollar turiga va qiyinlik darajasiga qarab har bir savolga turlicha vaqt va ball beriladi.

Algebra va sonlar nazariyasi fanidan bir necha javobli matematik diktantga misol keltiramiz. "Lejandr simvoli" mavzusiga oid quyidagi ko'rinishlardagi testlardan foydalanish mumkin (1-jadval).

Bu kabi matematik diktantni o'tkazish tartibi quyidagicha: guruh ikkita variantga bo'linadi. Berilgan savollar birma-bir namoyish qilinadi. Savol uchun ajratilgan vaqt (har bir savol uchun ajratilgan vaqt avvaldan e'lon qilinadi) nihoyasiga yetganidan so'ng keyingi savolga o'tiladi. Keyingi savolga o'tilgandan so'ng orqaga qaytilmaydi. Berilgan vaqt ichida barcha talabalar savolga javobni topishga ulgurishlari kerak, ya'ni talabalar ishni bir vaqtda tugatadilar. Diktant yakuniga yetgandan so'ng, javoblar yozilgan daftarlar bir vaqtda yig'ib olinadi va har bir savolga ajratilgan ballar hisoblanib, talabalar baholanadi.

I variant	II variant
1. $ax^2 + bx + c \equiv 0 \pmod{m}$ ikkinchi darajali taqqoslamani $x^2 \equiv d \pmod{m_1}$ ko'rinishga o'tkazing.	
$3x^2 + 2x + 2 \equiv 0 \pmod{7}$ A) $y^2 = 64 \pmod{84}$ B) $y^2 = 84 \pmod{64}$ C) $y^2 = 68 \pmod{48}$ D) $y^2 = 46 \pmod{84}$	$3x^2 + 5x - 5 \equiv 0 \pmod{6}$ A) $y^2 = 58 \pmod{72}$ B) $y^2 = 85 \pmod{72}$ C) $y^2 = 58 \pmod{27}$ D) $y^2 = 85 \pmod{27}$
2. Berilgan ikkinchi darajali taqqoslamani yeching.	
$x^2 \equiv 3 \pmod{5}$ A) $x = \pm 1 \pmod{5}$ B) $x = \pm 2 \pmod{5}$ C) $x = \pm 7 \pmod{5}$ D) <i>yechimga ega emas</i>	$x^2 \equiv 2 \pmod{7}$ A) $x = \pm 1 \pmod{5}$ B) $x = \pm 3 \pmod{5}$ C) $x = \pm 9 \pmod{5}$ D) <i>yechimga ega emas</i>
3. Lejandr simvolini hisoblang.	
$\left(\frac{5}{31}\right)$ A) 1 B) -1 C) <i>aniqlab bo'lmaydi</i>	$\left(\frac{3}{19}\right)$ A) <i>aniqlab bo'lmaydi</i> B) -1 C) 1
4. Quyidagi taqqoslama yechimga egami?	
$x^2 \equiv 5 \pmod{17}$ A) <i>ha</i> B) <i>yoq</i>	$x^2 \equiv 7 \pmod{19}$ A) <i>ha</i> B) <i>yoq</i>
5. Lejandr simvolining xossalari yozing.	

1-jadval

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, yuqoridagi ko'rinishdagi nazorat turi talabalarda matematik fikrlash, muammolarni mustaqil yecha olish qobiliyatini shakllantiradi, hozirjavoblikka o'rgatadi. Bundan tashqari, o'qituvchi uchun ham talabalar bilimini nazorat qilishda katta imkoniyatlar yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Raxmatova X.A. Pedagogik diagnostika va korreksiya. Toshkent-2021 yil.
2. Виноградов И.М. Основы теории чисел. Москва-Юрайт-2018.

ANALITIK GEOMETRIYA FANINI O‘QITISHDA RAQAMLI TA’LIM TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISHNING AFZALLIKLARI

Qurbonov G‘ulomjon G‘afurovich, Amonov Zikrillo Shukrullo o‘g‘li

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O‘zbekiston

gulomjonqurbonov8@nmail.com, Amonovzikrillo7@gmail.com

Hozirgi kunda ta’lim sohasida amalga oshirilayotgan tub islohotlar pirovard natijada jahon talablari darajasidagi bilim va malakalarga ega, raqobatbardosh kadrlarni tayyorlashni ko‘zda tutadi. Ayniqsa, ta’lim sohasida raqamli texnologiyalar, internet tizimi, raqamli va keng formatli telekommunikatsiyalarning zamonaviy usullarini o‘zlashtirish, bugungi taraqqiyot darajasini belgilab beradigan bunday ilg‘or yutuqlar nafaqat maktab, litsey va kollejlarda, oliy o‘quv yurtlariga, balki har qaysi oila, hayotiga keng kirib borishi uchun zamin tug‘dirishning ahamiyatini chuqur anglab olishimiz lozim.

Hozirgi kunda raqamli ta’lim tizimidan asosan to‘rt yo‘nalishda foydalanib kelinmoqda: o‘rganish ob‘ekti sifatida, o‘qitishning texnik vositalari sifatida, ta’limni boshqarishda, ilmiy-pedagogik izlanishda.

Raqamli texnologiyalar asosida o‘qitishning afzalliklari keng qamrovli bo‘lib, unda talabalarga ma’lum malakalarni shakllantirish vaqti qisqarishi, mashq qilinadigan topshiriqlar sonining oshishi, talabalarning ishlash sur‘ati jadallashishi, kompyuter tomonidan faol boshqarishni talab qilinishi natijasida talaba ta’lim sub‘ektiga aylanishi, ularning mushohada qilishi qiyin bo‘lgan jarayonlarni modellashtirish va bevosita namoyish qilish imkoniyati hosil bo‘lishi, dasturiy vositalaridan foydalangan holda darsni uzoqdagi manbalar bilan ta’minlash imkoniyati hosil bo‘lishi, kompyuter bilan muloqot didaktik o‘yin xarakterini olishi va bular orqali talabalarda o‘quv faoliyatiga motivatsion kuchayishi nizada tutiladi. Raqamli ta’lim jarayonida ta’lim, talaba va dasturiy vositalar orasidagi munosabatlarga ko‘ra tashkil etilib, boshqariladi va nazorat qilinadi.

Analitik geometriya fanini o‘qitish jarayonida raqamli texnologiyalarni qo‘llashning asosiy yo‘nalishlari:

- dasturiy vositalar yordamida o‘quv materiallarini taqdim etish;
- multimediyadan foydalanish;

- tashxis va reyting nazorati;
- masofaviy ta'lim, muloqotni tashkil etish.

Analitik geometriya fanini o'qitish jarayonida raqamli texnologiyalarining imkoniyatlaridan foydalanishga misol sifatida "Fazoda tekislik tenglamalari" mavzusini o'qitishda foydalaniladigan elektron ishlanmalar bilan tanishtirib o'tadigan bo'lsak, unda zamonaviy texnologiyalar bilan jihozlangan xonada yangi mavzuni tushuntirish uchun elektron ma'ruza matni tayyorlanadi. O'qituvchi yangi tushunchalarni kiritishda bu tushunchaning tarixi, hamda o'rganilayotgan fan va boshqa fanlar doirasidagi o'rni haqida qisqacha ma'lumotlar berib, turli chizmalardan, ayrim hollarda esa tayyor plakatlardan foydalanadi. Elektron ma'ruza matni bu kabi ma'lumotlarni o'zida yashiringan holda saqlash (gipermatnlar), plakatlar, chizmalarni slaydlarda "jonlantirish" (multimediya, video) imkoniyatlariga egaligi unda alohida o'rin tutadi.

Elektron ma'ruza matnidagi turli ranglardan foydalanib, tayyorlangan chizma va rasmlar, tasdiqlarning isbotlari, misol va masalalarning yechimlari talabalar e'tiborini chalg'itmasligi uchun ularni navbat bilan, ma'ruza davomida o'z o'rnida gipermatnlarni ochish bilan namoyish etish va ularga sharh berish maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz.

Fazoda tekislik tushunchasini kiritishda "Muammoli ta'lim" hamda "Klaster" texnologiyalaridan foydalangan holda talabalar fikrini bilish, yo'naltirish jarayoni yakunida elektron matndagi tayyor klasteri ko'rsatish mumkin. Boshqa ta'lim texnologiyalaridan farqli o'laroq bunda turli ranglardan foydalanilganiga talabalar e'tiborini qaratish orqali uning sababini so'rash, ularning mustaqil fikrini shakllantirish hamda kiritilayotgan yangi tushunchalarning mohiyatini chuqurroq anglashga yordam beradi.

Asosiy tushunchalarni kiritish va kiritilgan tushunchalarga doir misollarni, har bir talaba yakka yoki juftlikda mustaqil ishlashi uchun topshiriqlarni keltirishda gipermatnga yashiringan multimedia imkoniyatlaridan foydalanilgan slaydlarni o'qituvchi nutqi davomida namoyish etish bilan bu tushunchalarning talabalar xotirasida uzoq vaqt saqlanib qolishiga erishiladi. Yangi mavzuni tushuntirish davomida fazoda tekislik tenglamalari kanonik ko'rinishga keltirilib, ulardan birining isboti tushuntiriladi. Shu o'rinda barcha tasdiqlarning

formulalari gipermatnga kiritilgan bo'lsa, o'qituvchi talabalardan qaysi bir formulani isbotlash qiyinroq isbotlanishini so'rab, ular tanlagan tasdiq isbotini namoyish etadi. Bunda har bir topshiriq uchun ajratilgan vaqt ko'rsatilgan bo'lishi va belgilangan vaqt o'tgach o'z-o'zini yoki sherigini nazorat qilish uchun topshiriqlarning javoblari namoyish etiladi. Har bir to'g'ri hal etilgan nazorat topshirig'i uchun ajratilgan ballarning keltirilishi talabalarning dars davomida yig'gan ballarini o'zlari aniqlashlari imkoniyatini beradi.

Xulosa o'rnida shuni alohida ta'kidlash lozimki, bugungi tezkor davrda yoshlarda mustaqil fikrlash qobiliyatini oshirish, ularni o'z ustida ko'proq ishlashga jalb etish, ta'lim berish jarayonlarida raqamli ta'lim texnologiyalaridan foydalanish juda muhimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Farberman B.L, Musina R.G., Jumaboyeva F.A. Oliy o'quv yurtlarida o'qitishning zamonaviy usullari. – Toshkent, 2002-yil, 192 bet.
2. Kurbonov G.G. Didactic possibilities of teaching general subjects on the basis of digital educational technologies. Berlin Studies Transnational Journal of Science and Humanities. Vol. 2, Issue 1.5 (2022), – P. 451-456.
3. Kurbonov.G.G. On general professional sciences electronic software of the educational process. “Actual problems of modern science, education and training”. №8, Xorazm, 2022. – P. 33-37.

ТАЛАБАЛАРНИНГ ТАЯНЧ КОМПЕТЕНЦИЯЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШДА ДАСТУРИЙ ВОСИТАЛАРДАН Фойдаланишнинг аҳамияти

Қаҳҳоров Сиддиқ Қаҳҳорович., Рустамов Ҳаким Шарипович

Бухоро давлат университети, Бухоро, Ўзбекистон

rhsh0405@gmail.com

Мамлакатимизда таълим сифатини ва самарадорлигини янги сифат босқичига кўтариш, ўсиб келаётган ёш авлоднинг интеллектуал салоҳиятини ва юксак маънавий-маърифий дунёкарашини ривожлантириш сари йўналтирилган давлат сиёсати жамият тараққиётини, халқ фаровонлигини ва

жамиятнинг жаҳон ҳамжамиятидаги ўрнини таъминловчи устувор йўналишлардан бири сифатида эътироф этилмоқда.

Педагог кадрлар тайёрлашнинг сифатини яхшилашда мутахассисларнинг касбий ва шахсий ривожланиши учун шарт-шароит яратиш, уларнинг касбий компетенциясини шакллантириш ва таянч компетенцияларини ривожлантиришда дастурий воситалардан фойдаланишнинг аҳамияти беқиёсдир.

Халқаро миқёсда таълим мазмунини танлаш мезони сифатида компетенцияга асосланган ёндашув асосида билимларни белгилайди, уларнинг ўзлаштирилишини бевосита ўқув жараёнида талабалар учун долзарб бўлган ижтимоий ва ҳаётий муаммоларни ҳал қилиш амалиётида қўллаш имконини беради. 1996 йилда Бернда Европа Кенгаши дастурида "Европа учун таянч компетенциялар" мавзусидаги Симпозиум ташкил этилиб, унда Европа Иттифоқига аъзо давлатларнинг узлуксиз таълим тизими учун дастлабки таянч компетенцияларини белгилаш ва талабанинг муваффақиятли яшаши ҳамда ўқишни давом эттириши учун эга бўлиши лозим бўлган "таянч компетенциялар" ни шакллантириш вазифаси илгари сурилган. Хусусан, ҳаётда, касбий меҳнатда, оилада ва бошқа ижтимоий соҳаларда муваффақиятга эришиш учун битирувчидан мустақил фикрлаш ва индивидуал ташаббусини, жисмоний ва ижтимоий-маданий воситалардан фойдаланишни, ўз она тилида ўқиш, ёзиш ва хорижий тилни ўрганишни, математик саводхонликни, компьютер ва дастурий воситалардан фойдаланиш каби таянч компетенцияларга эга бўлишни талаб қилади[1].

Республикамизда таълимнинг узлуксизлиги ва узвийлиги, тизимлилиги, ўқувчи шахси ва қизиқишлари асосий ўринда туришидан келиб чиққан ҳолда, уларнинг ёш хусусиятларига мос равишда қуйидаги таянч компетенцияларни шакллантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда[2]:

- коммуникатив компетенция — жамиятда ўз она тилида ёки чет тилида мулоқот қилиш лаёқатига эга бўлиш, муомала маданияти талабларига амал

қилиш ва жамоада самарали ишлай олиш қобилиятини шакллантиришни назарда тутати;

- ахборотлар билан ишлаш компетенцияси — интернет, китоб ва журналлар, оммавий ахборот воситалари ва бошқа манбалардан зарур ахборотларни излай олиш, уларни саралаш, қайта ишлаш, сақлаш, улардан самарали фойдалана олиш, ахборотларнинг дахлсизлигини таъминлаш, ахборот маданиятига эга бўлиш қобилиятларини шакллантиришни назарда тутати;

- ўзини-ўзи ривожлантириш компетенцияси — шахс ўзининг жисмоний, маънавий, рухий, интеллектуал ва креатив сифатларини ўстириб бориши, камолотга интилиш, мустақил ўқиб-ўрганиш, когнитивлик кўникмаларини ва ҳаётий тажрибани мунтазам ошириб бориш, ўз хатти-ҳаракатини муқобил баҳолаш ва мустақил қарор қабул қила олиш кўникмаларини эгаллашни назарда тутати;

- ижтимоий фаол фуқаролик компетенцияси — ижтимоий ҳаётда бўлаётган воқеа, ҳодиса ва жараёнларга нисбатан бефарқ бўлмастик ва уларда фаол иштирок этиш, ўзининг фуқаролик бурч ва ҳуқуқларини билиш, англаш, унга риоя қилиш, меҳнат ва фуқаролик муносабатларида муомала ва ҳуқуқий маданиятга эга бўлиш лаёқатини шакллантиришни назарда тутати;

- миллий ва умуммаданий компетенция — ўз ватанига содиқ, инсонларга меҳр-оқибатли ҳамда умуминсоний ва миллий қадриятларга муҳаббатли бўлиш, инсоннинг ижодий маҳсулини, бадиий ва санъат асарларини тушуниш, дид билан кийиниш, ижтимоий-маданий қоидаларга ва соғлом турмуш тарзига амал қилиш лаёқатини шакллантиришни назарда тутати;

- математик саводхонлик, фан ва техника янгиликларидан хабардор бўлиш ҳамда фойдаланиш компетенцияси – шахсий, оилавий, касбий ва иқтисодий режаларни аниқ ҳисоб-китобларга асосланган ҳолда туза олиш, ижтимоий турмушда турли инфографика, диаграмма, гистограмма, чизма ва моделларни ўқий олиш, автоматлаштирилган, меҳнат унумдорлигини оширадиган, инсонларга қулай шарт-шароит яратадиган фан ва техника

янгиликларидан хабардор бўлиш ва улардан фойдалана олиш лаёқатларини шакллантиришни назарда тутди.

Албатта, талабаларнинг таянч компетенцияларини шакллантириш ва уни ривожлантириш жуда кўп вақт талаб қиладиган мураккаб жараён бўлиб, замонавий ахборот технологиялардан ва дастурий воситалардан фойдаланмасдан амалга ошириш жуда ҳам мушкул иш ҳисобланади.

Шундай экан, таянч компетенцияларни эгаллашда ўқитишнинг мақсад ва вазифаларини аниқлаштириш, ўзлаштириш нуқтаи назаридан унинг имкониятларини рўёбга чиқаришни таъминлайдиган методларни ишлаб чиқиш, сифат жиҳатидан касбий компетенцияларни такомиллаштириш, таянч компетенцияларни тезкор ва самарали ўзлаштиришда дастурий воситаларнинг аҳамияти муҳимдир.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

1. Совет Европы: Симпозиум по теме «Ключевые компетенции для Европы»: Док. DECS / SC / Sec. (96) 43. Берн, 1996.
2. Қаҳҳоров С.Қ., Рустамов Ҳ.Ш. Талабаларнинг коммуникатив компетенциясини ривожлантиришда дидактик дастурий воситалардан фойдаланиш. “Педагогик маҳорат”. Илмий-назарий ва методик журнал. -Б. 2023. № 3. 52-58 б

O'QUVCHILARNING KOMMUNIKATIV KOMPETENSIYASINI RIVOJLANTIRISHDA AXBOROT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

Rustamov Hakim., Namozova Nigina

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

rhsh0405@gmail.com

Bugungi globallasuv jarayonida axborot-kommunikatsion texnologiyalarning shiddat bilan rivojlanishi mehnat unumdorligini tubdan o'zgartirmoqda. Har qanday o'zgarish va yangilanishlar jamiyat tarqqiyoti va rivojlanish bosqichining istiqbollari belgilab beruvchi asosiy omildir.

Jadal sur'atlar bilan rivojlanib borayotgan axborot texnologiyalar asrida axborot kommunikatsion texnologiyalar barcha toifadagi foydalanuvchilar uchun sifatli va samarali ta'lim olish imkonini bermoqda. Axborotlashgan jamiyat va axborot texnologiyalari bir-biri bilan chambarchas bog'liq bo'lib, axborot texnologiyalari – bu axborotlarni qabul qilish, qayta ishlash, boshqarish va uzatish vositalari hisoblanadi. Zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalangan har bir o'quvchi eng yangi va so'ngi texnologiyalarni qo'llay oladigan foydalanuvchiga aylanadilar.

Dunyoning nufuzli va ilmiy-texnik rivojlanishida taraqqiyot cho'qqisiga chiqayotgan mamlakatlarda yaratilayotgan axborot kommunikatsion texnologiyalarning izchil ravishda tarqalishi axborot asrida ta'limning yetakchilik darajasini tasdiqlovchi asosiy dalillardan biri hisoblanadi. Bugungi kunda bunday rivojlanish darajasi ma'lum bir mamlakatning hozirgi vaqtdagi qudrati va turmush darajasini belgilab qolmay balki ushbu mamlakatning dunyo bozoridagi o'rni va rolini, shu bilan birga uning integratsiyalashuvining rivojlanish istiqbollari ko'rsatib beradi. Shunday ekan, har bir mamlakatda axborot kommunikatsion texnologiyalarning rivojlanish darajasi va ulardan foydalana olish ko'nikmalari nafaqat ularning moddiy resurslar bilan, balki aholi qatlaming yangi bilimlarni yaratish, o'zlashtirish va qo'llay olish qobiliyati bilan ham belgilanadi. Ta'lim sohasidagi bunday yutuqlar o'z navbatida ta'lim sifati bilan chambarchas bog'liq bo'lib, zamonaviy jamiyatda ta'lim jarayoni va axborot kommunikatsion texnologiyalarining o'zaro uyg'unlashuvining o'ziga xos jihatlarini ko'rsatib turadi.

Axborot kommunikatsion texnologiyalarni ta'lim sohasining barcha bo'g'inlarida samarali qo'llash ta'lim sifatini yuqori bosqichga ko'tarishning asosiy faktorlardan biri ekanligi, o'quvchilarning kommunikativ kompetensiyasini rivojlantirilishida axborot kommunikatsion texnologiyalarining roli kun sayin oshib borayotganligini ko'rsatadi.

“Kommunikativ kompetensiya” atamasi haqidagi ilmiy qarashlarni umumlashtirgan holda shuni ta'kidlash mumkinki, bu atama so'zlovchining til

resurslaridan kommunikativ jarayonda va muloqotning muayyan maqsadlarida foydalanish qobiliyatini ifodalaydi. Kommunikativ kompetensiya inson taraqqiyoti jarayonida bosqichma-bosqich shakllanib, uning darajasi shaxsning kamolotga erishishi va o'quv jarayonlarining rolini oshirish natijasi bo'lib, davom etayotgan o'zgarishlarning aksidir. Shu bilan birga, kommunikativ kompetensiyani pedagogik nuqtai nazardan o'quvchi(talaba)larning pedagogik muloqot jarayonida o'rganadigan, mustahkamlaydigan va mashq qiladigan lingvistik vositalar to'plami sifatida aniqlash mumkin.[1]

Kommunikativ kompetensiyaning shakllanishida, axborot, til va madaniyatni tez egallashda axborot texnologiyalarning o'rnini beqiyosdir.

Har qanday kompetensiyaning tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat:

- bilimga ega bo'lish;
- kompetensiya mazmun mohiyatini tushunish;
- turli vaziyatlarda kompetensiyaning namoyon bo'lish jarayonlarini his qilish va tushunish;

O'quvchilarining kommunikativ kompetensiyasini rivojlantirishda yordam beradigan axborot kommunikatsion texnologiyalari va vositalari quyidagilardan iborat.

- kompyuter;
- internet tarmog'i;
- trenajyor dasturiy vositalar;
- pedagogik dasturiy vositalar;
- lug'atlar va boshqalar;

Yuqorida keltirilgan vositalardan foydalanganda biz quyidagilarga erishamiz:

- nutq mahorati: o'rta maktab o'quvchilari dialogni avval slayd shaklida ishora bilan takrorlaydilar, so'ngra mustaqil ravishda namoyish etadilar;
- nazorat mahorati: o'rta maktab o'quvchilari topshiriq kartasini tanlaydilar va ushbu dasturning lug'atidan foydalangan holda va o'z tasavvurlarini ko'rsatgan holda

o'zlarining dialoglarini tuzadilar. Vosita sifatida kompyuter texnologiyalaridan foydalaniladi:

-tinglash malakasi: kompyuter texnologiyasi tahlil qilish, tushuntirish, tarjima qilish va hokazolarni talab qiladigan xabarni tinglashdan foydalanadi.[3]

Shunday qilib, axborot kommunikatsion texnologiyalardan foydalanish orqali o'quvchilarining kommunikativ kompetensiyani rivojlantirish mumkin. Axborot texnologiyalardan foydalanish nafaqat ta'lim sifatini yuqori bosqichga ko'taradi, balki o'qish jarayonini qiziqarli va samarali qilish imkoniyatini yaratadi. Axborot texnologiyalar asosida umumta'lim maktablari o'quvchilarining kommunikativ kompetensiyasini rivojlantirish barobarida mehnat va ijtimoiy hayotda yordam beradigan nutq, tinglash, yozish va o'qish ko'nikmalarini rivojlantiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Qahhorov S.S., Rustamov H.Sh. Talabalarning kommunikativ kompetensiyasini rivojlantirishda didaktik dasturiy vositalardan foydalanish// Pedagogik mahorat. 2023. №3. B.52-59
2. Троицкая Ю. В. Коммуникативная компетенция: демаркация значения // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2020. № 7 (150). С. 112–119.
3. Axmetova A. O'rta umumta'lim o'quvchilarining kommunikativ kompetensiyasini rivojlanishda axborot texnologiyalari // Universum: psixologiya i obrazovanie : elektron. nauchn. jurn. 2022. 3(93).

OLIV TA'LIM MUASSALARIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISH ELEKTRON TA'LIM TIZIMI MISOLIDA

Sadullayev Ibrat Shuxratovich

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

e-mail: i.s.sadullaev@buxdu.uz

Bugungi kunda raqamli texnologiyalar jamiyatimizning barcha sohalarida faol qo'llanilmoqda. iqtisodiyot, bank, xizmat sektori shuningdek ta'lim jarayonlarining ham tez sur'atlarda rivojlanishiga xizmat qilmoqda. Mamlakatimiz fuqarolarining

barcha qatlami ongida raqamli texnologiyalar orqali jamiyatdagi barcha muammolarni hal qilish mumkin degan fikr shakllanmoqda. Shu jihatdan, mamlakatimiz Prezidenti Shavkat Mirziyoev ta'kidlaganidek, "Taraqqiyotga erishish uchun raqamli bilimlar va zamonaviy axborot texnologiyalarini egallashimiz zarur va shart. Bu bizga yuksalishning eng qisqa yo'lidan borish imkoniyatini beradi" [1]. Davlat va jamiyat boshqaruvi, ijtimoiy sohada ham raqamli texnologiyalarni keng joriy etib, natijadorlikni oshirish, bir so'z bilan aytganda, odamlar turmushini keskin yaxshilash mumkin. Raqamli iqtisodiyot bu birgina faoliyat turi emas, balki, ishbilarmonlik, sanoat ob'ektlari, sifatli ta'lim va xizmatlar deganidir. Zamonaviy ta'limda raqamli texnologiyalar, ta'lim usullarini, tajribalarini va o'rganish jarayonini kuchaytirishda raqamli asboblardan va dasturlashni qo'llashni o'z ichiga olgan texnologiyalardir. Raqamli texnologiyalar, talabalarning o'zlashtirish, tushuntirish va o'rganishni osonlashtirish uchun juda katta imkoniyatlarni beradi. Ular interaktiv darsliklar, onlayn o'qish materiallari, interaktiv o'qituvchilar, ma'ruza o'tkazish dasturlari, onlayn testlar va boshqalar kabi usullarni o'z ichiga oladi.

Respublikamiz oliy ta'lim tizimida raqamli texnologiyalarni qo'llash, ularning imkoniyatlarini tahlil qilish asosida o'quv jarayonini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlarini aniqlash maqsadi qo'yilgan bo'lib, unda raqamli texnologiyalarning ta'lim sohasida nafaqat muhim o'rin egallashi va qanday shaklda joriy etilishi bo'yicha tahlillar amalga oshirildi. Tadqiqot usullari sifatida oliy ta'limda raqamli texnologiyalarni joriy etishga ilmiy asoslangan yondashuvni shakllantirishga tegishli xulosalar tuzishda normativ hujjatlarni, mavjud bo'lgan amaliyotni o'rganish, tizimlashtirish va umumlashtirishdan foydalanildi. Yurtimizdagi nufuzli oliy ta'lim muassalari zamon talabidan kelib chiqqan holda bosqichma-bosqich onlayn ta'limni yo'lga qo'yimoqda. Bu jarayonning o'zi ham mamlakatimiz ta'lim tizimida yangi bosqich boshlanganini anglatadi. Ta'lim tizimi bugungi kunda raqamli texnologiyalarga singib ketayotgani hayratlanarli emas, chunki, bu jarayon bugungi kunda axborot makonida taklif etilayotgan ko'plab xizmatlarni jiddiy tahlil qilish va pedagogik asoslash uchun asos bo'lib xizmat qilmoqda. So'nggi

yillarda ta'limni "raqamlashtirish" muammolari, uning shakllanishiga ta'siri bo'yicha birorbir davlat loyihasi yoki so'rovnoma asosida tadqiqotlar o'tkazilmaganligi ham muhimdir [2]. Shu bilan birga, Internet tizimidagi muhitning yoshlar ongiga ta'sirining ahamiyati hukumatning, zamonaviy ommaviy axborot vositalarining ma'ruzalarida, pedagogik jamoatchilik muhokamalarida, soha vakillari va tadqiqotchilarning izlanishlarida ham ko'rishimiz mumkin.

Bugungi kunda innovatsiyalar ko'pgina sohalar kabi ta'lim tizimiga ham o'z ta'sirini o'tkazib kelayapti. Ta'limda yangi texnologiyalardan foydalanish zaruriy omil hisoblanadi. Axborot makonining kengayib borgani sari ularni qabul qilish imkoniyati ham oshib borayapti. Ta'lim muassalarida dars jarayonini tashkil qilishda vaqt muhim ahamiyatga ega [3]. Raqamli texnologiyalar, ta'lim tizimining barcha bo'g'inlarida, jumladan oliy ta'lim muassasalarining barcha shakllarida keng qo'llanilmoqda. Masalan, Zamonaviy ta'lim sohasi ta'limning kunduzgi, sirtqi, kechki, sirtqi va masofaviy ta'lim kabi bir necha shakllarini taklif etadi. Masofadan turib o'qitish talabalarning asosiy ish joyidan ajralmagan holda o'quv rejasidagi barcha fan dasturlarida belgilangan bilimlarni mustaqil masofadan turib o'zlashtirish asosida amalga oshirilishi mumkin [4]. Ushbu texnologiyalar, talabalarning hamkorlik, tahlil qilish, dastur yaratish va ma'lumotni ta'limda qo'llash qobiliyatlarini rivojlantirish uchun o'zlashtirish va ko'proq ish qilish imkoniyatlarini yaratadi. Misol uchun, online o'quv platformalari va darsliklar, talabalarga dunyoning har qanday joyda o'qish imkoniyatini va shaxsiy monitoring va qulayliklar beradi. Raqamli ta'lim tizimlari, onlayn forumlar, video konferensiyalar va chatlar yordamida talabalar o'rtasidagi muloqot va hamkorlikni mustahkamlashga imkon beradi.

Raqamli texnologiyalar, ta'limning individual o'zlashtirishini ham ta'minlashga yordam beradi. Talabalar shaxsiy tajribalardan foydalangan holda o'zlashtirishlarini osonlashtirish uchun dasturiy ta'minotlar, virtual laboratoriyalar va simulatorlardan foydalanishlari mumkin. Shuningdek, u holda talabalarni o'zlashtirish, tanqid qilish va jismoniy ijobiy bilimlarni joriy etishni ta'minlash uchun interaktiv dasturlar va o'yinlar yaratish mumkin. Bundan tashqari, raqamli

texnologiyalar, ta'lim tashkilotlariga ma'lumot analitikasi va ta'limning sifatini baholash imkonini beradi. Ma'lumotlar analitikasi, o'quv jarayonini tahlil qilish va talabalarning natijalarini baholashga yordam beradi. Raqamli texnologiyalar, talabalarning faoliyati, muvaffaqiyati va qabul qilingan bilimlari to'g'risida ma'lumotlarni to'plab, tahlil qilishga imkon beradi. Bu esa ta'lim tashkilotlari uchun rivojlanish strategiyasini belgilash, o'quv dasturini o'zgartirish va talabalarni o'rganish jarayonida yaxshi natijalar olishga yordam beradi.

Shuningdek, ta'lim jarayonini boshqarishning qulay va hamyonbop usuli sifatida ham raqamli texnologiyalardan foydalaniladi. Barcha ta'lim jarayoni ma'lumotlarini elektron shaklda saqlash, ro'yxatlarni va baholarini boshqarish, yagona platforma orqali o'qituvchilar, talabalar va ota-onalar o'rtasidagi kommunikatsiyani tashkil etish, dars jadvalini yaratish va boshqarish kabi jarayonlar avtomatlashtirilgan. Bu talabalar, o'qituvchilar va tashkilot rahbarlariga ish faoliyatlarini nazorat qilish va optimallashtirish imkonini beradi.

Zamonaviy ta'limda raqamli texnologiyalar va ularni elektron ta'lim tizimi tashkil qilish jarayonida qo'llash bo'yicha takliflar:

Onlayn ta'lim platformalari va onlayn kurslar: Bu platformalar orqali talabalar, istalgan vaqtda va istalgan joyda o'qish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Interaktiv darsliklar: Bu darsliklar animatsiya, videolar, savollar va javoblar kabi interaktiv elementlarga ega bo'lib, talabalar o'rganish jarayonida faol ishtirok etish imkonini beradi.

Virtual laboratoriyalar va simulatsiyalar: Ushbu texnologiyalar talabalarning laboratoriyalarda tajribalar o'tkazishni simulatsiyalash, shuningdek, ularga turli amaliy mashg'ulotlar va tajribalar o'tkazish imkonini beradi.

Massiv onlayn ochiq darslar (MOOC): Bu dasturlar orqali dunyodagi eng yuqori malakali o'qituvchilar tomonidan tayyorlangan kurslarga bepul ishtirok etish imkoniyatiga ega bo'lish mumkin.

Dasturiy ta'minotlar va ilovalar: Bu dasturlar talabalar uchun ta'lim materiallarini, kitoblarini, ma'ruzalarini va boshqalarini osonlashtirish, tahlil qilish va o'rganishni ta'minlash uchun yaratilgan.

Online testlar va baholash tizimlari: Bu tizimlar talabalarning bilim darajasini, natijalarini baholash va tahlil qilish imkonini beradi.

Ta'lim analitikasi va ma'lumotlar tahlili: Raqamli texnologiyalar yordamida talabalar, o'qituvchilar va tashkilotlar faoliyatlarini tahlil qilish, natijalarini baholash va ta'limning sifatini o'rganishga imkon beradi.

Xulosa o'rnida shuni takidlab o'tish mumkinki, raqamli texnologiyalar, talabalarning o'zlashtirishni yengillashtiradi va ta'lim muassasalarining faoliyatini yanada samarali qiladi. Bu texnologiyalar ta'lim sohasidagi innovatsiyalar va rivojlanishlarni kuchaytirish uchun katta potentsialga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning 2020 yil 24 yanvarda Oliy Majlisga yo'llagan Murojaatnomasi. 2020 y.
2. Abdullayev M., Saidahrar, G., & Ayupov, R. //Raqamli iqtisodiyot - kadrlar tayyorlashning dolzarb yo'nalishlari. 2020 y.
3. Sadullayev I. Sh. Sirtqi ta'limda talabalarning o'zlashtirish monitoringini olib borish ("Plikers" texnologiyasi misolida).//PEDAGOGIK MAHORAT Ilmiy-nazariy va metodik jurnal 3-SON (2020-yil, iyun)
4. Sadullayev I. Sh. Sirtqi ta'lim shaklining o'ziga xos xususiyatlari.//PEDAGOGIK MAHORAT Ilmiy-nazariy va metodik jurnal 2-SON (2023-yil, mart)

STYUDENT TAQSIMOTI VA UNING BA'ZI XOSSALARI

Samatov S

Sharof Rashidov nomidagi Samarqand Davlat Universiteti

e-mail: sultonsamatov2003@gmail.com

Bizga $\xi \sim N(0; 1)$ parametrli Normal taqsimot va $\eta \sim H_n$ ozodlik darajalari soni n bo'lgan Xi-kvadrat taqsimot berilgan bo'lsin.

Ta'rif. Ushbu

$$\mu_n = \frac{\xi}{\sqrt{\frac{\eta}{n}}}$$

taqsimotga ozodlik darajalari soni n bo'lgan *Styudent* taqsimoti deyiladi.

1-tasdiq. μ_n *Styudent* taqsimotining zichlik funksiyasi quyidagiga teng:

$$P_\mu(t, n) = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{n\pi}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}}$$

bu yerda, $\Gamma(n) = \int_0^{+\infty} t^{n-1} e^{-t} dt$ 2-tur Eyler integrali (Gamma funksiya)

Isbot. Faraz qilaylik ξ va η lar bog'liqsiz bo'sin. Taqsimot funksiya ta'rifidan

$$\begin{aligned} F_\mu(x) &= P(\mu < x) = P\left(\frac{\xi}{\sqrt{\frac{\eta}{n}}} < x\right) = \iint_{\frac{u}{\sqrt{\frac{v}{n}}} < x} P_{\xi, \eta}(u, v) dudv \\ &= \iint_{\frac{u}{\sqrt{\frac{v}{n}}} < x} P_\xi(u)P_\eta(v) dudv = \int_0^{+\infty} \left(\int_{-\infty}^{x\sqrt{\frac{v}{n}}} P_\xi(u) du \right) P_\eta(v) dv \\ &= \int_0^{+\infty} \left(\sqrt{\frac{v}{n}} \int_{-\infty}^x P_\xi\left(t\sqrt{\frac{v}{n}}\right) dt \right) P_\eta(v) dv \\ &= \int_{-\infty}^x \left(\sqrt{\frac{v}{n}} \int_0^{+\infty} P_\xi\left(t\sqrt{\frac{v}{n}}\right) P_\eta(v) dv \right) dt \end{aligned} \quad (1)$$

(1) munosabatga ega bo'lamiz.

Bunda

$$P_\xi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (2)$$

$$P_{\eta}(v) = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} v^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{v}{2}} \quad (3)$$

(2) $N(0; 1)$ parametrli Normal taqsimotning zichlik funksiyasi. (3) H_n ozodlik darajalari soni n bo'lgan Xi-kvadrat taqsimotning zichlik funksiyasi.

(2) va (3) larni yuqorida hosil qilingan (1) munosabatga qo'yamiz va soddalashtiramiz:

$$P_{\mu}(t, n) = \sqrt{\frac{v}{n}} \int_0^{+\infty} P_{\xi}\left(t\sqrt{\frac{v}{n}}\right) P_{\eta}(v) dv = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{n}{2}}}{\sqrt{2\pi}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_0^{+\infty} e^{-\left(\frac{t^2v}{2n} + \frac{v}{2}\right)} v^{\frac{n}{2}-1} \sqrt{\frac{v}{n}} dv =$$

$$\left[\begin{array}{l} \frac{t^2v}{2n} + \frac{v}{2} = z \\ v = \frac{z}{\left(\frac{t^2}{2n} + \frac{1}{2}\right)} \\ dv = \frac{dz}{\left(\frac{t^2}{2n} + \frac{1}{2}\right)} \end{array} \right] = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{n}{2}}}{\sqrt{2\pi}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right) \sqrt{n}} \int_0^{+\infty} \frac{\left(\frac{z}{\left(\frac{t^2}{2n} + \frac{1}{2}\right)}\right)^{\frac{n}{2}-1+\frac{1}{2}} dz}{\left(\frac{t^2}{2n} + \frac{1}{2}\right)} =$$

$$= \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}}$$

2-tasdiq. Student taqsimotining matematik kutilmasi nolga teng. Ya'ni $M(\mu) = 0$.

Isbot.

$$M(\mu) = \int_{-\infty}^{+\infty} t \cdot P_{\mu}(t, n) dt = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_{-\infty}^{+\infty} t \cdot \left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}} dt = 0$$

Bizga matematik analiz kursidan ma'lumki simmetrik oraliqda toq funksiya integrali nolga teng.

3-tasdiq. Ozodlik darajasi $n > 2$ Student taqsimotining dispersiyasi $D(\mu) = \frac{n}{n-2}$ ga teng.

Isbot. Dispersiya ta'rifidan $M(\mu) = 0$ ekanligini inobatga olib

$$\begin{aligned}
D(\mu) &= M(\mu^2) - (M(\mu))^2 = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_{-\infty}^{+\infty} t^2 \cdot \left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}} dt = \\
&= \frac{2\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_0^{+\infty} t \cdot \left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}} dt = \left[\begin{array}{l} t = \sqrt{xn} \\ dt = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n}{x}} dx \end{array} \right] = \\
&= \frac{2\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_0^{+\infty} \frac{1}{2} \frac{xn}{(1+x)^{\frac{n+1}{2}}} \sqrt{\frac{n}{x}} dx = \frac{2\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot \frac{n\sqrt{n}}{2} \int_0^{+\infty} \frac{x^{\frac{1}{2}}}{(1+x)^{\frac{n+1}{2}}} dx = \\
&= \frac{2\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot \frac{n\sqrt{n}}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2} \sqrt{\pi} \Gamma\left(\frac{n-2}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)} = \frac{n}{2} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\frac{n-2}{2} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} = \frac{n}{n-2}
\end{aligned}$$

hosil qilamiz.

1-eslatma. Ozodlik darajasi $n = 1$ Styudent taqsimoti Koshi taqsimoti bilan ustma-ust tushadi:

$$P_{\mu}(t, 1) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{1}{1+t^2}$$

Koshi taqsimotining dispersiyasi mavjud emas.

2-eslatma. Ozodlik darajasi $n = 2$ bo'lgan hol uchun Styudent taqsimotining dispersiyasi:

$$D(\mu) = +\infty$$

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Кибзун А. И., Горяинова Е. Р., Наумов А. В., Сиротин А. Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами / Учебн. пособие. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 224 с.
2. Т.В. Крупкина К 84 Теория вероятностей и случайные процессы: учебное пособие / Т.В. Крупкина, С.В. Бабенышев, А.К. Гречкосеев, Е.С.Кирик. Сибирский федеральный университет. Красноярск: 2007. 149 с

MARKAZIY LIMIT TEOREMASI VA UNING TADBIQLARI

Jovliyev Aziz Ismanqul o'g'li

Denov tadbirkorlik va pedagogika Instituti, Termiz, O'zbekiston

aziz.jovliyev130791@mail.ru

Markaziy limit teorema tasodifiy miqdorlar yig'indisi taqsimoti va uning limiti – normal taqsimot orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Bir xil taqsimlangan tasodifiy miqdorlar uchun markaziy limit teoremani keltiramiz.

Teorema[1]. X_1, X_2, \dots, X_n bog'liqsiz, bir xil taqsimlangan, $MX_i = a$ chekli matematik kutilma va $DX_i = \sigma^2, i = \overline{1, n}$ dispersiyaga ega bo'lsin, $0 < \sigma^2 < \infty$ u

holda $Z_n = \frac{\sum_{i=1}^n X_i - M\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)}{\sqrt{D\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i - na}{\sigma\sqrt{n}}$ tasodifiy miqdorning taqsimot qonuni

$n \rightarrow \infty$ da standart normal taqsimotga intiladi

$$F_{Z_n}(x) = P\{Z_n < x\} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt. \quad (1)$$

Demak, (1) ga ko'ra yetarlicha katta n larda $Z_n \square N(0,1)$, $S_n = X_1 + \dots + X_n$ yig'indi esa quyidagi normal qonun bo'yicha taqsimlangan bo'ladi:

$S_n \square N(na, \sqrt{n}\sigma)$. Bu holda $\sum_{i=1}^n X_i$ t.m. asimptotik normal taqsimlangan deyiladi.

Agar X tasodifiy miqdor uchun $MX=0, DX=1$ bo'lsa X t.m. markazlashtirilgan va normallashtirilgan (yoki standart) tasodifiy miqdor deyiladi. (1) formula yordamida yetarlicha katta n larda tasodifiy miqdorlar yig'indisi bilan

bog'liq hodisalar ehtimolligini hisoblash mumkin. $S_n = \sum_{i=1}^n X_i$ tasodifiy miqdorni standartlashtirsak, yetarlicha katta n larda

$$P\left\{\alpha \leq \sum_{i=1}^n X_i \leq \beta\right\} = P\left\{\frac{\alpha - na}{\sigma\sqrt{n}} \leq \frac{\sum_{i=1}^n X_i - na}{\sigma\sqrt{n}} \leq \frac{\beta - na}{\sigma\sqrt{n}}\right\} \approx \Phi\left(\frac{\beta - na}{\sigma\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - na}{\sigma\sqrt{n}}\right), \text{ yoki}$$

$$P\{\alpha \leq S_n \leq \beta\} \approx \Phi\left(\frac{\beta - MS_n}{\sqrt{DS_n}}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - MS_n}{\sqrt{DS_n}}\right). \quad (2)$$

1-Misol. X_i bog'liqsiz tasodifiy miqdorlar $E(2)$ qonun bo'yicha taqsimlangan bo'lsa, $Y = \sum_{i=1}^{100} X_i$ tasodifiy miqdorning taqsimot qonunini toping va $P\{50 < Y < 60\}$ ehtimollikni hisoblang.

Markaziy limit teorema shartlari bajarilganligi uchun, Y tasodifiy miqdorning zichlik funksiyasi $f_Y(y) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{(y-MY)^2}{2\sigma_y^2}}$ bo'ladi. Ko'rsatkichli

taqsimot matematik kutilmasi va dispersiyasi formulasidan $MX = \frac{1}{2}$, $DX = \frac{1}{4}$

bo'ladi. U holda $MY = M\left(\sum_{i=1}^{100} X_i\right) = \sum_{i=1}^{100} MX_i = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50$,

$DY = D\left(\sum_{i=1}^{100} X_i\right) = \sum_{i=1}^{100} DX_i = 100 \cdot \frac{1}{4} = 25$, $\sigma_Y = 5$, shuning uchun, $f_Y(y) \approx \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-50)^2}{50}}$.

(2) formulaga ko'ra,

$$P\{50 < S_n < 60\} \approx \Phi\left(\frac{60-50}{5}\right) - \Phi\left(\frac{50-50}{5}\right) = \Phi(0,2) - \Phi(0) \approx 0,07926.$$

2-misol. X_i bog'liqsiz tasodifiy miqdorlar $Ge(0,8)$ geometrik taqsimot bilan taqsimlangan bo'lsa, $Y = \sum_{i=1}^{80} X_i$ tasodifiy miqdorning taqsimot qonunini toping va $P\{100 < Y < 120\}$ ehtimollikni hisoblang.

Markaziy limit teorema shartlari bajarilganligi uchun, Y tasodifiy miqdorning zichlik funksiyasi $f_Y(y) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{(y-MY)^2}{2\sigma_y^2}}$ bo'ladi. Geometrik taqsimot

matematik kutilmasi va dispersiyasi formulasidan $MX_i = \frac{1}{0,8} = \frac{5}{4}$, $DX_i = \frac{0,2}{0,64} = \frac{5}{16}$

bo'ladi. U holda $MY = M\left(\sum_{i=1}^{80} X_i\right) = \sum_{i=1}^{80} MX_i = 80 \cdot \frac{5}{4} = 100$.

$$DY = D\left(\sum_{i=1}^{80} X_i\right) = \sum_{i=1}^{80} DX_i = 80 \cdot \frac{5}{16} = 25. \quad \sigma_Y = 5, \text{ shuning uchun, } f_Y(y) \approx \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-100)^2}{50}}$$

(2) formulaga ko‘ra,

$$P\{100 < S_n < 120\} \approx \Phi\left(\frac{120-100}{20\sqrt{5}}\right) - \Phi\left(\frac{100-100}{20\sqrt{5}}\right) = \Phi(0,4472) - \Phi(0) \approx 0.17364.$$

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Abdushukurov A.A., Zuparov T.M “Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika” Tafakkur Bustoni. nashriyoti. T.: -2015 y.
2. Rasulov A.S. va b. “Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika” O‘zb.fay.milliy jam. nashriyoti. T.: -2006 y.
3. А.С.Расулов, Г.Раимова «Теория вероятностей и математическая статистика». Учеб.пособие, Т.: Изд.УМЭД,2002г.
4. В.Е.Гмурман «Теория вероятностей и математическая статистика», М.: «Высшая школа», 1977 г.

RAQAMLI TA’LIM MUHITIDA “BLENDEND LEARNING”

TEXNOLOGIYASINING ISTIQBOLLARI

Shakadirova Nigora Irgashevna

Nizomiy nomidagi TDPU, Toshkent, O‘zbekiston

shnigora@mail.ru

Bugungi kunda mamlakatimiz ta’lim tizimida raqamli texnologiyalarni joriy qilish, yetuk salohiyatli pedagog kadrlarni tarbiyalash asosiy masalalardan biri bo‘lib qolmoqda. Aholining kompyuter savodxonligini oshirish, axborot texnologiyalaridan foydalana olishlarini ta’minlash borasida qator islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 5 ta muhim tashabbusidan uchinchisi aholining kompyuter va internet texnologiyalaridan foydalana olishlarini ta’minlashdan iborat. Qolaversa, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi “Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-6079-sonli farmonida 2023-yil yakuniga qadar

barcha tuman va shaharlarda o'quvchilarning ijodiy rivojlanishi va kompyuter dasturlash asoslarini o'rganishi uchun mavjud ta'lim muassasalari negizida 200 dan ortiq informatika va axborot texnologiyalarini chuqurlashtirib o'qitishga ixtisoslashtirilgan maktablar bosqichma-bosqich tashkil etilishi belgilab berilgan. Bu esa o'z navbatida salohiyatli informatika va axborot texnologiyalari fani o'qituvchilarini yetkazib berish zaruratini keltirib chiqaradi.

Bo'lajak Informatika o'qituvchilarini tayyorlashda hozirda turli metodlar, texnologiyalardan foydalanib kelinmoqda. Shular qatorida blended learning (aralash ta'lim) texnologiyasini alohida ta'kidlab o'tish joiz.

Blended learning texnologiyasi bo'yicha bir qator olimlar tadqiqot olib borganlar. Simon Krisztianning fikriga ko'ra, blended learning yuzma-yuz, onlayn va mobil muhitlarning uchrashish nuqtasidir. Kengaytirilgan ta'lim texnologiyasini kompyuter yordamida, yuzma-yuz va mobil ta'lim kesishmasida topish mumkin [3].

L.Babaxodjayeveaning fikriga ko'ra, aralash ta'lim – o'quv jarayoni samaradorligini oshirishning muhim omili: masofaviy o'qitish (Distance Learning), auditoriyada o'qitish (Face ToFace Learning) va Internet orqali o'qish ((Online Learning)ni axborot va ta'lim texnologiyalari asosida qat'iy dasturlash, vaqt, mazmundan foydalanishdagi cheklovlarsiz notekis ta'lim modelini qo'llash hisoblanadi [2].

E.V.Kostina blended learningni qat'iy rasmiy o'qitish vositalari (auditoriyadagi ish) bilan norasmiy (internet konferensiyalari va elektron ta'lim orqali o'quv materialini muhokama qilish) kombinatsiyasi va aralash ta'lim o'quv materialini taqdim etishning turli usullarini (kunduzgi, elektron va mustaqil) birlashtirishdan iborat deb hisoblaydi [4].

Alijani, Kwun, va Yu Nyu-Orlean, Luiziana shahridagi KIPP (Bilim - bu quvvat dasturi) doirasida aralash ta'lim modellaridan foydalanishning kognitiv jarayonlari, tegishli omillari va afzalliklarini o'rganib chiqdi. Ular to'qqizta maktabda 186 nafar o'qituvchi o'rtasida so'rov o'tkazdi va respondentlarning 48 foizi aralash ta'lim an'anaviy yuzma-yuz o'qitishdan ko'ra samaraliroq ekanligiga

ishonishlarini ko'rsatdi. Bundan tashqari, ular respondentlarning 94 foizi aralash ta'lim maktabning akademik muvaffaqiyatini oshirishiga ishonishlarini aniqladilar. Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, aralash ta'lim modeliga o'tish o'quvchilarga individual sur'atlarda o'rganish imkonini beradi va o'qituvchilarga, kerak bo'lganda individual e'tiborni kuchaytirishga imkon beradi [4].

Blended learning texnologiyasining bir qator afzalliklari mavjud bo'lib, ular quyidagilardan iborat:

- Talaba ham asinxron, ham real vaqt rejimida o'qishi mumkin.
- Talaba o'quv dasturini o'qituvchi rahbarligidagi mashg'ulotlar, taqdimotlar, og'zaki imtihonlar va boshqalarni talab qiladigan fanlarni qamrab olish uchun kengaytirishi mumkin.
- O'qituvchilar real vaqt rejimida, jumladan, og'zaki imtihonlarda talabalarning ish faoliyatini baholashlari mumkin.
- O'qituvchi LMS (learning management system- ta'limni boshqaruv tizimi) orqali muntazam onlayn trening va vebinar mashg'ulotlarini rejalashtirishi, targ'ib qilishi va boshqarishi mumkin.

Bugungi kunda respublikamiz oliy ta'lim muassasalarida HEMIS tizimidan foydalanilayotgani va bu tizimda fan resurslari fan o'qituvchilari tomonidan joylashtirilishi hamda talabalar istalgan vaqtda va istalgan joyda ushbu resurslardan foydalanishlari ham blended learning texnologiyasining samarasini ko'rsatib beradi. Ayniqsa, sirtqi ta'lim shaklida ta'lim olayotgan talabalar uchun bu qo'shimcha qulaylik tug'diradi: ular mashg'ulotlar boshlanadigan davrga qadar fan resurslaridan foydalanib, mustaqil ta'lim topshiriqlarini bajarishlari, nazariy bilimlarni o'zlashtirishlari mumkin va mashg'ulotlar davomida mavzularni o'zlashtirishda qiyinchiliklar sezilarli darajada kamayadi.

Blended learning texnologiyasi bugungi kun uchun zarur bo'lgan elementlarni o'z ichiga qamrab olganligi sababli bu texnologiya yordamida dars olib borish o'quvchi yoki talabani har tomonlama rivojlantiradi. Mustaqil ishlash ko'nikmasini shakllantirish bilan bir qatorda axborot texnologiyalaridan

foydalanish, o'z ustida ishlashlari uchun ham turtki bo'ladi. Qachonki yoshlarni mustaqil ishlashga o'rgata olsak, ularda fikrni erkin bayon qilish ko'nikmasi shakllanadi, shundagina kutilgan natijalarga erishishimiz mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Alijani, G. S., Kwun, O., K., & Yu, Y. (2014). Effectiveness of blended learning in KIPP New Orleans' schools. *Academy of Educational Leadership Journal*, 18(2), 125- 141.
2. Babaxodjaeva L.G. Talabalarning pedagogik kompetentligini rivojlantirish jarayonida aralash ta'lim modelini joriy etishning nazariy va amaliy asoslari: pedagogika fanlari doktori dis.avtoreferat. - Chirchiq: -2021. – 70 b.
3. Simon Krisztián “Blending Is Trending: Applying Blended Learning to Meet EFL Students’ Language Needs in Listening and Speaking Skills Development”, doctoral dissertation, 2016
4. Костина Е.В. Модель смешанного обучения (Blended Learning) и ее использование в преподавании иностранных языков. *Известия вузов.* -2010. Вып. 1 (2). 141–144 с.

EKSPERT TIZIMI BILIMLAR BAZASINI YARATISHDA MA'LUMOTLARGA ISHLOV BERISHNING BA'ZI USULLARI HAQIDA

Shermatov Jahongir Erkul o`g`li., Qodirov Asliddin Asomiddin o`g`li.,

Shukurov Erkin Sodiq o`g`li

jaxongirshermatov94@gmail.com

Hozirgi vaqtda zamonaviy mutaxassisni qollab quvvatlash maqsadida qaror qabul qilishning intellektual axborot tizimlari bilan ta'minlash darajasini oshirishga qaratilgan ko'plab turli xil tizimlar ishlab chiqilgan. Bular yashirin qonunyalarni ochib beruvchi ma'lumotlarni intellektual qidirish tizimlari; kompyuter simulyatsiya tizimlari; muayyan fan sohalarida (MFS) mutaxassislarning bilimlari va qaror qabul qilish tajribasiga asoslangan ekspert tizimlari va taklif qilingan to'plamdan eng yaxshi yechimni tanlashga yordam beradigan boshqa tizimlar [1,2, 3, 4, 7].

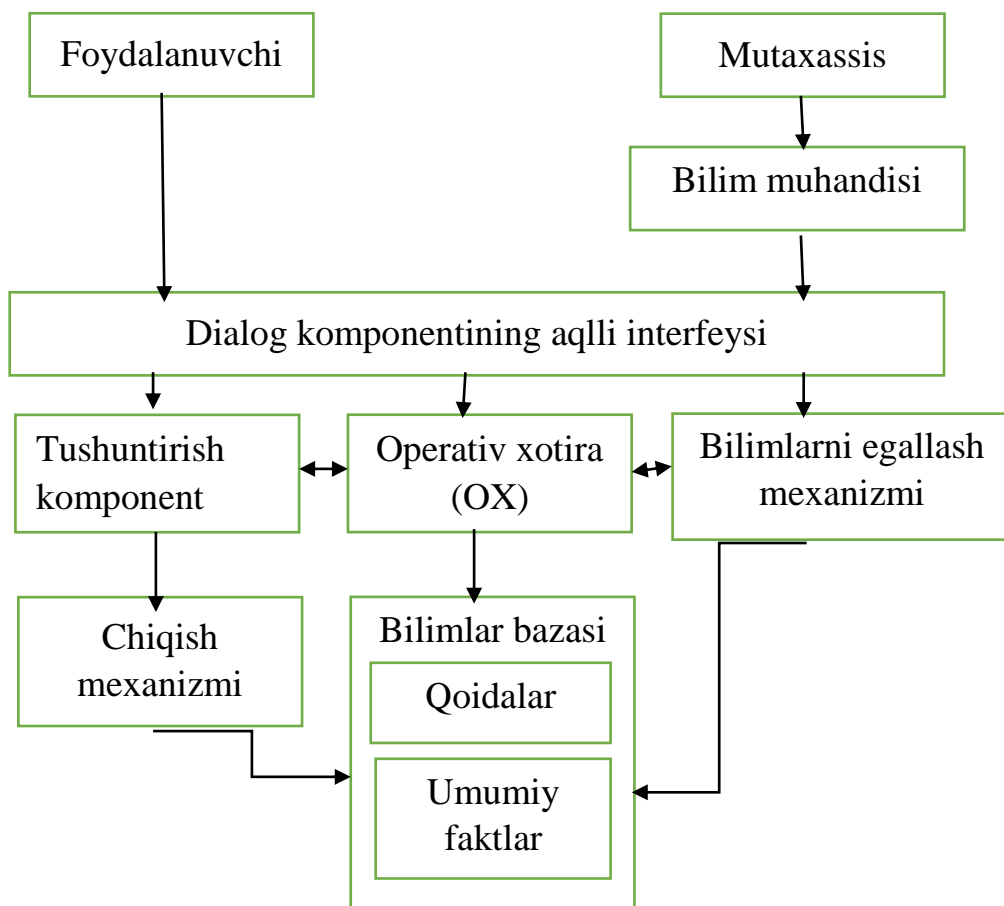
Tahlil va qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash uchun qiyin bo'lgan iqtisodiy, biologik, tibbiy va boshqa muayyan fan sohalariga xos sust shakllangan ma'lumotlarni ham miqdor, ham sifat jihatidan interpretatsiya, diagnostika va prognozlashni taqdim etish mumkin.

Bundan tashqari, axborotni tahlil qilish va yechimlarni ishlab chiqishdan oldin modelni formallashtirish (asosiy omillarni, ular o'rtasidagi munosabatlarni va ba'zi omillarning boshqalarga ta'sirining kuchini aniqlash) amalga oshirilishi kerak. Sust shakllangan bilim sohalarida bu jarayon mutaxassislar bilan yaqin aloqada bo'lishi kerak va murakkab MFS uchun bunday ishlar kompyuter qo'llab-quvvatlashni amalga oshirilishi kerak.

Ekspert tizimlarining to'liq va izchil bilimlar bazasini yaratish uchun samarali vositalarning yetishmasligi va ushbu muammoli sohada ushbu muammoni hal qiladigan metodologiyani ishlab chiqish zarurati o'rtasida qarama-qarshilik mavjud. Ushbu muammolarni hal qilish ushbu tadqiqot muammosini belgilaydi, bu murakkab ekspert tizimlarida to'liq va izchil bilimlar bazalarini loyihalashni ta'minlaydi va olingan bilimning sifatini oshiradigan ma'lumotni qayta ishlash metodologiyasini ishlab chiqadi.

Tibbiy va biologik ma'lumotlarni qayta ishlash, tahlil qilish va tuzish uchun turli xil axborot texnologiyalari qo'llaniladi, bu to'plangan bilimni tizimlashtirish va zamonaviy mutaxassis tomonidan formallashtirilgan holda qaror qabul qilishda kompyuter tomonidan qo'llab-quvvatlash uchun mo'ljallangan.

So'ngi paytlarda turli tibbiy va biologik muammolarni hal qilishda intellektual axborot tizimlaridan foydalanishning ahamiyati ortib bormoqda. Bunday intellektual axborot tizimlarini ishlab chiqish va amaliyotga tatbiq etish deyarli ko'plab bilim sohalarini rivojlantirishning asosiy omiliga aylanib bormoqda va hozirgi vaqtda dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi [1, 3, 5, 7].



1-rasm. Ekspert tizimlari arxitekturası

Intellektual tizimlar tomonidan qabul qilingan qarorlarning samaradorligi sezilarli darajada bilimning sifati va miqdoriga, o'rganilayotgan fan sohasi mutaxassislarining bilimlarini kompyuter xotirasida tayyorlash va moslashtirishga bog'liq. Shu sababli, bilimlarni olish, taqdim etish va rasmiylashtirish usullarini ishlab chiqish, sun'iy intellekt tizimlarini rivojlantirish uchun mavzu sohasi masalasi hali ham dolzarb bo'lib qolmoqda.

Amalga oshirish bosqichida konstruktiv mantiqning algebraik modeli va/yoki neyron tarmog'i yordamida olingan natijalar "Agar <shart> keyin IO=<qiymat> bilan <harakat>" ko'rinishidagi qoidalarga aylantiriladi, bunda ishonchdir. omil. Konstruktiv mantiqning algebraik modeli va /yoki neyron tarmoqdan olingan xulosalarni o'zgartirish qo'llaniladigan algoritmlarning xususiyatlariga va ularning natijalarini taqdim etish shakliga, shuningdek, rasmiylashtirish bosqichida belgilangan tamoyillarga muvofiq amalga oshiriladi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Абдикеев Н.М. Проектирование интеллектуальных систем в экономике: Учебник / Под ред. Н.П. Тихомирова. — М.: Издательство «Экзамен», 2004. — 528с.
2. Арсеньев Ю.Н., Шелобаев С.И., Давыдова Т.Ю. Принятие решений. Интегрированные интеллектуальные системы: Учеб. пособие для вузов. — М.: ЮКИТИ-ДАНА, 2003, - 270 с.
3. Джарратано Джозеф, Райли Гари Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-ое издание.: Пер. с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. — 1152 с.: ил. — Парал. тит. Англ.
4. Интеллектуальные системы общего назначения: АА. Красилов Информатика в семи томах. Том 7. Интеллектуальные системы (Системы решения 11p06J1eM).<http://www.intellsyst.ru/>
5. Искусственный интеллект: В 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы: Справочник / Под ред. ЭВ. Попова. — М.: Радио и связь, 1990. — 464 с.:
6. Степанова М.Д., Самодумкин СА. Прикладные интеллектуальные системы в области медицины: Учебно-методическое пособие.— Мн.: БГУИР 2000. -38 с.
7. Выявление экспертных знаний (процедуры и реализации)/ О.И. Ларичев, А.И. Мечетов, ЕМ. Мошкович, ЕМ. Фуремс. -- М.: Наука, 1989. — 128 с.

TIBBIY MA'LUMOTLARNI SONLI BO'LMAGAN OB'EKTLAR STATISTIKASI TUZILMASIDA TASODIFIY TO'PLAMLARNING O'RNI

Shukurov Erkin Sodiq o'g'li magistr., Qodirov Asliddin Asomiddin o'g'li.,

Shermatov Jahongir Erkul o'g'li., Raxmonov Shaxzod

erkinjonshukurov1997@gmail.com

Hozirgi vaqtda ma'lumotlarni tahlil qilish usullaridan foydalanmasdan bir qator tibbiy muammolarni samarali hal qilish mumkin emas. Tibbiy natijalar tajriba, kasallik tarixini retrospektiv tahlil qilish, reanimatsiya bo'limidagi bemorlarning

holati to'g'risidagi ma'lumotlar va boshqalar ma'lumotlar to'plami shaklida taqdim etiladi, ularni qayta ishlash va tahlil qilish o'rganilayotgan ob'ekt haqida yangi ma'lumotlar, yangi bilimlarni olish imkonini beradi. Bugungi kunda yurtimizda ham, xorijda ham tibbiyot sohasida deyarli barcha jiddiy tibbiy tadqiqotlar ma'lumotlarni tahlil qilish uchun eng oddiy texnologiyalardan foydalanib olib boriladi. Bundan tashqari, ular katta ma'lumot massivlarida tadqiqotchi uchun zarur bo'lgan qoidalarni izlashni ancha osonlashtiradi.

Haqiqiy ma'lumotlar qat'iy matematik usullarni qo'llashni qiyinlashtiradigan xususiyatlarga ega. Ba'zi xususiyatlarning tabiati va boshqalarga bog'liqlik darajasi, o'lchov shkalalarining ko'pxilliligi, shovqin va bo'shliqlar mavjudligi haqida ma'lumot yo'qligida ma'lumotlar jadvallari ko'pincha yuqori o'lchamli bo'shliqlarda kichik namunalar bilan ifodalangan. Bunday sharoitda ma'lumotlarni tahlil qilish muammolarini hal qilish usullari, albatta, to'g'ri matematik protseduralarga va sof evristik usullarga asoslanadi [1].

Amaliy statistikada, turiga ko'ra qo'llaniladigan statistik ma'lumotlar quyidagi yo'nalishlarga bo'lish qabul qilingan [2]:

- tasodifiy o'zgaruvchilar statistikasi (bir o'lchovli statistika);
- ko'p o'lchovli statistik tahlil;
- vaqt qatorlari va tasodifiy jarayonlar statistikasi;
- sonli bo'lmagan xarakterdagi ob'ektlar statistikasi.

Sonli bo'lmagan ob'ektlar kuzatishlar natijalari uchun quyidagi statistikaning klassik muammolari ko'rib chiqiladi [3]: ma'lumotlar tavsifi (shu jumladan tasnifi), parametrlarni baholash (xarakteristikalar, zichlik) taqsimot, regressiyaga bog'liqlik va boshqalar.

Sonli bo'lmagan ob'ektlar statistikasi doirasida quyidagi bo'limlar ajralib turadi [2]:

- Sonli bo'lmagan xarakterdagi ob'ektlarning o'ziga xos turlari statistikasi;
- Umumiy (ixtiyoriy) xarakterdagi fazolardagi statistika;
- Amaliy statistikaning klassik yo'nalishlarida sonli bo'lmagan xarakterga ega bo'lgan ob'ektlar statistikasi g'oyalari, yondashuvlari va natijalarini qo'llash.

Ko'rib chiqilgan yo'nalishning birligi, birinchi navbatda, ikkinchisi tomonidan beriladi, elementlari u yoki bu o'ziga xos xususiyatga ega bo'lgan namunani ko'rib chiqishda ma'lumotlarni tavsiflash, baholash, gipotezalarni tekshirishning statistik muammolariga yagona nuqtai nazardan yondashish imkonini beradigan aniq komponenti hisoblanadi. Birinchi component tarkibida quyidagilar mavjud [4]:

1. o'lchov nazariyasi; 2. binar munosabatlar statistikasi; 3. tasodifiy to'plamlar nazariyasi; 4. Bernulli vektorlari nazariyasi; 5. noravshan to'plamlar nazariyasi; 6. ko'p o'lchovli masshtablash; 7. ko'rsatkichlarning aksiomatik kiritilishi.

Bu tasodifiy chekli to'plamlar nazariyasi va sonli bo'lmagan ob'ektlar statistikasiga umumiy yondashuvlarga asoslangan usullar, algoritmlar va dasturiy ta'minotni ishlab chiqish va dixotomik ma'lumotlarni tahlil qilish muammolarini hal qilish uchun mo'ljallangan tibbiy tadqiqotlarda keng qo'llaniladi.

Ob'ektlar (kuzatishlar) sonli vektorlar bilan emas, balki $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ cheklangan mavhum tartibsiz to'plamning kichik to'plamlari bilan xarakterlanadi. X to'plam elementlarini sonli tavsiflash butunlay ixtiyoriydir; elementlar boshqa har qanday tarzda sonlilashtirishi yoki hatto turli harflar bilan yozilishi mumkin. Axborotning mumkin bo'lgan kombinatsiyalari belgilar X ning kichik to'plamidir, ya'ni 2^x panjara - 2^x ning barcha kichik to'plamlari to'plami. Bu cheklangan, uzluksiz va chiziqli bo'lmagan qisman tartiblangan to'plamdir; X to'plamining barcha kichik to'plamlarini chiziqli ko'p o'lchovli fazoga yuklab bo'lmaydi.

Ta'rif. *Tasodifiy chekli mavhum (tasodifiy chekli, tasodifiy) to'plam o'lchovni tasvirlash* deyiladi:

$$K : (\Omega, F, P) \rightarrow (2^X, 2^{2^X}).$$

Bu yerda $X = \{x_1, \dots, x_p\}$ - chekli to'plam, (Ω, F, P) - ehtimollar fazosi, 2^X - X to'plamning kichik to'plamlar tizimi, 2^{2^X} - X to'plamning kichik to'plamlar tizimining kichik to'plamlar tizimi.

MKTT (maksimal kichik to'plamlar tizimlari) algoritmi asosida tuzulgan dastur, quyidagi dixotomik ma'lumotlarni tahlil qilish vazifalarini hal qilishga mo'ljallangan:

- tasodifiy to'planning kichik to'plamlarini maksimal kichik to'plamlar tizimlari usulidan foydalangan holda probabilistik psevdometriyaga asoslangan o'qituvchini ko'rsatmasdan tasniflash;
- to'plam-regressiyani qurish va tasodifiy o'zgaruvchining regressiyasini qurishtasodifiy to'plam bo'yicha o'rinlarni egallaydi;
- tasodifiy taqsimotning parametrik bo'lmagan bahosi asosida o'qituvchi ko'rsatgan tasodifiy to'planning kichik to'plamlarini tasniflashto'plamlar;
- dixotomiya namunadagi etishmayotgan qiymatlarni to'ldirishyaqinlikni baholash orqali to'siq-regressiyaga asoslangan;
- to'plam vositalarini topish va tasodifiy tanlama taqsimotito'plamlar.

Statistik dasturiy mahsulotlarni (SDM) yaratishning modul printsipligiga muvofiq dastur quyidagi vazifalarga mos keladigan modullarni o'z ichiga oladi:

1. tasniflash; 2. regressiya tahlili; 3. diskriminant tahlili; 4. ruxsatnomalarni yangilash; 5. tavsiflovchi statistika.

Ushbu modullarning har biri asosiy dastur nazorati ostida ishlaydi. U modullar o'rtasidagi o'zaro aloqani tashkil qiladi, foydalanuvchi dastlabki namunaviy ma'lumotlarni import va eksport qilish, hisoblash natijalarini chiqarish va saqlash, istisno vaziyatlarni hal qilish va dialog jarayonlarini boshqaradi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. - Новосибирск: Изд-во Инта математики, 1999. - 270 с.
2. Орлов А. И. Структура статистики объектов нечисловой природы // Заводская лаборатория, 1990. - №3.
3. Орлов А. И. Классификация объектов нечисловой природы на основе непараметрических оценок плотности // Статистические методы оце- нивания и проверки гипотез. Межвузовский сборник научных трудов. Пермь: изд-во Пермского госуниверситета, 1996.
4. Орлов А. И., Рыданова Г. В. О некоторых результатах статистики объектов нечисловой природы // Программно-алгоритмическое обеспечение анализа данных в медико-биологических исследованиях: Материалы I всесо- юз. Шк

EQUATION OF THE DERIVATIVE OF THE FUNCTION TO SOLVE EQUATIONS

Tillabayev Boburjon Shavkatjon o'g'li., Xodjamberdiyeva Zarina Rustam qizi

Fergana politechnical institute

Email: boburtillabayev@gmail.com

Let us be given a non-standard equation in the form of some kind of $f(x)=0$ in section $[a,b]$. Let it be required to find the solution of this equation in Section $[a,b]$ (if it exists) ε in accuracy.

First of all, we check whether the function $f(x)$ satisfies the conditions of Baltsano-Cauchy theorem 1 in the section $[a,b]$ or not.

Theorem one of Balsano-Koshi. If the function $f(x)$ is defined on the section $[a,b]$ and is continuous and has different sign value at the extreme points of the interval, then there exists a point $c \in (a,b)$ such that $f(c)=0$.

So, if the function $f(x)$ fulfills the conditions of the theorem, then the section $[a,b]$ contains the solution of the equation $f(x)=0$.

Suppose that the section $[a,b]$ contains the root of the equation $f(x)=0$. That is, let $x \in [a,b]$ exist such that $f(x)=0$ is equal. Also let $x=a+\Delta x$ be. Then the equality $f(a+\Delta x)=0$ holds. If we consider the equation $f(x_0+\Delta x) \approx f(x_0)+f'(x_0) \cdot \Delta x$,

$$f(a+\Delta x) \approx f(a)+f'(a) \cdot \Delta x \approx 0$$

equality, that is, $\Delta x \approx -\frac{f(a)}{f'(a)}$ is formed. From this, if we consider the equality

$$\Delta x = a - x,$$

$$x - a \approx -\frac{f(a)}{f'(a)}, \quad x \approx a - \frac{f(a)}{f'(a)}$$

equalities are formed.

If the equality $\left| -\frac{f(a)}{f'(a)} \right| < \varepsilon$ is fulfilled, the solution of the equation will be

found approximately with accuracy ε .

Suppose that this inequality does not hold, then we denote $a - \frac{f(a)}{f'(a)}$ by x_1

and consider the equation in the interval $[x_1, b]$. Denote the root of the equation as

$x = x_1 + \Delta x$ and calculate $x \approx x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$. If we denote it as x_2 and $|x_2 - x_1| < \varepsilon$

then $x_1 + \Delta x$ is the root. Continuing in this way, after a finite step, the inequality

$|x_n - x_{n-1}| < \varepsilon$ is satisfied and x_n is taken to be an approximate solution of the given equation around ε .

Example 1. Prove that the equation $f(x) = x^3 - 3x - 6$ has a unique solution in the interval $[2;3]$ and find it with precision 0.001.

Solving. $f(x) = x^3 - 3x - 6$ is a function defined on the interval $[2;3]$, continuous and $f(2) = -4 < 0$, $f(3) = 12 > 0$. On the other hand $\forall x \in (2;3)$ for $f'(x) = 3(x^2 - 1) > 0$, that is, the function is increasing. Therefore, the equation $x^3 - 3x - 6 = 0$ has a unique solution in the interval $[2;3]$. Now let's say $x = 2 + \Delta x$ and find Δx such that $f(x) = f(2 + \Delta x) = 0$. For sufficiently small Δx

$$f(2 + \Delta x) = f(2) + \Delta f(2) \approx f(2) + f'(2) \cdot \Delta x.$$

Then we come to the equation $f(2) + f'(2) \cdot \Delta x \approx 0$. By finding $\Delta x \approx -\frac{f(2)}{f'(2)}$

from this, we find the equation $x = 2 + \Delta x \approx 2 - \frac{f(2)}{f'(2)}$ for the solution. Finally,

taking into account that $f(2) = -4$, $f'(2) = (3x^2 - 3)|_{x=2} = 9$, we find

$x \approx x_1 = 2 - \frac{-4}{9} = 2.4$. Using the same reasoning, we find the solution:

$$x_2 = 2.4 - \frac{f(2.4)}{f'(2.4)} = 2.4 - \frac{0.62}{14.28} \approx 2.360, \quad |x_2 - x_1| = 0.40 > 0.001;$$

$$x_3 = 2.360 - \frac{f(2.360)}{f'(2.360)} \approx 2.356, \quad |x_3 - x_2| = 0.004 > 0.001;$$

$$x_4 = 2.356 - \frac{f(2.356)}{f'(2.356)} \approx 2.356, \quad |x_4 - x_3| = 0.000 < 0.001.$$

Therefore, the number 2.356 is the solution of the equation with an accuracy of 0.001.

Used literatures:

1. Фихтенгольц Г. М., Математик анализ асослари. –Тошкент, 1970.
2. Азларов Т., Мансуров Х. Математик анализ. –Тошкент, 1995.

CHIZIQLI TENGLAMALAR SISTEMASINI YECHISH USULLARI.

Ubaydullayev Alisher Nematilloevich

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

E-mail: alisherubaydullayev2022@gmail.com

Har bir fani o'qituvchisi biror tayin mavzuni o'rgatishda yoki masalani yechishda har xil metodik usullarni qo'llaydi. Uning asosiy maqsadi, o'quvchiga nazariy bilimni yetkazish, uni amalda tadbiq qilishni o'rgatishdan iborat. Ayrim hollarda bu ish oson kechmaydi. Bu holda o'qituvchi o'rgatishni induktiv usuldan foydalanishga to'g'ri keladi. Maple muhitida tenglamalarni yechish uchun universal buyruq **solve(t,x)** mavjud, bu yerda **t** – tenglama, **x** – tenglamadagi noma'lum o'zgaruvchi. Bu buyruqning bajarilishi natijasida chiqarish satrida ifoda paydo bo'ladi, bu ana shu tenglamaning yechimi hisoblanadi. **Masalan:** > **solve(a*x+b=c,x);**

$$-\frac{b-c}{a}$$

Agar tenglama bir nechta yechimga ega bo'lsa va undan keyingi hisoblashlarda foydalanish kerak bo'lsa, u holda **solve** buyrug'iga biror-bir nom **name** beriladi.. Tenglamaning qaysi yechimiga murojoat qilish kerak bo'lsa, uning

nomi va kvadrat qavs ichida esa yechim nomeri yoziladi: **name[k]**.

Masalan:

> **x:=solve(x^2-a=0,x);**

$x := \sqrt{a}, -\sqrt{a}$

> **x[1];**

\sqrt{a}

> **x[2];**

$-\sqrt{a}$

Tenglamalar sistemasini yechish. Tenglamalar sistemasi ham xuddi shunday **solve({t1,t2,...},{x1,x2,...})** buyrug'i yordami bilan yechiladi, faqat endi buyruq parametri sifatida birinchi figurali qavsda bir- biri bilan vergul bilan ajratilgan tenglamalar, ikkinchi figurali qavsda esa noma'lum o'zgaruvchilar ketma-ketligi yoziladi.

Agar bizga keyingi hisoblashlarda tenglamalar sistemasining yechimidan foydalanish yoki ular ustida ba'zi arifmetik amallarni bajarish zarur bo'lsa, u holda **solve** buyrug'iga biror bir **name** nomini berish kerak bo'ladi. Keyin esa ta'minlash buyrug'i **assign(name)** bajariladi. Shundan keyin yechimlar ustida arifmetik amallarni bajarish mumkin. **Masalan:**

> **s:=solve({a*x-y=1,5*x+a*y=1},{x,y});**

$$s := \left\{ y = \frac{a-5}{a^2+5}, x = \frac{1+a}{a^2+5} \right\}$$

> **assign(s); simplify(x-y);**

$$6 \frac{1}{a^2+5}$$

Tenglamalarning sonli yechimini topish. Agar transsentdent tenglamalar analitik yechimga ega bo'lmasa, u holda tenglamaning sonli yechimini topish uchun maxsus buyruq **fsolve(eq,x)** dan foydalaniladi, bu yerda ham parametrlar **solve** buyrug'i kabi ko'rinishda bo'ladi. **Masalan:**

> **x:=fsolve(cos(x)=x,x);**

$x := .7390851332$

Trigonometrik tenglamalarni yechish. Trigonometrik tenglamani echish uchun qo'llanilgan **solve** buyrug'i faqat bosh yechimlarni, ya'ni $[0, 2]$ intervaldagi yechimlarni beradi. Barcha yechimlarni olish uchun oldindan **EnvAllSolutions:=true** qo'shimcha buyruqlarni kiritish kerak bo'ladi. **Masalan:**

> **_EnvAllSolutions:=true:**
 > **solve(sin(x)=cos(x),x);**

$$\frac{1}{4}\pi + \pi _Z1 \sim$$

Maple muhitida $_Z1$ belgi butun turdagi o'zgarmasni anglatadi, shuning uchun ushbu tenglama yechimining odatdagi ko'rinishi $x := \pi/4 + \pi n$ bo'ladi, bu yerda n – butun son.

Transsendent tenglamalarni yechish. Transsendent tenglamalarni yechishda yechimni oshkor ko'rinishda olish uchun **solve** buyrug'idan oldin qo'shimcha **_EnvExplicit:=true** buyrug'ini kiritish kerak bo'ladi.

Murakkab transsendent tenglamalar sistemasini yechish va uni soddalashtirishga misol qaraymiz:

> **t:={ 7*3^x-3*2^(z+y-x)=15, 2*3^(x+1)+3*2^(z+y-x)=66, ln(x+y+z) - 3*ln(x)-ln(y*z)=-ln(4) }:**
 > **_EnvExplicit:=true:**
 > **s:=solve(t,{x,y,z}):**
 > **simplify(s[1]);simplify(s[2]);**

$$\{x = 2, y = 3, z = 1\}, \{x = 2, y = 1, z = 3\}$$

Yuqorida keltirilgan fikrlar asosida quyidagi misollarni qaraymiz.

1. Tenglamalar sistemasining $\begin{cases} x^2 - y^2 = 1 \\ x^2 - xy = 2 \end{cases}$ barcha yechimlarini toping
 Buyruqlar satrida tering:

> **t:={x^2-y^2=1,x^2+x*y=2};**
 > **_EnvExplicit:=true:**
 > **s:=solve(eq,{x,y});**

$$s := \{x = \frac{2}{3}\sqrt{3}, y = \frac{1}{3}\sqrt{3}\}, \{x = -\frac{2}{3}\sqrt{3}, y = -\frac{1}{3}\sqrt{3}\}$$

Xulosa o'rnida ushbu tezisda keltirilgan mulohazalar akademik litsey, va oliy ta'lim muassasalarida mashg'ulotlarda foydalanishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bundan tashqari, amaliyotda muhim tadbirlarga ega bo'lgan tenglamalar sistemasi namuna sifatida keltirib o'tilganligi shu o'rinda talabalarning kasbiy kompetentligini raqamli texnologiyalar asosida rivojlantirish ta'limning sifati hamda samaradorligini oshiradi o'quvchini shu kabi mavzularni mustaqil o'rganishiga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Манова.А.Н. Математика. Экспресс-репетитор для подготовки к ЕГЭ: Учебное пособие А.Н.Манова.-Ростов.Н.Д: Феникс, 2012.-54/с.
2. Алимов Ш.А., Холмухамедов О.Р., Мирзаахмедов М. Алгебра. Умумий ўрта таълим мактаблари 7-9-синфлари учун дарслик.–Т.: «Ўқитувчи», 2014 й.
3. Дыбов П.Т., Забоев А.И. и др. Сборник задач по математике для поступающих в вузы. Под ред. А. И. Прилепко.-2-е изд.-М.: Высш. Шк., 1989. -271стр.
4. Вавилов В.В. и др. Задачи по математике. Алгебра. –М.: Наука-Гл. ред. Физ-мат. лит., 1987. с 432
5. Jo'rayeva N.O., Namrayeva F.X. Bir noma'lumli birinchi darajali tenglamalarni yechish. ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ. №26 (том 6). -620 стр
6. Xodjiyev S, A.Ubaydulloyev Jurayeva N.O. Funksiya grafigi yordamida uning xossalari o'rganish bo'yicha ayrim metodik tavsiyalar ERUS Scientific Journal №4 2022/4, -106-116 bet <http://erus.uz/index.php/er/article/view/16>
7. Ubaydullayev A.N. Methodology for Developing Professional Competence of Students Using Digital Technologies in Practical Training. Journal of Survey in Fisheries Sciences (SFS) 10(2S) 1355-1362, ISSN: 2368-7487, 2023. url: <https://sifisherinessciences.com/journal/index.php/journal/article/view/870>

FIZIKA TA'LIMIDA MUHANDISLIK DASTURLARIDAN FOYDALANISH MASALALARI HAQIDA

Xoliqov Qurbonboy To'ychiyevich., Duvlayev Kamil Abdurashidovich., Norqulova

Matluba Mamatmurod qizi

O'zbekiston- Finlandiya pedagogika instituti

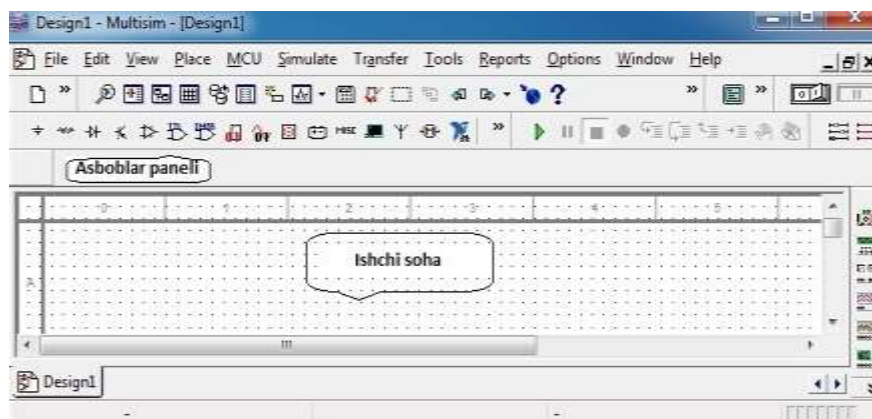
xoliqov1978@mail.ru, dkomil69kofe@mail.ru,

Jamiyatning shiddat bilan rivojlanish o'quvchilarda fizik eksperimentlar va laboratoriya mashg'ulotlari sifatini yaxshilash orqali fizik qonunlarni kundalik hayotda qo'llash ko'nikmalarini shakllantirishni talab etmoqda. Ayiniqsa ta'limga informatsion-axborot texnologiyalarining keng ko'lamda joriy etilishi boshlanishi fizikani o'qitishda raqamli texnologiyalarga asoslangan virtual usullarini ishlab chiqish va izchillik bilan joriy etishni talab qilmoqda.

O'tkazilgan tadqiqot ishlari shuni ko'rsatadiki Respublikamiz maktablarida virtual laboratoriya ishlariga ehtiyoj juda yuqori. Bu ehtiyoj dunyo miqiyosida sinovdan o'tgan, samarali dasturlar hisobidan qondirilishi mumkin [1].

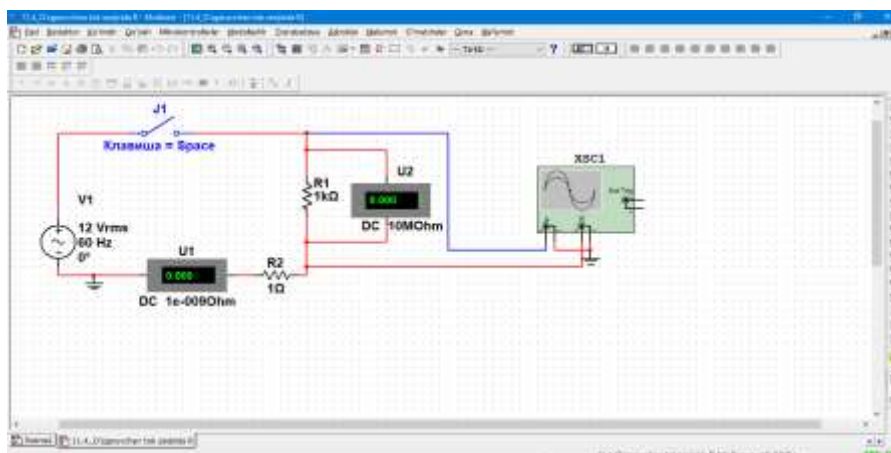
Shunday NI Multisim dasturi elektron sxemalarni simulyatsiya qilish va bosma elektron platalarni joylashtirishga imkon beradigan mashhur dasturiy to'plam hisoblanadi. NI Multisimning asosiy xususiyati bu oddiy vizual interfeys, simulyatsiya natijalarini grafik tahlil qilish uchun kuchli vositalar, haqiqiy analoglarni nusxa ko'chiradigan virtual o'lchash vositalarining mavjudligi. Elementlar kutubxonasi 2000 dan ortiq National Semiconductor, Analog Devices, Phillips, NXP kabi mashhur ishlab chiqaruvchi kompaniyalarining SPICE- modellari komponentlari mavjud. Convergence Assistant jihozi simulyatsiya xatolarini tuzatish uchun avtomatik ravishda SPICE parametrlarini to'g'rilaydi. Dastur interaktiv tarkibiy qismlarga qo'shimcha ravishda NI myDAQ apparat platformalari (nazorat-o'lchov uskunalari kutubxonasi) va NI ELVIS (o'quv ustaxonasi uchun virtual vositalar) bilan ishlay oladi, bu esa boshqarish tizimlari, energiya, mexatronika va energetikaning butun virtual laboratoriyalarini yaratishga imkon beradi [2].

O‘tkazilgan tadqiqot natijalariga asoslangan holda fizikaning “Elektr va magnetiza” va “Elektromagnit tebranishlar” bo‘limiga doir virtual laboratoriya ishlarini tashkil qilishda NI Multisim dasturidan foydalanishni samarali vosita sifatida taklif qilamiz. Multisim dasturi interfeysi menyu, asboblar paneli va ishchi sohadan iborat (1-rasm).




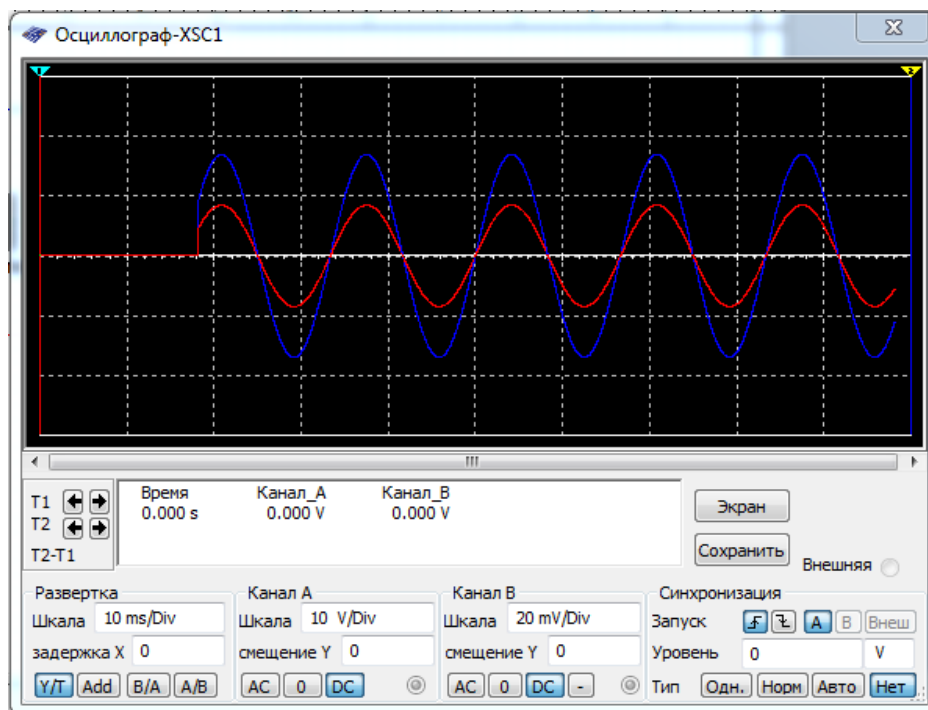
1-rasm. Electronics Workbench Multisim kompleksining interfeysi.

«Multisim» dasturini ishga tushirib, elementlar panelida o‘zgaruvchan tok manbasi, kalit, aktiv qarshilik (rezistor), ampermetr, voltmetr, ostsillografni toping va ularni ish maydoniga joylashtiramiz.



2-rasm. Tajriba uchun tayyorlangan sxema.

O‘zgaruvchan tok manbasi kuchlanishini 12V qilib o‘rnatib,  tugmacha yordamida simulyatsiya jarayonini ishga tushiramiz va kalitni ulaymiz. Ostsillograf ko‘rsatishlarini kuzatamiz (ko‘k rangdagi shakl kuchlanishni, qizil rangdagi shakl tok kuchini ifodalaydi).



Dars jarayonida bunday dastrulardan foydalanib mashg'ulotlarni tashkil etish jarayonida o'quvchilar berilgan laboratoriya ishlarini bajarish, hamda ularni yaxshi tushinish va chuqur o'zlashtirish imkoniyatlariga ega bo'ladilar.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Q.Xoliqov, .Alinazarova, Fizika o'qituvchilari malaka oshirish kurslarida laboratoriya mashg'ulotlarini otkazish muammolari va yechimlari haqida, «Xalq ta'limi xodimlarini uzluksiz kasbiy rivojlantirishning dolzarb masalalari» Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari, Toshkent, 2021-yil 28-may, 246-248 betlar
2. M. M. Xasanov. Multisim dasturi muhitida radiotexnik zanjirlar va signallarni modellashtirish: O'quv-uslubiy qo'llanma. Toshkent, ToshDTU, 2014.

TA'LIMNING MOBILASHUV SHAROITIDA TALABALAR MUSTAQIL TA'LIM FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISH

Jo'rayeva N.O, Zayniddinova N.O'

Buxoro davlat universiteti, Buxoro, O'zbekiston

Respublikamizda oliy ta'lim tizimi borasida davlat siyosati mazmuni va talablari ham talabalarining mustaqil ta'lim faoliyatlarini rivojlantirishni taqozo

etadi. Unga ko'ra, zamonaviy O'zbekistanda uzluksiz ta'lim, xususan, oliy ta'lim sohasida yetakchi xorijiy davlatlar bilan integratsiyasini ta'minlash va ta'limning bu bosqichida o'zining sifati, samaradorligi, shaffofligi, amaliy qiymatga egaligini amaliyotda yaqqol namoyon eta olishdan iborat. Bundan ko'zlangan asosiy maqsad esa, xalqaro ta'lim standartlariga muvofiq malakali, raqobatbardosh kadrlarni tayyorlashdan iborat.

Zamonaviy axborot va kommunikatsiya texnologiyalari vositalarini ta'lim jarayoniga kirib kelishi an'anaviy o'qitish usullariga qo'shimcha ravishda yangi o'qitish shakli - masofaviy o'qitish yaratilishiga omil bo'ldi.

Ta'lim olish jarayoning kredit modul tizimiga bosqichma-bosqich o'tishi talabalardan mustaqil o'qib-o'rganish, erkin fikrlash, muayyan qoyalarni ilgari surish, amaliy izlanishlarni olib borish, murakkab vaziyatlarda muammoni to'g'ri baholash va oqilona yechim topish, bu esa bo'lajak kadrlarni kuchli bilimli, o'z sohasining yetuk mutaxassisi sifatida kamol topishiga olib keldi.

Shular bilan bir qatorda oliy ta'limga qarashlarda "teaching" formatidan "learning" formatiga tomon o'zgarishlar sodir bo'lmoqda, ya'ni talabani "o'qitish" emas, balki talaba "o'qishi" kerak degan g'oya ustuvor bo'lmoqda. Bu g'oyaga ko'ra inson butun umri davomida o'qiydi, talaba fanga oid bilim, ko'nikma va malakalarni mustaqil tarzda o'zlashtiradi, o'qituvchining vazifasi esa - talabaning shaxsiy qiziqishlaridan kelib chiqqan holda unga zarur yordamlari berishdan iborat.

Ta'lim tizimining rivojlanishi bilan bog'lik holda so'nggi chorak asr davomida xalqaro ta'lim amaliyotida "mobillik", "mobillashuv", "akademik mobillik", "talabalar mobilligi", "kasbiy mobillik" kabi atamalar faol qo'llanib kelinmoqda. Bizning fikrimizcha, ushbu atamalarning izohi to'g'risida so'z yuritish mobil ta'lim haqida to'laqonli ma'lumot olishga imkon beradi.

"O'zbekistan Milliy Entsiklopediyasi" da keltirilishicha, "mobillik" ("mobilis") tushunchasi lotin tilidan olingan bo'lib, "harakatchan" ma'nosini anglatadi. Elektron manbalarda esa ushbu tushuncha "oldinga qarab harakatlanish qobiliyatiga egalik", ko'proq maosh olish istagida ish unumdorligini oshirish,

shuningdek, o'zining ijtimoiy hamda mulkiy holati tezkorlik bilan o'zgartira olish qobiliyatiga egalik, o'zining mavjud ahvoli, holatini tezkor o'zgartirishga bo'lgan harakatchanlik, qobiliyati ekanligi ko'rsatiladi.

“O'zbek tilining izohli lugati”da “mobillik” tushunchasiga sharhlanmagan bo'lishiga qaramasdan, “mobilizatsiya” (“mobillashuv”) atamasiga quyidagicha izoh berilgan: mobilizatsiya (fr. “mobilisation” , lot. “modilis” -harakatchan, qo'zgaluvchan) -muhim topshiriqni bajarish uchun aholini. sanoatni safarbar qilish. Keltirilgan barcha sharhlar “mobillik” tushunchasi negizida biror-bir faoliyatni amalga oshirishga bo'lgan harakatchanlik, tezkor harakat qilish yotishini anglatadi. Global axborotlashuv. ilm-fan, texnika va texnologiyalarning tezkor rivojlanishi ta'lim mazmuniga ham izchil ravishda o'zgartirishlar kiritishni takozo etmoqda.

Akademik mobillik – ta'lim olish, malaka oshirish. ilmiy va pedagogik faoliyatni takomillashtirish maqsadida tegishli mamlakat va biror-bir xorijiy davlat o'rtasida tashkil etiladigan talabalar, pedagoglar va ilmiy xodimlar almashinuvi sanaladi. U “xalqaro ta'lim dasturlari, shuningdek, tegishli davlat, ta'lim muassasasi yoki ta'lim xizmatlarini ko'rsatuvchi tashkilotlar hamda xorijiy davlatlarning ta'lim muassasalari (xalqaro. shuningdek, xorijiy tashkilotlar, jismoniy shaxslar) tomonidan imzolangan shartnomalarga muvofiq tashkil etiladi”. Odatda akademik mobillik kasbiy rivojlanish dasturlari, hamkor davlatlar yoki oliy ta'lim muassasalari o'rtasidagi akademik hamkorlikka asoslangan dasturlar, xorijiy davlatning oliy ta'lim muassasalaridan birida faoliyat ko'rsatish imkoniyatini ta'minlovchi shartnomalar. o'zi faoliyat olib borayotgan oliy ta'lim muassasasining o'zga mamlakatdagi filialida ishlash mazmunini yorituvchi dastur yoki shartnomalar asosida amalga oshiriladi.

Talabalar mobilligi – ta'lim olish. bakalavr yoki magistr darajasiga ega bo'lish maqsadida talabalarni:

- 1) xorijiy mamlakalarda tuda ta'lim kursini o'tish asosida xorijiy diplomga ega bo'lish:
- 2) akademik mobillik doirasida to'liq ta'lim kursining yarmi hajmidagi yuklanmalarni o'zi taxsil olayotgan va xorijiy oliy ta'lim muassasasida bajarish

asosida bitta yoki ikkita diplomga ega bo'lishlarini ta'minlovchi harakat, shuningdek, o'quv dasturlarining almashinuvi jarayoni.

Ta'limning mobillashuvi o'z navbatida talabalar tomonidan mavjud bilimlarni tezkor o'zlashtirish zaruriyatini ifodalaydi. Ushbu zaruriyat talabalardan bilim olish faoliyatini rivojlantirishga erishishni taqozo etadi. Binobarin, har qanday faoliyatda bo'lgani kabi mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirish negizini ta'lim olishga bo'lgan faolligi oshishiga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Usmonov B.Sh., Habibullayev R.A. Oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini kredit-modul tizimida tashkil etish. Toshkent. 2020 yil.

2. Jo'rayeva N.O. Mobile Softwareanwendungen zur Organisation unabhängiger Bildung. Berlin Studies Transnational Journal of Science and Humanities, Vol.2, Issue 1.5. -661-667 b

3. Jo'rayeva N.O. Fundamentals of Organizing Students' Independent Work Using Mobile Applications. Child Studies in Asia-Pacific Context (CSAC), 2022, 12 (1). P -255-266

VIII SHO‘BA: EHTIMOLLAR NAZARIYASI VA MATEMATIK
STATISTIKA

СЕКЦИЯ №8: ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
СТАТИСТИКА

SECTION No.8: PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL
STATISTICS

DIMENSIONAL CHARACTERISTICS OF INVARIANT MEASURE OF
PIECEWISE LINEAR CIRCLE MAPS WITH TWO BREAK POINTS

¹Aliyev A.F., ²Tirkasheva G.D.

¹V.I.Romanovsky Institute of mathematics AS RUz, Tashkent, Uzbekistan;

²National university of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan;

¹aliyev95.uz@mail.ru, ²gulasaltirkasheva96@mail.ru

In this paper we study pointwise and Hausdorff dimensions of invariant measures for circle diffeomorphisms. The notion of pointwise (or local) dimension was introduced by Young in [1]. It plays an important role in dimension theory of dynamical systems. Let μ be a probability measure on a metric space X . Lower and upper pointwise dimensions at a point x are defined as:

$$d_{\mu}(x) = \liminf_{r \rightarrow 0} \frac{\log \mu(B(x, r))}{\log r} \text{ and } \bar{d}_{\mu}(x) = \limsup_{r \rightarrow 0} \frac{\log \mu(B(x, r))}{\log r},$$

where $B(x, r)$ is a ball of radius r centered at x . If the two limits coincide, then their common value $d_{\mu}(x)$ is called the pointwise dimension of μ at x .

For any set $E \subset X$, we define the d -dimensional Hausdorff content of E a

$$H_r^d(E) := \inf \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} r_i^d : E \subset \bigcup_{i=1}^{\infty} B(x_i, r_i), r_i < r \right\}. \text{ The } d\text{-dimensional Hausdorff measure}$$

of E is given by $H^d(E) := \sup_{r > 0} H_r^d(E)$. First we define the Hausdorff dimension of

the set E as $\dim_H E := \inf \{d : H^d(E) = 0\}$. Next define the Hausdorff dimension of the measure μ :

$$\dim_H \mu := \inf \{ \dim_H E : \mu(E) = 1 \}. \quad (1)$$

The following result by L.S. Young [1] shows how the pointwise dimension of a measure can be used to estimate its Hausdorff dimensions.

Theorem 1. *Let μ be a Borel finite measure on R^m . Then*

(1) *If $\underline{d}_\mu(x) \geq d$ for μ -almost every x then $\dim_H \mu \geq d$.*

(2) *If $\underline{d}_\mu(x) = \bar{d}_\mu(x) = d$ for μ -almost every x then $\dim_H \mu = d$.*

It is well known that if rotation number of circle homeomorphism is rational, it may preserve many measures with different properties, but any ergodic invariant measure is a uniform δ -measure on a periodic orbit. Then Hausdorff dimension of invariant measure equal to zero. Although a circle homeomorphism with irrational rotation number has uniquely ergodic measure. In this case, it is more complicated to calculate Hausdorff measure or to study rigidity properties. So, we need to study different types of irrational rotation numbers.

Some irrational numbers differ how well they can be approximated by rational numbers. For example, the numbers that can be rapidly approximated by rational numbers are called Liouville otherwise they are called Diophantine. It follows from the work of Herman [2] that sufficiently-smooth circle diffeomorphisms with Diophantine rotation numbers are smoothly conjugate to the linear rotation $T_\rho x = x + \rho \pmod{1}$. K.M. Khanin and Ya.G. Sinai in [3] generalised this result for $C^{2+\alpha}$, $\alpha > 0$ smooth circle maps. Hence, the Hausdorff dimension of their unique invariant measure equals to 1. For any $\beta \in [0,1]$, V.Sadovskaya in [4], constructed C^∞ -smooth circle homeomorphisms whose rotation numbers are Liouville and Hausdorff dimensions equal to β . K.Khanin and S.Kocić in [5] studied the Hausdorff dimension of circle maps with a break point. They proved that if rotation number $\rho_T \in S$, then Hausdorff dimension of T -invariant measure $\mu := \mu_T$ equal to zero i.e. $\dim_H \mu = 0$.

The class of piecewise linear circle maps with two breaks first were studied by M.Herman in [2]. A.Aliyev proved in [6] that this statement is also correct for

the case T is piecewise linear circle homeomorphism with irrational rotation number $\rho_T \in S$ and two break points b_1 and b_2 on different orbits which $\mu([b_1, b_2]) \in G$. Where G is a full set w.r.t. Lebesgue measure on $[0, 1]$.

Now we formulate our main theorem.

For each $\beta \in [0, 1]$, there exist G_β such that $G_0 = G$ and $\bigcup_{\beta} G_\beta = [0, 1]$.

Theorem 2. *Let T be piecewise linear circle homeomorphism with irrational rotation number $\rho_T \in S$ and two break points b_1 and b_2 on different orbits which $\mu([b_1, b_2]) \in G_\beta$. Then lower pointwise dimension $\underline{d}_\mu(x)$ of μ_T grater then β , for μ_T -almost every x .*

References

1. L.S. Young. Dimension, Entropy, and Lyapunov Exponents. Ergod. Theory and Dyn. Syst. 2 (1982), 109-124.
2. M. Herman, Sur la conjugaison différentiable des difféomorphismes du cercle á des rotations. Inst. Hautes Etudes Sci. Publ. Math., 49, (1979) 225-234.
3. K.M. Khanin and Ya.G. Sinai, Smoothness of conjugacies of diffeomorphisms of the circle with rotations, Russ. Math. Surveys 44(1), (1989) 69-99.
4. V.Sadovskaya, Dimensional characteristics of invariant measures for circle diffeomorphisms, Ergodic Theory Dynam. Systems 29 (2009), 1979-1992.
5. K.Khanin, S.Kocić, Hausdorff dimension of invariant measure of circle diffeomorphisms with a break point, Ergodic theory and dynamical systems, 2017,39(5), pp.1331-1339.
6. A.Aliyev, Invariant probability measure of circle maps with breaks and Hausdorff dimension, Uzbek Mathematical Journal, 2018, No 4, pp.1-12.

TAQSIMOT FUNKSIYASI UCHUN PRIESTLI – CHAO MODELIDAGI YADROVIY BAHO VA UNING XOSSALARI

S.B. Bozorov

Gulistan davlat universiteti, Guliston, O'zbekiston

suxrobbek_8912@mail.ru

Injeneriya sohalarida texnik uskunalarni beto'xtov ishlash vaqtlarini va tibbiy– biologik tajribalarda individumlarning umr davomiyligini xarakterlovchi Y tasodifiy miqdor kovariata deb ataluvchi biror X kattalikka bog'liq bo'ladi. Masalan, injeneriyada texnik uskunaning beto'xtov ishlash vaqtiga kuchlanish, bosim, temperatura va shu kabi ta'sir omillari, tibbiy–biologik tajribalarda esa dori miqdori individumning umr davomiga ta'sir etadi. Demak, Y tasodifiy miqdorning taqsimoti ta'sir omili qiymati $X = x$ ga bog'liq bo'ladi. Shu sababli, biz uni Y_x orqali belgilab olamiz va uning shartli taqsimot funksiyasi:

$$S t/ x = P Y_x \leq t = P Y \leq t/ X = x, \quad t \geq 0. \quad (1)$$

Tabiiyki, $P Y_x \geq 0 = 1$, ya'ni umr davomiyligi nomanfiy tasodifiy miqdordir. Biz ta'sir omili biror oraliqda, masalan $[0,1]$ kesmada deb, uning mulkdorlari tajribadan tajribaga kamaymaydigan deb hisoblab, kuzatilayotgan tanlanma $Y_{x_i}, x_i, i = 1, \dots, n$ deb, bu yerda $0 = x_0 \leq x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n \leq 1$. Qulaylik uchun, $Y_{x_i} = Y_i$ kabi belgilab olamiz. Demak (1) da $x \in [0,1]$. Ushbu qaralayotgan model ham (1) formula bilan aniqlanuvchi $S t/ x$ shartli taqsimot funksiyasi uchun Priestli–Chao bahosini [1]:

$$\tilde{S}_n^s t/ x = \frac{\delta}{h} \sum_{i=1}^n Y_i w \left(\frac{x - x_i}{h} \right) \quad (2)$$

ko'rib o'tamiz. Bu yerda vazn (yadro) funksiyasi $w u$ uchun quyidagi $a - e$ shartlar o'rinli deb faraz qilinadi. Odatda bu vazn funksiyasi sifatida quydagi shartlarni qanoatlantiruvchi zichlik funksiyasi olinadi [2, 3]:

$$a \quad \text{Barcha } u \text{ lar uchun } w u \geq 0,$$

- b $\int_{-\infty}^{\infty} w u du = 1;$
- c $w u = w -u ;$
- d $\int_{-\infty}^{\infty} u^i w u du = 0, i = \overline{1, s-1}; J_s = \int_{-\infty}^{\infty} u^s w u du \neq 0.$
- e $L_2 = \int_{-\infty}^{\infty} w^2 u du < \infty.$
- f $h n \geq 0, h n \rightarrow 0, n \rightarrow \infty.$

Matematik statistikada $W u$ vazn funksiyasi yadro funksiyasi yoki shunchaki yadro deb ham ataladi. Yadroviy baho qurishda « oyna kengligi » deb ataluvchi musbat va nolga intiluvchi sonlar ketma-ketligi $h = h n, n \geq 1$ tanlanadi. Quyidagi teoremda (2) bahoning siljish kattaligi baholangan va bu bilan uning asimptatik siljimaganligi ko'rsatilgan.

1- teorema. Faraz qilaylik, $\delta = \frac{1}{n}, h n, n \geq 1$ ketma-ketlik uchun f shart va $w u$ yadro uchun $a - e$ shartlar bajarilsin. Agar $s \geq 2$ uchun

$$\frac{\partial^i S t / x}{\partial x^i}, \quad i = 1, \dots, s$$

hosilalar mavjud, uzluksiz va chegaralangan bo'lsa, u holda har bir $t \in R$ uchun

$$M \tilde{S}_h^s t / x = S t / x + O h^s n$$

tenglik o'rinlidir.

Isboti. $n \rightarrow \infty$ uchun

$$\begin{aligned} M \tilde{S}_h^s t / x &= \frac{1}{nh n} \sum_{i=1}^n W \left(\frac{x - x_i}{h n} \right) M Y_i = \\ &= \frac{1}{nh n} \sum_{i=1}^n w \left(\frac{x - x_i}{h n} \right) M [S t / x_i + \varepsilon_i] = \\ &= \frac{1}{nh n} \sum_{i=1}^n S t / x_i w \left(\frac{x - x_i}{h n} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Yetarlicha katta n larda oxirgi o'rta arifmetik qiymatni integralga almashtiramiz va integral ostida $x - y / h = z$ almashtirishni bajarsak,

$$\begin{aligned}
 M\tilde{S}_n^s(x/t) &\approx \int_0^1 S(t/y) \frac{1}{h} w\left(\frac{x-y}{h}\right) dy = \int_{-\frac{1-x}{h}}^{\frac{x}{h}} S(t/x - hz) w(z) dz = \\
 &= S(t/x) \int_{-\frac{1-x}{h}}^{\frac{x}{h}} w(z) dz + \int_{-\frac{1-x}{h}}^{\frac{x}{h}} [S(t/x - hz) - S(t/x)] w(z) dz.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Teorema shartiga asosan, $n \rightarrow \infty$ da

$$\begin{aligned}
 S(t/x - hz) - S(t/x) &= \frac{h^s n}{s!} \cdot \frac{\partial^s S(t/x)}{\partial x^s} \cdot z^s + O(h^s n), \\
 \int_{-\frac{1-x}{h}}^{\frac{x}{h}} w(z) dz &= \int_{-\infty}^{+\infty} w(z) dz - \int_{\frac{x}{h}}^{+\infty} w(z) dz - \int_{-\infty}^{-\frac{1-x}{h}} w(z) dz = 1 + 0 + 0.
 \end{aligned} \tag{5}$$

U holda (4) va (5) larga asosan

$$\begin{aligned}
 M\tilde{S}_n^s(t/x) &= S(t/x) + \frac{h^s n}{s!} \cdot \frac{\partial^s S(t/x)}{\partial x^s} \int_{-\infty}^{\infty} z^s w(z) dz + O(h^s n) = \\
 &= S(t/x) + \frac{h^s n}{s!} \cdot \frac{\partial^s S(t/x)}{\partial x^s} \cdot J_s + O(h^s n) = S(t/x) + O(h^s n),
 \end{aligned}$$

va bu tenglik bilan teorema isbotlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Priestley M.B, Chao M. T. Nonparametric function fitting. Department of Mathematics Technical Report, 1970. N. 21. University of Manchester.
2. Gasser. T, Müller. H.G. Kernel estimation of regression functions. In Smoothing techniques for curve estimation. Lecture Notes in Mathematics. 1979. v. 757.p.23–68. Springer – Verlag, New York.
3. Stone C.J. Consistent nonparametric regression. Ann. Statist 1977.v.5.p.595–620.

**O‘TA SIYRAK MULTINOMIAL MODELLARDA DARAJALI
FARQLANISH STATISTIKASINING KATTA OG‘ISH
EHTIMOLLIKLARI HAQIDA**

A.H. Hamdamov

V.I. Romanovski nomidagi matematika instituti, Toshkent, O‘zbekiston

Iahadhamdamov2396@gmail.com

Bizga tanlanma hajmi $n \geq 2$, guruhlar soni esa $N \geq 2$ va guruhlar ehtimolliklari (p_1, p_2, \dots, p_N) bo‘lgan multinomial modelning chastotalar vektori $(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N)$ berilgan bo‘lsin, bu yerda $p_j > 0$, $p_1 + p_2 + \dots + p_N = 1$. Bizni darajali farqlanish statistikasi (power divergence statistics) sinfi qiziqtiradi, ya’ni

$$R_N(d) = \frac{2}{d(d+1)} \sum_{l=1}^N \eta_l \left((\eta_l / np_l)^d - 1 \right), \quad d > -1.$$

Ushbu darajali farqlanish statistikasi sinfi Cressie va Read[1] tomonidan $d \in (-\infty, +\infty)$ da kiritilgan bo‘lib bunda $d = -1$ va $d = 0$ holatlari uchun mos ravishda $d \rightarrow -1$ va $d \rightarrow 0$ orqali ta’riflangan. $d \leq -1$ holatlari bizning izlanishimizga taalluqli emas.

Darajali farqlanish statistikasi sinfining eng muhim maxsus ko‘rinishlari:

$$R_N(1) := \chi_N^2 = \sum_{m=1}^N (\eta_m - np_m)^2 / np_m, \quad \text{Xi-kvadrat statistikasi,}$$

$$\lim_{d \rightarrow 0} R_N(d) := \Lambda_N = 2 \sum_{m=1}^N \eta_m \ln(\eta_m / np_m), \quad \text{log-o‘xshashlilik nisbati statistikasi.}$$

Cressie va Read [2] va undagi iqtiboslarda keltirilgan bir necha maqolalarda darajali farqlanish statistikasining xususiyatlari, asimptotik taqsimoti va uning maxsus ko‘rinishlarini qo‘llash bo‘yicha tavsiyalar fiksirlangan N holati uchun keltirilgan. Ammo “ N fiksirlangan” sharti amaliyotda uchraydigan bir necha holatlarda bajarilmaydi. Shu sababli N ning n bilan birga o‘sish holatlarini o‘rganish maqsadga muvofiqdir, masalan L’ecuyer, Simard, Wegenkittl[3] qarang. Biz $n \rightarrow \infty$ da $N = N(n) \rightarrow \infty$ va $\max p_m \rightarrow 0$ bo‘lgan holatga e’tiborimizni qaratamiz. Bizning maqsad $n \rightarrow \infty$ da $x_N \rightarrow \infty$ holatda $R_N(d)$ ning

standartlashtirilgan turi bo'lgan $\tilde{R}_N(d)$ uchun $P\{\tilde{R}_N(d) > x_N\}$ ehtimollikning asmtotik xususiyatlarini o'rganishdir. Biz kuzatuvlarning guruhlar bo'yicha o'rtacha qiymati $\lambda_n := n/N \rightarrow 0$ bo'lgan o'ta siyrak multinomial modelni qaraymiz. Bizning natijalarimiz Mirakhmedovning[4] natijalariga qo'shimchadir.

Belgilaylik: $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ o'zaro bog'liqsiz tasodifiy miqdorlar bo'lib $\xi_m: Poi(np_m)$, $\xi: Poi(\lambda_n)$, $\lambda_n = n/N$, $p_{\max} = \max_{1 \leq k \leq N} p_k$, $p_{\min} = \min_{1 \leq k \leq N} p_k$, va $P_{jN}(a) = p_1^{j-a} + \dots + p_N^{j-a}$. Agar $d \neq 0$ bo'lsa

$$ER_N(d): A_N(d) = n^{1-d} P_{1N}(d)(1 + o(1)),$$

$$\begin{aligned} VarR_N(d): \sigma_N^2(d) = n^{1-2d} [P_{1N}(2d) - P_{1N}^2(d)] + \\ + 2n^{2(1-d)} [(2^{2d} - 1)P_{2N}(2d) - 2(2^d - 1)P_{1N}(d)P_{2N}(d)], \quad d > -1, d \neq 0. \end{aligned}$$

Aytaylik $P\{Y = p_m^{-d}\} = p_m$, $m = 1, 2, \dots, N$ bo'lsin. Unda

$P_{1N}(2d) - P_{1N}^2(d) = VarY$ o'rinli. Agar $(p_1, p_2, \dots, p_N) = (N^{-1}, N^{-1}, \dots, N^{-1})$ bo'lsa $P_{1N}(2d) - P_{1N}^2(d) = 0$ bo'ladi. Quyidagilar o'rinli: $nP_{2N}(2d) \leq np_{\max} P_{1N}(2d)$ va $nP_{1N}(d)P_{2N}(d) \leq np_{\max} P_{1N}^2(d)$. Agar $(p_1, p_2, \dots, p_N) \neq (N^{-1}, N^{-1}, \dots, N^{-1})$ bo'lsa, $d \neq 0$ uchun $\sigma_N^2(d) = n^{1-2d} [P_{1N}(2d) - P_{1N}^2(d)](1 + o(1))$ o'rinli bo'ladi.

Endi $R_N(0) = \Lambda_N$ ni qaraylik. Faraz qilaylik $(p_1, \dots, p_N) \neq (N^{-1}, \dots, N^{-1})$ bo'lsin. Agar $P\{Z = -\ln np_m\} = p_m$, $m = 1, 2, \dots, N$ bo'lsa quyidagilar o'rinli bo'ladi:

$$A_N(0) = -2n \sum_{m=1}^N p_m \ln np_m (1 + o(1)) = 2nEZ(1 + o(1)),$$

$$\sigma_N^2(0) = 4n \left[\sum_{m=1}^N p_m \ln^2 np_m - \left(\sum_{m=1}^N p_m \ln np_m \right)^2 \right] (1 + o(1)) = 4nVarZ(1 + o(1)).$$

Endi $(p_1, \dots, p_N) = (N^{-1}, \dots, N^{-1})$ bo'lsin, u holda R_N^d ning o'rniga biz standartlashtirilgan holatdagi $\bar{R}_N^d = \eta_1^{1+d} + \dots + \eta_N^{1+d}$, $d > -1, d \neq 0$ va $\bar{R}_N^0 = 2\eta_1 \ln \eta_1 + \dots + 2\eta_N \ln \eta_N$ larni qaraymiz. Bular uchun $d \neq 0$ bo'lsa,

$$A_N(d) = n, \quad \tilde{\sigma}_N^2(d) = n, \quad \sigma_N^2(d) = 2(2^d - 1)^2 n\lambda_n, \quad A_N(0) = 2 \ln 2n\lambda_n, \\ \sigma_N^2(0) = 8 \ln^2 2n\lambda_n \text{ o'rinli.}$$

1-teorema. Agar $(p_1, p_2, \dots, p_N) \neq (N^{-1}, N^{-1}, \dots, N^{-1})$ va $\lambda_n \rightarrow 0, n\lambda_n \rightarrow \infty,$
 $Np_{\max} \leq C$ shartlar bajarilsa, u holda $x_N \geq 0, x_N = o(\bar{W}_N(d))$ lar uchun

$$P\{R_N^d > x_N \sigma_N(d) + A_N(d)\} = (1 - \Phi(x_N)) \left(1 + O\left(\frac{x_N + 1}{\bar{W}_N(d)}\right)\right)$$

o'rindir. Bu yerda $\bar{W}_N(d) = \min\left(n^{1/4}, (W_N(d))^{1/(1+2d^*)}\right), d^* = \max(0, d)$ va agar $d \neq 0$

bo'lsa, $W_N(d) = \sqrt{n} p_{\min}^d (\text{Var}Y)^{3/2} / EY^2$ va $W_N(0) = \sqrt{n} (\text{Var}Z)^{3/2} / |\ln np_{\min}| EZ^2$.

2-teorema. Agar $\lambda_n \rightarrow 0, n\lambda_n^3 \rightarrow \infty, p_1 = p_2 = \dots = p_N = N^{-1}$ shartlar
bajarilsa, $x_N \geq 0$ va $x_N = o(\bar{W}_N(d))$ lar uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi:

$$(i) \quad P\{\bar{R}_N^d > x_N |2^d - 1| \sqrt{2n\lambda_n} + n\} = (1 - \Phi(x_N)) \left(1 + O\left(\frac{x_N + 1}{\bar{W}_N(d)}\right)\right), d \neq 0,$$

$$(ii) \quad P\{\bar{R}_N^0 > x_N 2\sqrt{2} \ln 2n\lambda_n + 2 \ln 2n\lambda_n\} = (1 - \Phi(x_N)) \left(1 + O\left(\frac{x_N + 1}{\bar{W}_N(0)}\right)\right),$$

Bu yerda $\tilde{W}_N(d) = \min\left(n^{1/4}, (n\lambda_n^3)^{1/2(1+2d^*)}\right)$.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Cressie N. and Read T.R. C. (1984). Multinomial goodness-of-Fit tests. J.Royal Statist. Soc. Ser. B, v.46, pp.440-464.
2. Cressie N. and Read T.R. C. (1989). Pearson's X^2 and the Log-likelihood Ratio Statistic G^2 : A Comparative Review. International Statistical Review, v.57, pp.19-43.
3. L'ecuyer P., Simard R. and Wegenkittl S. (2002). Sparse serial tests of uniformity for random number generators. SIAM J. Sci. Comput. 24, # 2, pp. 652–668.

4. Mirakhmedov S.M.(2020) The probabilities of large deviations for a certain class of statistics associated with multinomial distributions. ESAIM , Probability and Statistics . v.24, p581-606 (Correction, 25 (2021) 53-54)

**KATTA SONLAR FUNKSIYASI USULINING ASIMPTOTIK
ANALIZDAGI TATBIQLARI HAQIDA LAPLAS USULI. ASOSIY
TEOREMA**

S.B.Iskandarov, S.G'.Ro'zimova

Urganch davlat universiteti, Urganch, O'zbekiston

sarvar.i@urdu.uz, salimajon96@gmail.com

Ushbu ish Laplasning katta sonlar funksiyasi usuliga bag'ishlangan.

Mazkur holatda

$$\int_a^b \varphi(x) f(x)^n dx$$

ko'rinishdagi integralning asimptotik qiymatini o'rganamiz. Bunda ushbu lemma muhim ahamiyat kasb etadi.

Lemma. *Biror haqiqiy a va b sonlar va musbat k o'zgarimas sonlar berilgan bo'lsin. U holda ixtiyoriy $c \in (a,b)$ soni uchun $n \rightarrow \infty$ da ushbu*

$$\int_a^b e^{-kn(x-c)^2} dx \sim \sqrt{\frac{\pi}{kn}} \quad (1)$$

asimptotik formula o'rinli.

Ishimizning asosiy natijasini quyidagi teoremada keltiramiz.

Teorema. *Biror chekli $a;b$ oraliqda aniqlangan $\varphi(x)$, $h(x)$, $f(x) = e^{h(x)}$ funksiyalar berilgan bo'lib, bu funksiyalarga nisbatan quyidagi shartlar bajarilsin:*

- 1) $\varphi(x)$ – chegaralangan, $h(x)$ – uzluksiz;
- 2) biror $c \in a;b$ nuqtada $h(x)$ funksiya maksimumga erishsin;
- 3) c nuqtaning biror atrofida $h''(x)$ uzluksiz va $h''(c) < 0$;

$$4) \lim_{x \rightarrow c} \varphi(x) = \varphi(c) \neq 0.$$

U holda $n \rightarrow \infty$ da ushbu

$$\int_a^b \varphi(x) f(x)^n dx \sim \varphi(c) f(c)^{n+\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{2\pi}{nf''(c)}}$$

$$\sim \varphi(c) e^{nh(c)} \sqrt{\frac{2\pi}{nh''(c)}}$$

asimptotik formula o'rinli.

Izoh 1. Xususiyl holda, agar $f(x)$ funksiya teorema shartlarini bajarib, $f'(c) = 0$ bo'lsa hamda $\varphi(x) = n+1 f'(x)$ funksiya $f(x)$ ning $n+1$ ta yig'indisidan iborat bo'lsa, ya'ni $\varphi(x) = n+1 f'(x)$ bo'lsa,

$$\int_0^c \varphi(x) f(x)^n dx = F'(c) \cdot f(c)^n \quad (2)$$

tenglikni hosil qilamiz, bu yerda

$$F(x) = \int_0^x f(t) dt.$$

Demak, teoremda isbotlangan formula yuqoridagi (2) tenglikning asimptotik umumlashmasi sifatida qaralishi mumkin.

Izoh 2. Teoremda isbotlangan asimptotik formula shuni tasdiqlaydiki, funksiyaning katta sondagi darajasi integralining qiymati ko'paytuvchilar soni ortib borishi bilan funksiya maksimumining shu sondagi darajasiga proporsional ravishda o'zgarib boradi. Shunday qilib, $\varphi(x) f(x)^n$ tipdagi funksiyalar integrallarining asimptotik holatini o'rganish masalasi bu funksiya maksimumini o'rganish masalasi bilan bevosita bog'liq.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Азларов Т. А., Мансуров Х. Т. Математик анализ. II том, Т. 1995 й.
2. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. I, II, III, «Наука», Москва. 1970 г.
3. R.Engelking, General topology, Moscow: Mir, 1986, 752 p.

4. I.Juhasz, “Cardinal functions in topology – ten years later” Mathematisch Centrum Amsterdam, 1980. 213 p.
5. В.А. Ильин, В.А. Садовничий, Бл.Х. Сендов. Математический анализ. Т 1,2 Москва, «Наука» 1998.
6. Боровков А. А. Теория вероятностей. «Наука», Москва. 1982 г.
7. Титчмарш Э. Теория функций. Москва. 1956 г.
8. Abdushukurov A., Zuparov T. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika. T., Bo‘ston. 2015. 416 b.
9. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том 2. – Москва., Изд-во МЦНМО, 2007, 554 с.
10. Лоэв М. Теория вероятностей. М.: ИЛ, 1962, 720 с.

THE ASYMPTOTIC OF THE PROBABILITY OF FALLING INTO ZERO OF A MULTI-TYPE BRANCHING PROCESS WITH IMMIGRATION

Mashrabboev A.

Namangan State University, Namangan, Uzbekistan

axmadali51@mail.ru

Consider the following two-stage model of branching processes with immigration. The process of reproduction with continuous time with a generating function

$$f_i(s) = \sum_{k \geq 0} f_k^i s^k, \quad \sum_{k \geq 0} f_k^i = 1, \quad i = 1, 2$$

(the probability of incrementing one particle i – of that type per time $t \rightarrow 0$ is equal to $f_k^i t + o(t)$ at $k > 0$ and $1 + f_0^i t + o(t)$ at $k = 0$) and the process of immigration with discrete time is given by the generating function

$$G^i(s) = \sum_{k \geq 0} G_k^i s^k, \quad \sum_{k \geq 0} G_k^i = 1, \quad G^i(0) = G_0^i > 0$$

Definition: The lifetime of a branching process starting with n particles i – of that type with immigration has length τ if the number of particles $z_i(0) = n, z_i(t) > 0$ for all $t, 0 < t < \tau$, a $z_i(\tau) = 0$ (the trajectory of the process $z_i(t)$ is assumed to be continuous on the right).

Suppose:

$$\gamma_i(t) = P_i\{z_i(t) = 0 / z_i(0) = 0\}.$$

Theorem. Let the process of immigration with discrete time and the process of reproduction with continuous time and

$$f_i(1) = 0, f_i(0) < 0, f_i''(1) = 2p_i, \sum_{k=1}^{\infty} k^2 f_k^i \ln k < \infty,$$

$$G_i'(1) = \lambda_i, G_0^i > 0, \sum_{k=1}^{\infty} k G_k^i \ln k < \infty,$$

and if

$$\theta_i = \frac{\lambda_i}{P_i} \text{ and } n \rightarrow \infty,$$

then

$$Q_n = R_1 w(n) + o(1),$$

where $w_n = \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{P_i} + \{t\}\right)^{-\theta_i} t^{-\theta_i} e^{-\frac{n}{R_1 t}} dt$ and $\{t\}$ – is the fractional part of a number t .

References:

1. Sevastyanov B.A. Branching processes. M., “Science”, 1971.
2. Feller V. Introduction to the theory of probability and its applications P-1,2. M.:Mir, 1967, 528 p., 738 p.
3. Mashrabboev A. Period of life of branching processes with immigration. //Cand. dissertation. T.:1986.

ON THE ASYMPTOTIC NORMALITY OF SUM-FUNCTIONS OF SPACINGS

Mirakhmedov Sh.M.

V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics. Academy of Sciences of Uzbekistan

University str., 9, Tashkent -100174, Uzbekistan

e-mail: shmirakhmedov@yahoo.com

Let $0 \leq U_1 \leq U_2 \leq \dots \leq U_{n-1} \leq 1$ be an ordered statistics of a sample of size $n-1$ from a uniform distribution over $[0,1]$. With agreement $U_0 = 0, U_n = 1$ and $U_k = 1 + U_{k-n}$ for $k \geq n$ the overlapping spacings of order $m \geq 1$ is defined as $S_{k,m} = U_{k+m-1} - U_{k-1}$, $k = 1, \dots, n$. The $S_k = S_{k,1}$ s (i.e., case $m=1$) are referred to as a simple spacings. We consider the following statistics

$$R_{n,m} = \sum_{k=1}^n h_k(nS_k, \dots, nS_{k+m-1}), \quad (1)$$

where h_1, \dots, h_n are a given measurable real functions; we allow for m to increase with n , i.e. $m = m(n)$, but with the proviso that $m = o(n)$. Symmetric variant of $R_{n,m}$, where $h_1 = \dots = h_n = h$, was considered by Holst (1979) for the case of fixed $m \geq 1$. Most attention in the literature are devoted for spacing statistics of the form

$$Q_{n,m} = \sum_{k=1}^n h_k(nS_{k,m}), \quad (2)$$

which is a special variant of $R_{n,m}$, where $h_k(x_1, \dots, x_m) = h_k(x_1 + \dots + x_m)$.

Statistics of the type (1) are of great interest in several contexts including hypothesis testing and reliability (see, Pyke 1965, for a very useful review), circular data analysis where they play a pivotal role because they provide a maximal invariant under the rotation group (see, e.g., Jammalamadaka and SenGupta 2001), and spacings-based parameter estimation (see, e.g., Ekström, Mirakhmedov and Jammalamadaka 2020), just to name a few applications.

Let X_1, \dots, X_n be independent random variables having common standard exponential distribution and set $X_{n+j} = X_j$, $T_k = X_k + \dots + X_{k+m-1}$, $X_l^m = (X_l, \dots, X_{l+m-1})$,

$$G_{N,m}^S = \sum_{k=1}^N g_{k,N}(nS_k, \dots, nS_{k+m-1}), \quad G_{N,m}^X = \sum_{k=1}^N g_{k,N}(X_k^m),$$

where for an integer $N = N(n) \leq n$

$$g_{k,N}(x_1, \dots, x_m) = h(x_1, \dots, x_m) - Eh_k(X_k^m) - B_N(x_1 + \dots + x_m - m),$$

$$B_N := (Nm)^{-1} \sum_{k=1}^N \text{Cov}(h_k(X_1, \dots, X_m), T_1) = (Nm)^{-1} \sum_{k=1}^N \text{Cov}(h_k(X_j^m), T_j) \quad \text{for any } j \geq 1.$$

Note that $S_k = S_{k-n}$ for $k > n$, and $S_i + \dots + S_{n+i-1} = 1$, for each $i = 1, \dots, m$. Hence

$$G_{n,m}^S = R_{n,m} - \sum_{k=1}^n Eh(X_k^m). \quad (3)$$

Evidently $Eg_{k,N}(X_k^m) = 0$, $k = 1, \dots, n$. Let $J_{k,m} = (k, \dots, k+m-1)$, $1 \leq k \leq N-m$,

$\bar{J}_{k,m} = (1, \dots, N) - J_{k,m}$. We have

$$\begin{aligned}
\text{Cov}\left(G_{N,m}^X, \sum_{l=1}^N (X_l - 1)\right) &= E\left(G_{N,m}^X \sum_{l=1}^N (X_l - 1)\right) \\
&= \sum_{k=1}^N E\left[g_{k,N}(X_k^m) \left(\sum_{j \in J_{k,m}} (X_j - 1) + \sum_{j \in \bar{J}_{k,m}} (X_j - 1)\right)\right] \\
&= \sum_{k=1}^N E\left[g_{k,N}(X_k^m) \sum_{j \in J_{k,m}} (X_j - 1) + E g_{k,N}(X_k^m) E \sum_{j \in \bar{J}_{k,m}} (X_j - 1)\right] \\
&= \sum_{k=1}^N E g_{k,N}(X_k^m) (T_k - m) = \sum_{k=1}^N \text{Cov}(h_k(X_k^m), T_k) - B_N \sum_{k=1}^N E(T_k - m)^2 \\
&= \sum_{k=1}^N \text{Cov}(h_k(X_k^m), T_k) - m N B_N = 0.
\end{aligned}$$

Thus for arbitrary integer $N \leq n$

$$E G_{N,m}^X = 0, \quad \text{Cov}\left(G_{N,m}^X, \sum_{l=1}^N (X_l - 1)\right) = 0. \quad (4)$$

Also

$$\sum_{k=1}^N E g_{k,N}(X_k^m) (T_k - m) = 0. \quad (5)$$

Properties (3), (4), and (5) turn out to be very useful in proving the following results.

Theorem. If $m = m(n) = o(n)$ and as $n \rightarrow \infty$

$$\frac{m^2}{(\text{Var} G_{n,m}^X)^{3/2}} \sum_{k=1}^n E |g_{k,n}(X_k^m)|^3 \rightarrow 0,$$

then uniformly in $x \in (-\infty, \infty)$ it holds

$$P\{(R_{n,m} - A_{n,m}) / \sigma_{n,m} < x\} \rightarrow \Phi(x) \quad \text{as } n \rightarrow \infty,$$

where $A_{n,m} = \sum_{k=1}^n E h_k(X_k^m)$, $\sigma_{n,m}^2 = \text{Var} \sum_{k=1}^n g_{k,n}(X_k^m) = \sum_{k=1}^n \sum_{j=k-m}^{k+m} E g_{k,n}(X_k^m) g_{j,n}(X_j^m)$.

Proposition. (i) Let $E |h_k(X_k^m) (T_k - m)^3| < \infty$, $k = 1, \dots, n$. Then

$$E R_{n,m} = \sum_{k=1}^n E h_k(X_k^m) + \frac{1}{2n} \sum_{k=1}^n E [g_{k,n}(X_k^m) (T_k - m)^2] (1 + o(1)) + \frac{c_1}{n^{3/2}} \sum_{k=1}^n E |h_k(X_k^m) (T_k - m)^3|$$

(ii) Assume

$$\frac{1}{\sqrt{n} E(G_{n,m}^X)^2} \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n E \left[g_k(X_k^m) \sum_{l \in J_{k,m}} (X_l - 1) g_j(X_j^m) \right] \rightarrow 0,$$

$$\frac{1}{nE(G_{n,m}^X)^2} \left(\sum_{k=1}^n g_k(X_k^m) \sum_{l \in J_{k,m}} (X_l - 1) \right)^2 \rightarrow 0.$$

Then $VarG_{n,m}^s = VarG_{n,m}^X(1+o(1))$.

The above results are applied for several special variants of statistics (2).

References

1. Holst L. Asymptotic normality of sum-functions of spacings. Ann. Probab. v.7 (1979), pp. 1066-1072.
2. Ekström M., Mirakhmedov S. and Jammalamadaka S.R. A class of asymptotically efficient estimators based on sample spacings. TEST, v.29, (2020) pp 617–636.
3. Jammalamadaka, S.R., and SenGupta,A. (2001), Topics in Circular Statistics, Singapore:World Scientific Press.
4. Pyke R. Spacings (with Discussion). J. Roy. Statist. Soc. Ser. B 7 (1965), pp. 395-449.

О СВОЙСТВАХ МЕДЛЕННО МЕНЯЮЩИХСЯ ФУНКЦИЙ С ОСТАТОЧНЫМ ЧЛЕНОМ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Имомов А.А., Мейлиев А.Х.

Каршинский государственный университет, Узбекистан

imotov_azam@mail.ru

Концепция регулярного изменения, инициированная известным сербским математиком Иованом Караматой в начале 30-х годов XX века, представляет собой специальное одностороннее локально-асимптотическое свойство функций вещественной переменной. Она происходила из желания логично расширить класс функций со степенной асимптотической монотонностью вблизи некоторой точки до класса функций с поведением родственным степенной функции, умноженной на коэффициент, изменяющийся «более медленно» чем степенная функция.

Информации, по применению регулярно меняющихся функций в различных областях математики, можно найти в [1–3]. Измеримая функция $L(x) \in \mathbb{R}_+$ называется медленно меняющейся (ММ) на бесконечности (в смысле Карамата), если $L(\lambda x)/L(x) \rightarrow 1$ при $x \rightarrow \infty$ для произвольного $\lambda \in \mathbb{R}_+$, где символ \mathbb{R}_+ обозначает положительную полуось вещественных чисел. Далее символ \mathfrak{L}_∞ обозначает класс ММ-функций на бесконечности. Нетрудно проверить, что если $L(x) \in \mathfrak{L}_\infty$, то функция $L(1/x)$ медленно меняется в нуле. Таким образом, можно определить понятие медленного изменения в любой конечной точке путем сдвига начала координат в эту точку. Поэтому можно ограничиться рассмотрением функций из \mathfrak{L}_∞ . Фундаментальная теорема об интегральном представлении утверждает, что любая функция $L(x) \in \mathfrak{L}_\infty$ представима в виде

$$L(x) = M(x) \exp \int_b^x \frac{\varepsilon(u)}{u} du$$

для некоторого числа $b \in \mathbb{R}_+$, здесь $M(x)$ – ограниченная измеримая функция, определенная на множестве $[b, \infty]$, такая что $|M(x)| \rightarrow M \in \mathbb{R}_+$. Функция $\varepsilon(x)$ непрерывная и бесконечно малая при $x \rightarrow \infty$, она называется индексом изменения $L(x)$. В специальном случае, когда $M(x) \equiv const$, функция $L(x)$ называется нормализованной ММ-функцией; см. [3, 15-сс.].

Функция $R(x)$ называется регулярно меняющейся (РМ) функцией на бесконечности с индексом регулярности ρ , если она представима в виде $R(x) = x^\rho L(x)$ для некоторой $L(x) \in \mathfrak{L}_\infty$. Отсюда следует

$$\frac{R(\lambda x)}{R(x)} \rightarrow \lambda^\rho$$

при $x \rightarrow \infty$ для произвольного $\lambda \in \mathbb{R}_+$. Обозначим через \mathcal{R}_∞^ρ класс РМ функций на бесконечности. Тогда очевидно, что $\mathfrak{L}_\infty \equiv \mathcal{R}_\infty^0$.

Согласно определению ММ-функций, функция $\omega_\lambda(x) := L(\lambda x)/L(x) - 1$ является бесконечно малой на бесконечности, ее называют остатком медленного изменения функции $L(x) \in \mathfrak{L}_\infty$. При известном $\omega_\lambda(x)$ допускаем обозначение $L(x) \in \mathfrak{L}_\infty(\omega)$. Исследования показывают, что применение функций класса $\mathfrak{L}_\infty(\omega)$ позволяет улучшить известных теорем теории вероятностей, в частности, получить факты о глубоких свойствах ветвящихся случайных систем разных типов. А именно, в работах [4–8], получены почти не улучшаемые асимптотические оценки вероятностей выживания популяции в ветвящихся случайных системах, в которых репродуктивный закон имеет конечный момент порядка $1 + \nu$ для всех $\nu \in (0, 1)$.

Теорема 1. Пусть на множестве $a, \infty \subset \mathbb{R}_+$ функция $L(x) \in \mathfrak{L}_\infty(\omega)$ имеет остаток $\omega_\lambda(x) = \mathcal{O} L(x)/x^\sigma$ для некоторого $\sigma \in \mathbb{R}_+$. Тогда

$$\int_a^x t^\alpha L(t) dt = \frac{1}{\alpha + 1} x^{\alpha+1} L(x) + \mathcal{O} 1/x^\beta$$

для всех $\alpha \in [-1, \infty)$, здесь $\beta = \min \sigma, \alpha + 1$.

Обозначим теперь, $Z(t)$ размер популяции индивидуумов в момент $t \in \mathcal{T} := [0, +\infty)$ в однородно-непрерывной Марковской ветвящейся случайной системе с пространством состояний $\mathcal{S}_0 = \{0\} \cup \mathcal{S}$, $\mathcal{S} \subset \mathbb{N}$ и интенсивностью закона ветвления $a_k, k \in \mathbb{N}_0$. Пусть $f(s) := \sum_{k \in \mathcal{S}} a_k s^k$.

Теорема 2. Пусть $m := f'(1-) < 0$ и $f''(1-) < \infty$. Тогда

$$\mathbb{E}[Z(t) | Z(t) > 0] = \mathcal{L}_m e^{mt},$$

где $\mathcal{L}_m(t) \in \mathfrak{L}_0$. Если дополнительно предположить, что $f''(1-) < \infty$, то $\mathcal{L}_m(t) \in \mathfrak{L}_0(\omega)$ с остатком $\omega_{\mathcal{L}}(t)$ и

$$\mathcal{L}_m(t) = 1/\mathcal{K} + \mathcal{O} \omega_{\mathcal{L}}(t) \quad \text{при } t \rightarrow \infty$$

где \mathcal{K} – константа Колмогорова.

References

1. Сенета Е. *Правильно меняющиеся функции*. Наука, Москва, перевод с английского языка, **1985**.
2. Asmussen S., Hering H. *Branching Processes*. Springer, New York, **1983**.
3. Bingham N.H., Goldie C.M., Teugels J.L. *Regular Variation*. Cambridge University Press, **1987**.
4. Zolotarev V.M. More exact statements of several theorems in the theory of branching processes. *Theory Prob. and Appl.*, **2**, 1957, pp. 245–253.
5. Imomov A.A. On a limit structure of the Galton–Watson branching processes with regularly varying generating functions. *Probab. and Math. Stat.*, **39(1)**, 2019, pp. 61–73.
6. Imomov A.A., Tukhtaev E.E. On application of slowly varying functions with remainder in the theory of Galton–Watson branching process. *J. Sib. Fed. Univ. Math. Phys.*, **12(1)**, 2019, pp.51–57.
7. Imomov A.A., Meyliev A. On asymptotic structure of continuous-time Markov branching processes allowing immigration without higher-order moments. *Ufa Math. Jour.*, **13(1)**, 2021, pp.137–147.
8. Imomov A.A., Meyliev A. On the application of slowly varying functions with remainder in the theory of Markov branching processes with mean one and infinite variance. *Ukr. Math. Jour.*, **73(8)**, 2022, pp.1225–1237.

REVISITING TO KOLMOGOROV THEOREM IN THE THEORY OF NON-CRITICAL GALTON-WATSON BRANCHING SYSTEMS

¹*Imomov A.A.*, ²*Murazaev M.S.*

¹*Karshi State University, Karshi, Uzbekistan*

²*Institute of Mathematics named after V.I. Romanovskiy, Tashkent, Uzbekistan*

imomov_azam@mail.ru

Let $Z(n)$ be a population size at the moment $n \in \mathbb{N}_0$ in the Galton-Watson branching (GWB) system with branching rates $p_k, k \in \mathbb{N}_0$, where $\mathbb{N}_0 = \{0\} \cup \mathbb{N}$ and $\mathbb{N} = \{1, 2, \dots\}$. Namely, each individual in the system lives a

unit length life time and then gives $k \in \mathbb{N}_0$ descendants with probability p_k . This is a reducible, homogeneous-discrete-time Markov chain with a state space consisting of two classes: $\mathcal{S}_0 = \{0\} \cup \mathcal{S}$, where $\{0\}$ is absorbing state, and $\mathcal{S} \subset \mathbb{N}$ is the class of possible essential communicating states; see [1].

We assume throughout the paper that $p_0 > 0$, $p_0 + p_1 > 0$ and $m := \sum_{k \in \mathcal{S}} k p_k < \infty$. We are interested in the sub-critical and supercritical where $m < 1$ and $m > 1$ respectively. Denoting q be an extinction probability of the system starting from one individual, we recall that it is smallest nonnegative root of the fixed-point equation $f(s) = s$ on the domain $s \in [0, 1]$, where

$$f(s) := \sum_{k \in \mathcal{S}_0} p_k s^k$$

is the offspring generating function (GF). The extinction probability is 1 in sub-critical case and is less than 1 when the system is supercritical. So, the supercritical system survives with positive probability; see [1].

Put into consideration n -step transition probabilities

$$P_{ij}(n) := \mathbf{P} \ Z(n+k) = j \mid Z(k) = i \quad \text{for any } k \in \mathbb{N}_0.$$

A corresponding probability GF $\sum_{k \in \mathcal{S}_0} P_{ij}(n) s^k = f_n(s)^i$, where

$$f_n(s) := \sum_{j \in \mathcal{S}_0} \mathbf{p}_j(n) s^j,$$

therein $\mathbf{p}_j(n) := P_{1j}(n)$; see [1]. Consider a function $R_n(s) := q - f_n(s)$. It is clear that $R_n(0) \rightarrow 0$ as $n \rightarrow \infty$. Now denoting $\mathcal{H} := \min \ n \in \mathbb{N} : Z(n) = 0$ be an extinction time of the system starting from single individual,

$$Q(n) := R_n(0) = \mathbf{P} \ n < \mathcal{H} < \infty$$

is a survival probability of the system in the finite time n . In sub-critical case we see $\mathbf{P} \ \mathcal{H} < \infty = 1$, hence $Q(n) = \mathbf{P} \ Z(n) > 0$. In this case, A.Kolmogorov [2] proved that if $f''(1-) < \infty$, then $Q(n)$ admits an asymptotic representation

$$Q(n) = \mathcal{K} m^n (1 + o(1)) \quad \text{as } n \rightarrow \infty, \tag{1}$$

where \mathcal{K} is the well-known Kolmogorov constant, but it does not have an explicit form. In this regard, Zolotarev [5] expressed regret at the absence of an explicit expression for this constant. Formula (1) was later re-established under a weaker condition by A.Nagaev and I.Badalbaev [3], but and wherein the Kolmogorov constant remained not explicitly calculated. The Kolmogorov result (1) motivates us to write $Q(n) = \mathcal{K}_q \beta^n (1 + o(1))$ for the case $m \neq 1$, where $\beta := f'(q)$ and \mathcal{K}_q is a positive and we call it an extended Kolmogorov constant. Recently, in the paper [4], the explicit form of \mathcal{K}_q was calculated under the Kolmogorov conditions. Furthermore, formula (1) has been extended to $R_n(s)$ for the the case $m \neq 1$ and for all $s \in U_q[0,1)$, where $U_q[0,1) := [0, q) \cup (q, 1)$ is a unit interval without q .

Our principal result is the following lemma.

Lemma. *Let $f''(1-) < \infty$ for $m < 1$ and $B := f''(q)/2\beta$. Then*

$$\sup \left\{ \left| \frac{\beta^n}{R_n(s)} - \frac{1}{\mathcal{A}_q(s)} + B\beta^n \right| : s \in U_q[0,1) \right\} = \rho(n),$$

where $\rho(n) = o(\beta^n)$ as $n \rightarrow \infty$ uniformly in $s \in U_q[0,1)$ and

$$\frac{1}{\mathcal{A}_q(s)} = \frac{1}{q-s} + \gamma_q$$

at that $\gamma_q := f''(q)/2\beta (1 - \beta)$.

This lemma contributes to the completion of a number of limit theorems, which has not yet been done till now. Primarily an immediate consequence is the fact that in sub-critical case $\mathcal{A}_q(0)$ is an explicit expression of the Kolmogorov constant \mathcal{K} mentioned in (1), i.e.

$$\mathcal{K} = \mathcal{A}_q(0) = \frac{1}{1 + \gamma},$$

where $\gamma := b/(m - m^2)$ and $2b := f''(1-) < \infty$.

Continuing discussions, we obtain the following asymptotic representation:

$$\frac{\partial R_n(s)}{\partial s} = -\frac{\mathcal{A}_q^2(s)}{(q-s)^2} \beta^n (1 + r_n(s)), \quad (2)$$

where $r_n(s) \rightarrow 0$ as $n \rightarrow \infty$ uniformly in $s \in U_q[0,1)$. Formula (2) plays an essential role in the theory of non-critical GWB systems. Namely, as $s = 0$ this formula immediately implies the following limit representation for the local probabilities:

$$\beta^{-n} \mathbf{p}_1(n) = \frac{1}{q^2} \mathcal{K}^2 (1 + o(1)) \quad \text{as } n \rightarrow \infty.$$

References

1. Athreya K.B. and Ney P.E. (1972). Branching processes, Springer, NY.
2. Kolmogorov A.N. (1938). К решению одной биологической задачи. *Reports of SRI Math. and Mech. at Tomsk Univ.* 2, pp.7–12. (Russian)
3. Nagaev A.V. and Badalbaev I.S. (1967). A refinement of certain theorems on branching random process. *Litovs. Mat. Sbornik*, 7(1), pp.129–136. (Russian)
4. Imomov A.A. and Murazaev M.S. On explicit form of the Kolmogorov constant in the theory of Galton-Watson Branching Processes. [arXiv.2205.03024](https://arxiv.org/abs/2205.03024)
5. Zolotarev V. M. (1957). More exact statements of several theorems in the theory of branching processes. *Theory Prob. & Appl.* **2(2)**, pp.256–266. (Russian)

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕОРЕМЫ О ТОЧНОЙ ОЦЕНКЕ ОБЩЕГО ПОТОМСТВА В ПОЛОЖИТЕЛЬНО РЕКУРРЕНТНЫХ Q- ПРОЦЕССАХ С ТРЕТЬИМ МОМЕНТОМ

¹Назаров З.А., ²Абдуллаева Ш.А.

¹Базовый докторант Математического института им. В.И.Романовского.

²Магистр Ургенчского Государственного Университета.

zuhrov13@gmail.com, abdullayevashohista55@gmail.com.

Рассмотрим систему однотипных частиц, способных гибнуть и превращаться в случайное число частиц того же типа. Состояние системы определяется числом частиц. Мы наблюдаем за развитием численности

частиц в этой системе. Обозначим $Z(n)$ число частиц в момент $n \in \mathbb{N}_0$, где $\mathbb{N}_0 = \{0\} \cup \mathbb{N}$. Числа частиц в последующих поколениях $Z(n)$ можно представить в виде следующей случайной суммой случайных величин:

$$Z(n+1) = \xi_1^{(n)} + \xi_2^{(n)} + \dots + \xi_{Z(n)}^{(n)} \quad (1)$$

где $\xi_k^{(n)}$ – независимые одинаково распределенные величины с общим законом распределения $P\{\xi_1^{(1)} = k\} = p_k$. Они интерпретируются как числа потомков k -й частицы n -го поколения; см [1, сс. 11–14].

Введя в рассмотрение вероятности перехода за n шагов

$$P_{ij}(n) := P_i \{Z(n) = j\} = P \{Z(n+k) = j \mid Z(k) = i\} \quad \text{для } k \in \mathbb{N}_0,$$

находим соответствующую производящую функция (ПФ)

$$E_i s^{Z(n)} := \sum_{j \in S} P_{ij}(n) s^j = [f_n(s)]^i, \quad (2)$$

для $s \in [0, 1)$, где ПФ $f_n(s) = E_1 s^{Z(n)}$ представляет собой n -кратную

итерацию вероятностной ПФ $f(s) := E_1 s^{Z(1)} = \sum_{k \in S} p_k s^k$; см. [2, сс. 5-6].

Среди всевозможных случайных траекторий всех моделей ветвящихся систем есть такие, которые длятся бесконечно долго. В случае модели Гальтона-Ватсона, класс траекторий не вырождающихся в далеком будущем, образует так называемые Q-процессы; см. [1], [2] и [6].

Величина $W(n)$ обозначает размер состояния этой цепи в момент времени n с матрицей перехода

$$Q_{ij}(n) = P_i \{W(n) = j\} = \frac{j q^{j-i}}{i 3^n} P_{ij}(n) \quad (3)$$

Для любых $i, j \in S$, $n \in \mathbb{N}$, где $S \subset \mathbb{N}$ и $\beta := f'(q)$. При этом состояние $\{0\}$ является поглощающим, а S -класс возможных существенных сообщающихся состояний. Из теории ветвящихся процессов известно, что q – вероятность вырождения, и $q = \inf_{s \in (0; 1]} f(s) = s$; см. [1].

Рассмотрим Q-процесс $W(n)$, $n \in \mathbb{N}_0$ со структурным параметром β и вероятностной ПФ $\omega_n^{(i)}(s) := \sum_{j \in S} Q_{ij}(n) s^j$. Q-процесс полностью задается определением ПФ $\omega(s) = \sum_{j \in S} Q_{1j}(1) s^j = sf_q(s) / \beta$ и, его эволюция регулируется положительным параметром β , где $f_q(s) = f(qs) / q$.

Определим случайную величину $S_n = W(0) + W(1) + \dots + W(n-1)$, обозначающую суммарное состояние до момента времени n в Q-процессе. Пусть $H_n(s, x)$ определяется для любого $(s, x) \in K$ следующими рекурсивными соотношениями:

$$H_0(s, x) = s \text{ и } H_{n+1}(s, x) = xf_q(H_n(s, x)). \quad (4)$$

Введем в рассмотрение $J_n(s; x) = \sum_{j \in S} \sum_{l \in \mathbb{N}} P(W(n) = j, S_n = l) s^j x^l$ совместную ПФ распределений $W(n)$ и S_n на множестве

$$K = \left\{ (s; x) \in R^2 : |s| \leq 1, |x| \leq 1, \sqrt{s-1^2 + x-1^2} \geq r > 0 \right\}. \quad (5)$$

Теорема 1. Пусть $\beta < 1$, $b_{2q} := f''(1-)$ и $b_{3q} := f'''(1-) < \infty$. Тогда для ПФ $h(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} H_n(1, x)$ справедливо следующее локальное разложение при $x \uparrow 1$:

$$1 - h(x) \sim \frac{1}{1 - \beta} (1 - x) - \frac{2\beta(1 - \beta) + b_{2q}}{2(1 - \beta)^3} (1 - x)^2 + I_\beta \cdot [I_{2q}^{(1)} + (1 - \beta)b_{3q}] (1 - x)^3$$

где $I_\beta := 1 / (1 - \beta)^5$ и $I_{2q}^{(1)} := 3(b_{2q} - 2\beta^2 + \beta + 1) b_{2q} + 6\beta^2(\beta^2 - 12\beta + 1)$.

Теорема 2. Пусть $\beta < 1$ и $b_{3q} < \infty$. Тогда при $\theta \rightarrow 0$

$$h(e^\theta) - 1 \sim \frac{\theta}{1 - \beta} + \frac{1 - \beta^2 + b_{2q}}{(1 - \beta)^3} \cdot \frac{\theta^2}{2} + (I_{2q}^{(2)} + 6I_\beta \cdot [I_{2q}^{(1)} + (1 - \beta)b_{3q}]) \cdot \frac{\theta^3}{6}$$

где $I_{2q}^{(2)} := (1 + 4\beta - 5\beta^2 + 3b_{2q}) / (1 - \beta)^3$.

Литература

1. Athreya K.B. & Ney P.E. Branching processes, Springer, New York, 1972.
2. Harris T.E. Some mathematical models for branching processes. Proceedings of 2nd Berkeley Symposium, 305–328, 1951.
3. Imomov A.A. A differential analog of the main lemma of the theory of Markov branching processes & its applications. Ukrainian Mathematical Journal 57(2), 307–315, 2005.
4. Pakes A.G. Some Limit Theorems for the Total Progeny of a Branching Process. Advances in Applied Probability 3(1), 176–192, 1971.
5. Имомов А.А. Об одном виде условия невырождения ветвящихся процессов. Узбекский математический журнал 2, 46–51, 2001.
6. Севастьянов Б.А. Ветвящиеся процессы, Наука, Москва, 1971.

БАТАМОМ ЮТҚАЗИШ ЭҲТИМОЛЛИГИ УЧУН ТЕНГСИЗЛИКЛАР ҲАҚИДА

¹ В.Р.Ходжибаев, ² О.К.Жўраев

¹ НамМҚИ профессори, vkhodjibayev@mail.ru

² НамМҚИ ўқитувчиси, ojuraev884@gmail.com

$\xi(t)$, $t \geq 0$, $\xi(0) = 0$, - бир жинсли боғлиқсиз орттирмали тасодифий жараён бўлсин. Маълумки, бу ҳолда $E \exp\{\lambda \xi(t)\} = \exp\{t\psi(\lambda)\}$,

$$\psi(\lambda) = \gamma\lambda + \frac{\sigma^2\lambda^2}{2} + \int_{-\infty}^{\infty} \left(e^{\lambda x} - 1 - \frac{\lambda x}{1+x^2} \right) dS(x) \quad (1)$$

бўлиб, бу ерда γ ва $\sigma > 0$ - хақиқий сонлар, $S(x)$ эса, ҳар бир $(-\infty, 0)$ ва $(0, \infty)$ оралиқларда камаймайдиган функция ва

$$\int_{|x| \leq 1} x^2 dS(x) < \infty, \quad S(-\infty) = S(\infty) = 0.$$

Ихтиёрий $a > 0, b > 0$ сонлар учун $\xi(t)$ тасодифий жараён қийматларининг $(-a, b)$ оралиқдан биринчи марта чиқиш momenti T ни аниқлаймиз:

$$T = T(a, b) = \inf \{t \geq 0: \xi(t) \notin (-a, b)\}.$$

У ҳолда $\xi(T)$ тасодифий жараённинг T чиқиш моментдаги қийматидир.

Ушбу маърузада “батамом ютқазиш эҳтимолликлари” (вероятности разорения) деб аталувчи $P(\xi(T) \geq b)$ ва $P(\xi(T) \leq -a)$ эҳтимолликлар учун икки томонлама тенгсизликлар келтирилган. Бу баҳолар қаралаётган эҳтимолликлар учун [1] ва [2] ишларда исботланган баъзи икки томонлама баҳоларнинг кучайтирилган вариантыдир.

$E\xi(1) = 0$ бўлсин. Қуйидаги белгилашларни киритамиз:

$$\eta_+(b) = \inf \{t \geq 0: \xi(T) \geq b\}, \quad \eta_-(-a) = \inf \{t \geq 0: \xi(T) \leq -a\},$$

$$\chi_+(b) = \xi(\eta_+(b)) - b, \quad \chi_-(-a) = \xi(\eta_-(-a)) + a,$$

$$a_s = \int_{-\infty}^{\infty} |x|^s dS(x), \quad \frac{2(s+2)}{s+1} \cdot \frac{a_{s+2}}{a_2} := l(s), \quad C(\delta) := 2(l(1+\delta))^{1/\delta}.$$

$$-\int_0^{\infty} \int_0^b \int_{-\infty}^0 S(b-z+u-y) R_t(dz, dy) du := m_+(t),$$

$$\int_0^{\infty} \int_0^a \int_{-\infty}^0 S(a-z+x-y) R_t(dy, dz) dx := m_-(t),$$

$S(x)$ - $\xi(t)$ тасодифий жараённинг (1) кўринишдаги спектрал функцияси,

$$R_t(dz, dy) = \int_0^t P(\bar{\xi}(t-s) \in dy) P(\bar{\xi}(s) \in dz), \quad \bar{\xi}(t) = \sup_{0 \leq s \leq t} \xi(s), \quad \underline{\xi}(t) = \inf_{0 \leq s \leq t} \xi(s).$$

Теорема. $E\xi(1) = 0$ ва $E|\xi(1)|^{3+\delta} < \infty$, $\delta > 0$ бўлсин. У ҳолда ихтиёрий $t \geq 0$ учун

$$\frac{a + m_-(t) - C(\delta)}{a + b} \leq \beta(a, b) \leq \frac{a - m_+(t) + C(\delta)}{a + b}$$

тенгсизликлар ўринли бўлади.

Теорема [3] ишнинг натижаларидан келиб чиқадиган $E\chi_+^s(b) \leq l(s)$, $E|\chi_-^s(-a)| \leq l(s)$ тенгсизликлар ёрдамида исботланади.

$\alpha(a, b) + \beta(a, b) = 1$ бўлганлиги сабабли теореманинг шартлари бажарилганда ихтиёрий $t \geq 0$ учун

$$\frac{b + m_+(t) - C(\delta)}{a + b} \leq \alpha(a, b) = 1 - \beta(a, b) \leq \frac{b - m_-(t) + C(\delta)}{a + b}$$

муносабатлар ўринли эканлиги келиб чиқади.

Адабиётлар

1. В.И.Лотов, В.Р.Ходжибаев, *Неравенства в задаче с двумя границами для случайных процессов*, Сиб. Матем. Журн., (2021), Т.62, №3, 563-571.
2. В.И.Лотов, В.Р.Ходжибаев. *Неравенства для среднего значения момента первого выхода из полосы для процесса Леви*. Сибирские электронные математические известия. 2022, том 19, №2, стр.103-108.
3. А.А.Могул'skii, *On the distribution of the first jump for a process with independent increments*, Theory Probab. Appl., 21(1977), 470 – 481.

ПРИНЦИП ИНВАРИАНТНОСТИ ДЛЯ ВЕТВЯЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ С ЗАВИСИМОЙ ИММИГРАЦИЕЙ

Шарипов С.О.

Институт математики им. В.И. Романовского АН РУз, Ташкент,

Узбекистан

e-mail: sadi.sharipov@yahoo.com

Пусть при каждом $n \in \mathbb{N}$ $\{\xi_{k,j}^{(n)}, k, j \in \mathbb{N}\}$ и $\{\varepsilon_k^{(n)}, k \in \mathbb{N}\}$ - две независимые совокупности неотрицательных, принимающих целые значения случайных величин, причем случайные величины $\xi_{k,j}^{(n)}, k, j \in \mathbb{N}$ независимы и имеют одинаковое распределение. Пусть при каждом $n \in \mathbb{N}$ последовательность

$\{\varepsilon_k^{(n)}, k \in \mathbb{N}\}$ является стационарным в узком смысле процессом, причем предположим, что частицы, поступившие в популяцию, развиваются независимо от остальных частиц и по тому же закону как частицы популяции.

Последовательность ветвящихся процессов с иммиграцией $\{X_k^{(n)}, k \geq 0\}$, $n \in \mathbb{N}$ определим следующими рекуррентными соотношениями:

$$X_0^{(n)} = 0, \quad X_k^{(n)} = \sum_{j=1}^{X_{k-1}^{(n)}} \xi_{k,j}^{(n)} + \varepsilon_k^{(n)}, \quad k \in \mathbb{N}. \quad (1)$$

Предположим, что для всех $n \in \mathbb{N}$ величины

$$a_n = E\xi_{1,1}^{(n)}, \quad \sigma_n^2 = D\xi_{1,1}^{(n)}, \quad \lambda_n = E\varepsilon_1^{(n)}, \quad b_n^2 = D\varepsilon_1^{(n)}$$

конечны. Последовательность ветвящихся процессов с иммиграцией $\{X_k^{(n)}, k \geq 0\}$, $n \in \mathbb{N}$ будем называть почти критической, если $a_n \rightarrow 1$ при $n \rightarrow \infty$.

Предельные теоремы для процесса вида (1) доказаны в работах [1], [2]. Однако в этих работах предполагалось что семейство $\{\varepsilon_k^{(n)}, k, n \geq 1\}$ является независимой и одинаково распределенной.

Цель данной работы – указать условия справедливости принципа инвариантности для процесса (1) в предположении что $\{\varepsilon_k^{(n)}, k, n \geq 1\}$ является стационарным в узком смысле случайным процессом.

Справедлива следующая теорема.

Теорема. Пусть выполняются следующие условия:

- 1) $a_n = 1 + \alpha n^{-1} + o(n^{-1})$ при $n \rightarrow \infty$ для некоторого фиксированного $\alpha \in \mathbb{R}$;
- 2) $E\left(\left(\xi_{1,1}^{(n)} - a_n\right)^2 I\left\{\left|\xi_{1,1}^{(n)} - a_n\right| > \theta n \sigma_n^2\right\}\right) = o(\sigma_n^2)$ при $n \rightarrow \infty$ для любого $\theta > 0$;
- 3) $\lambda_n = \lambda \sigma_n^2 + o(\sigma_n^2)$ при $n \rightarrow \infty$ для некоторого $\lambda \geq 0$;
- 4) $b_n^2 = o(\sigma_n^4)$ при $n \rightarrow \infty$.

Тогда имеет место слабая сходимость

$$\frac{X_n(t)}{n\sigma_n^2} \Rightarrow X(t), n \rightarrow \infty$$

в пространстве Скорохода $D[0, \infty)$, где предельный процесс $\{X(t), t \geq 0\}$ является решением стохастического дифференциального уравнения:

$$dX(t) = (\lambda + \alpha X(t))dt + \sqrt{X(t)}dW(t).$$

Литература.

1. Ispany M., Pap G., Zuijlen M.V. Fluctuation limit of branching processes with immigration and estimation of the means, Adv. Appl. Probab. 37, 523–538. 2005.
2. Ispany M. Limit theorems for normalized nearly critical branching processes with immigration. Publ. Math. Debrecen. 2008.

О СХОДИМОСТИ РЯДОВ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН С φ - ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Шарипов О.Ш., Кобилов У.Х.

Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкентб

Узбекистан

e-mail: osharipov@yahoo.com, kobilov.utkir25@gmail.com

Пусть $\{\xi_n, n \in Z\}$ стационарная последовательность случайных величин из области притяжения устойчивого закона с показателем $0 < \alpha \leq 2$ и $E\xi_1^2 = \infty$. В этом случае выполняется условие

$$P(|\xi_0| > x) = \frac{L(x)}{x^\alpha} \quad (1)$$

где $L(x)$ медленно меняющаяся на бесконечности функция. Предположим, что

$$E\xi_0 = 0 \text{ при } \alpha > 1 \text{ и } \xi_0 \text{ симметрична при } \alpha = 1. \quad (2)$$

Нас интересует сходимость ряда

$$X_n = \sum_{i \in Z} c_i \xi_{n-i} \quad (3)$$

в случае, когда $\{\xi_n, n \in Z\}$ удовлетворяет условию перемешивания. В случае независимых одинаково распределенных случайных величин (3) изучен например в [1]. Определим коэффициенты перемешивания

$$\varphi(k) = \sup \left\{ |P(A/B) - P(A)| : A \in F_{k+n}^\infty, B \in F_n^\infty, n \in N \right\}.$$

где $F_a^b - \sigma$ – алгебра порожденная случайными величинами ξ_a, \dots, ξ_b .

Теорема. Пусть $\{\xi_n, n \in Z\}$ стационарная в узком смысле последовательность и выполнены условия (1), (2) и

$$\sum_{k=1}^{\infty} \varphi^{1/2}(2^k) < \infty,$$

$$\sum_{i=-\infty}^{\infty} |a_i|^\alpha L\left(\frac{1}{|a_i|}\right) < \infty.$$

Тогда ряд (3) сходится с вероятностью 1.

В докладе будут приведены и другие результаты для (3).

Литература

1. R. Balan, A. Jakubowski, S. Louhichi. Functional Convergence of Linear Processes with Heavy-Tailed Innovations. J: Theor. Probab. (2016) 29:491–526.

ОБОБЩЕНИЕ ОДНОЙ ТЕОРЕМЫ ЭССЕНА

Шералиев И.И., Холмаджонова Г.А.

Наманганский инженерно-строительный институт, Наманган, Узбекистан

e-mail: sheraliyev_127@mail.ru

В настоящем сообщении содержится обобщение этой теоремы для последовательности

$$X_1, X_2, \dots, X_n, \dots$$

независимых разнораспределенных случайных величин. Считая $EX_j = 0$ для

любых j . Введем обозначения: $\sigma_j^2 = EX_j^2$, $\alpha_j = EX_j^3$, $\beta_j = E|X_j|^3$. Положим

$$S_n = \frac{X_1 + \dots + X_n}{B_n}, \quad B_n^2 = \sum_{j=1}^n \sigma_j^2, \quad \tilde{A}_n = \sum_{j=1}^n \alpha_j,$$

$$F_n(x) = P(S_n < x), \quad \hat{O}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} du.$$

Пусть выполнены следующие условия:

$$(I) \quad \liminf_{n \rightarrow \infty} \frac{B_n^2}{n} > 0, \quad \limsup_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \beta_j < \infty$$

$$(II) \quad \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \int_{|x| > n^\tau} |x|^3 dF_j(x) \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty$$

для некоторого положительного $\tau < \frac{1}{2}$.

Нам потребуется следующее условие (III) асимптотической нерешетчатости сумм S_n , введенное А.А.Боровковым [1]. При заданных $\varepsilon > 0$ и $N > 0$ считая $N > \varepsilon$ обозначим

$$\delta_{j,n} = \delta_{j,n}(\varepsilon, N) = \delta_j(\varepsilon, N) = \max \{ |f_j(t)|, \varepsilon \leq |t| \leq N \}$$

$$m = \alpha_j(\varepsilon, N) = \max \{ |f_j(t)|, \varepsilon \leq |t| \leq N \}.$$

Сумма S_n называется асимптотической нерешетчатой, если при любых фиксированных $\varepsilon > 0$ и $N > 0$ (III) $B_n \prod_{j=1}^n \alpha_j(\varepsilon, N) \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Имеет место

Теорема. Пусть выполнены условия (I)-(III) тогда при $n \rightarrow \infty$

$$\sup_x \left| F_n(x) - \Phi(x) - \frac{\Gamma_n}{6B_n^3} (1-x^2) \varphi(x) \right| = o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right).$$

Приведенная теорема обобщает теорему Эссена для различно распределенных случайных величин.

Литература

1. Боровков А.А. Интегро-локальные и локальные теоремы о нормальных и больших отклонениях сумм разнораспределенных случайных величин в схеме серий. Теория вероятностей и ее применения, Том 54. Выпуск 4, 2009 г. 625-644 стр.

MUNDARIJA
СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS

IV SHO‘BA: HISOBLASH MATEMATIKASI VA MEХАНИКА

СЕКЦИЯ №4: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

SECTION No.4: COMPUTATIONAL MATHEMATICS AND MECHANICS

Axmedov X.A., Abdisalomov M.S., Omonov Z.J. Arral ajratkichning tozalash seksiyasida harakatlanayotgan chigitni tadqiq	5
Ahatqulov S, Mahmudov J. Bir jinlimas g'ovak muhitlarda ko'p bosqichli kinetika tenglamasi asosida suspenziya sizishi jarayonining matematik	8
Абираев И., Шукуров Ф., Ибрагимов У. Теоретикочисловые методы для решения системы одномерных интегральных уравнений фредгольма второго рода в классе $e_1^\alpha(c)$	11
Алмуратов Ш.Н., Эсанов Н.К., Намозов Ж.Ш., Каримов И.М. Собственные линейные колебание сферической неоднородности в вязкоупругой среде.....	13
Бурнашев В.Ф., Кайтаров З.Д., Хасанов С.Ч. Численное исследование двумерной фильтрации в деформируемой пористой среде с учетом внешнего воздействия.....	16
Индиаминов Р.Ш., Холжигитов С.М., Юсупов Н.Қ. Магнитоупругое деформирование тонких оболочек в магнитном поле.....	19
Indiaminov R., Abdullaev A., Shodmonov J., Zarpullayev U. Yupqa mikroelementning magnitoelastik tebranishi matematik modeli.....	22
Исроилов Р., Кайтаров З.Д. Математическое моделирование двухфазной фильтрации в межскважинной зоне нефтяного пласта с учетом деформации пористой среды.....	25
Жалолов Ф.И., Исомиддинов Б.О., Нуруллаева Н.И. Коэффициенты оптимальной квадратурной формулы в пространстве соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1) \dots$	27

Жалолов И.И. Алгоритм соболева о нахождении неизвестных функций для построения оптимальной квадратурной формулы в пространстве хёрмандера.....	31
Жалолов О.И., Исомиддинов Б.О., Нуруллаева Н.И. Практичные асимптотические оптимальные кубатурные формулы в пространстве соболева $\bar{L}_2^{(m)}(S_n)$ для n -мерной единичной сферы.....	36
Кайтаров З. Д., Ахаткулов С.З., Мустофоева М.Б., Моделирование двухфазной фильтрации в деформируемой пористой среде.....	40
Каюмов Ш., Куралов Б.А., Эсанов Э.А., Фильтрация структурированных флюидов в изолированных слоистых пластах.....	43
Kenjayev R, Babenko M, Fayziyev B. G`ovak muhitda neft va suvning birgalikda sizishi jarayonining matematik modeli.....	46
Маматкулов Ж.Х. Об алгоритме нахождения полуобратной матрицы...	49
Маматов А.Р., Хужаёров И.Ш., Равшанов И.А. Простой алгоритм решения одной максиминной задачи со связанными переменными	51
Набиев А.М. Условия втягивания обрабатываемого продукта между валами.....	54
Samandarov E.K. The architecture of educational platform based on artificial intelligence.....	57
Сафаров И. И., Болтаев З.И., Собирова Р.А., Рузиева М.А. Распространения собственных волн в вязкоупругой пластинке переменной толщины.....	60
Сафаров И. И., Тешаев М.Х., Болтаев З.И., Жураев Ш.И., Райимов Д.Г. Распространение собственных волны в вязкоупругой цилиндрической оболочке	63
Tursunova Sh., Fayziyev B. G`ovak muhitlarda ikki komponen-tali suspenziya sizishi jarayonining “gibrid” matematik modeli	66
Ходжиев С. Задания начальных значения турбулентности при	

моделирование и численного исследования трехмерных турбулентных реагирующих струй.....	68
Хаятов Х.У., Барноева З.Е. Нахождение оптимальных коэффициентов интерполяционной формулы в пространстве соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$	71
Хужаёров Б. Эшдавлатов З.З., Акрамов Ш.Б. Перенос вещества в элементе трещиновато-пористой среды с учетом аномальности в трещине и пористом блоке.....	75
Хужаёров Б.Х., Холлиев Ф.Б., Хасанов С.Ч. Численное решение уравнения аномального переноса вещества с много-членными дробными производными по времени.....	78
Мирзоев А.А., Ахмедов Н. Иброхимов А.Р. инертность текучих многофазных сред к деформационным процессам	81

V SHO‘BA: GELEOFIZIKA VA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA
MANBALARI

СЕКЦИЯ №5: ГЕЛИОФИЗИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

SECTION No.5: HELIOPHYSICS AND RENEWABLE ENERGY
SOURCES

Mirzayev Sh.M., Jumayev J., Ibragimov S. Моделирование процесса солнечной сушки в установках косвенного типа с естественной конвекцией воздуха	85
Вардияшвили А.А., Каримова С.Э. Комбинированная солнечная многофункциональная установка «теплица-опреснитель-овощехранилище»	88
Искандарова Ф.А., Аширметов А.Х., Оксенгендлер Б.Л., Тураева Н.Н. Деградация квазиодномерных молекулярных систем в неживой и живой Природе под действием ионизирующей радиации: физические механизмы и моделирование	92
Majitov J.A. Biogaz qurilmasida issiqlik jarayonlarini matematik modellashtirish	95
Ш.Ж.Имомов., О.С.Комилов., А.А.Худойбердиев, Ж.А.Мажитов. Кичик хажмли биогаз қурилмасининг технологик параметрларини ҳисоблаш	98
J.R Kodirov., S.Sh. Hakimova. Methods for calculating semi-empirical formulas for determining the optimal geometric dimensions of a solar dryer and developing a combined device based on them	100
J.R Kodirov. Bilvosita quyosh quritgichida akkumulyator massasi, havo kollektoriga kirish hamda chiqish qismlarining geometrik o'lchamlarini hisoblash	104

**VI SHO‘BA: KONDINSIRLANGAN HOLATLAR FIZIKASI VA
ANOTEKNOLOGIYALAR
СЕКЦИЯ №6: ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И
НАНОТЕХНОЛОГИИ
SECTION No.6: PHYSICS OF THE CONDENSED STATE AND
NANOTECHNOLOGY**

Хайдаров З., Ортикова Ш., Уктамова Б. Свойства двойного плазменного контакта к полупроводнику в газоразрядной ячейке.....	107
Хайдаров З., Восилжонов Х. Автоэлектронная эмиссия при формировании тока газоразрядной ячейки с полупроводниковым электродом.....	111
Саидов С.О., Насуллаев Б.С. Исследование влияния различных видов радиационной и термической обработки на электрофизические свойства кремниевых структур, легированных переходными элементами.....	114
Давранов Х.Т., Давлатов М.А., Довранов К.Т., Эшбобоев С.Н. Применение ионной имплантации для создания нанопленок cosi_2 на поверхности Si	117
Нормуродов М.Т., Ташатов А.К., Нормуродов Д.А., Нортожиева М.Ш. Исследование формирования плёнок силицидов металлов при термодиффузии	119
Абдурахманов М., Икрамов А., Каршибоев Ш.Э., Зоиров С.Х. О влиянии самодифракции опорных волн на четырехволновое смешение в средах с инерционным откликом	122
Юлдашев Ш. У., Мукимов К.М., Шарипова Р.Ш. Муродов Ж.Х. Мемристоры– новое поколение элементов памяти для наноэлектроники	126
Онаркулов К.Э., Азимов Т.М. Полупроводниковые термобатареи с металлизированной поверхностью контактов.....	129
Онаркулов К.Э., Юлдашев А.А. Получение и исследование термоэлектрические свойства пленок n-pbte	132
Зохирова Ш.М., Вардияшвили А.А. Результаты расчета коэффициента	

гидравлического трения.....	135
Муминов Р.А., Саймбетов А.К., Тошмуродов Ё.К., Эргашев Г.Ж., Явкочдиев М.О. Вольтамперные и вольтфарадные характеристики для разработки дозиметра на основе si(li) p-i-n детекторы	139
Umarov S. H., Narzullaeva Z. M., Hallokov F. K. Effect of electron irradiation on direct optical transitions in a layered InGaSe_2 single crystal.....	142
Yorkulov R. M., Allayarova G. Kh., Abduganiyev B. A. The Effect of Stepwise Postimplantation Annealing on the Composition and Structure of Silicon Surface Layers Implanted with Alkali Metal Ions	145
Ташатов А.К., Нормуродов Д.А., Эшбобоев С.Н., Жуманов Ш.Э., Бозорова Н.Р. Создание переходных согласующихся слоев на границах раздела систем Si/caf ₂ /gaas И gaas/caf ₂ /gaas	147
Рустамов У.Р., Очиллов О.О., Маликов К.Х. Зависимость светопотока светоизлучающего диода от температуры окружающей среды.....	150

VII SHO‘BA: ZAMONAVIY TA’LIMDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR
СЕКЦИЯ №7: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ
ОБРАЗОВАНИИ

SECTION №.7: DIGITAL TECHNOLOGIES IN MODERN EDUCATION

Avezov A.X. Kredit - modul tizimida talabalarning maxsus kompetentligini oshirishda mustaqil ta’lim imkoniyatlari va xususiyatlarini rivojlantirish	154
Arziqulov A.U., Janiqulov Q.K. Talabalarning elektron vositasida bilim, ko‘nikma va malakalarini o‘lchash va baholash.....	157
Boboyeva M.N., Xo‘jayeva M.M. Ta’limda innovatsion texnologiyalaridan foydalanish samaradorligi.....	159
Botirov D.B., Eshonqulov T., Majidov J.M. Jamiyatni axborotlashtirish sharoitida maktab informatika kursini o‘qitishning dolzarb muammolari va istiqbollari.....	162
Do‘stova Sh.B., Raxmonov Sh.R. Paskal uchburchagi va uni turli masalalarni yechishda qo‘llash haqida qiziqarli ma’lumotlar.....	165
Ergashev I.A. MINITAB dasturida ma’lumotlarni regression tahlil qilish.....	168
Jumayev J., Sadikova F.S., Shamsiddinova M. U. Mathcad tizimida korrelyatsion tahlil.....	171
Jurayev O.T., Akbarova E.M. Texnologiya darsda AKTdan foydalanish innovatsion o‘qitish usuli sifatida.....	174
Mamadjanova M.K., O‘ktamova G.M. Oliy ta’limda matematik analiz elementlarini dasturiy paketlar imkoniyatlari vositasida o‘rganish.....	178
Muxamedova G.R., Hamroqulova D.F. Talabalarning bilimni nazorat qilishning tezkor va samarali usuli.....	181
Qurbonov G‘.G‘., Amonov Z.Sh. Analitik geometriya fanini o‘qitishda raqamli ta’lim texnologiyalaridan foydalanishning afzalliklari.....	184

Қахҳоров С.Қ., Рустамов Ҳ.Ш. Талабаларнинг таянч компетенцияларини ривожлантиришда дастурий воситалардан фойдаланишнинг аҳамияти.....	186
Rustamov H.Sh., Namozova N. О'қувчиларнинг коммуникатив компетенциясини ривожлантиришда ахборот технологияларидан фойдаланиш.....	189
Sadullayev I.Sh. Олий та'лим муассасаларида рақамли технологияларни жорий этиш электрон та'лим тизими мисолида.....	192
Samatov S. Студент тақсими ва унинг ба'зи хоссалари.....	196
Jovliyev A.I. Марказий лимит теорема ва унинг тадбиқлари.....	200
Shakadirova N.I. Рақамли та'лим муҳитида “blendend learning” технологиясининг истиқболлари.....	202
Shermatov J.E., Qodirov A.A., Shukurov E.S. Эксперт тизими билимлар базасини yaratishda ma'lumotlarga ishlov berishning ba'zi usullari haqida.....	205
Shukurov E.S., Qodirov A.A., Shermatov J.E., Raxmonov Sh. Tibbiy ma'lumotlarni sonli bo'lmagan ob'ektlar statistikasi tuzilmasida tasodifiy to'plamlarning o'rni.....	208
Tillabayev B.Sh. Equation of the derivative of the function to solve equations.....	212
Ubaydullayev A.N. Chiziqli tenglamalar sistemasini yechish usullari.....	214
Xoliqov Q.T., Duvlayev K.A., Norqulova M.M. Fizika ta'limida muhandislik dasturlaridan foydalanish masalalari haqida.....	218
Jo'rayeva N.O, Zayniddinova N.O'. Ta'limning mobillashuv sharoitida talabalar mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirish.....	220

VIII SHO‘BA: EHTIMOLLAR NAZARIYASI VA MATEMATIK STATISTIKA

СЕКЦИЯ №8: ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

SECTION No.8: PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS

Aliyev A.F., Tirkasheva G.D. Dimensional characteristics of invariant measure of piecewise linear circle maps with two break points.....	224
Bozorov S.B. Taqsimot funksiyasi uchun priestli – chao modelidagi yadroviy baho va uning xossalari.....	227
Hamdamov A.H. O‘ta siyrak multinomial modellarda darajali farqlanish statistikasining katta og‘ish ehtimolliklari haqida.....	230
Iskandarov S.B., Ro‘zimova S.G‘. Katta sonlar funksiyasi usulining asimptotik analizdagi tatbiqlari haqida Laplas usuli. Asosiy teorema.....	233
Mashrabboev A. The asymptotic of the probability of falling into zero of a multi-type branching process with immigration.....	235
Mirakhmedov Sh.M. On the asymptotic normality of sum-functions of spacings.....	236
Имомов А.А., Мейлиев А.Х. О свойствах медленно меняющихся функций с остаточным членом и их приложениях.....	239
Imomov A.A., Murazaev M.S. Revisiting to kolmogorov theorem inthe theory of non-critical Galton-Watson branching systems.....	242
Назаров З.А., Абдуллаева Ш.А. Предельные теоремы о точной оценке общего потомства в положительно рекуррентных Q-процессах с третьим моментом.....	245
Ходжибаев В.Р., Жўраев О.К. Батамом ютқазииш эҳтимоллиги учун тенгсизликлар хақида	248
Шарипов С.О. Принцип инвариантности для ветвящихся процессов с	

зависимой иммиграцией.....	250
Шарипов О. Ш., Кобиров У. Х. О сходимости рядов случайных величин с φ – перемешиванием.....	252
Шералиев И.И., Холмаджонова Г.А. обобщение одной теоремы Эссена.....	253