



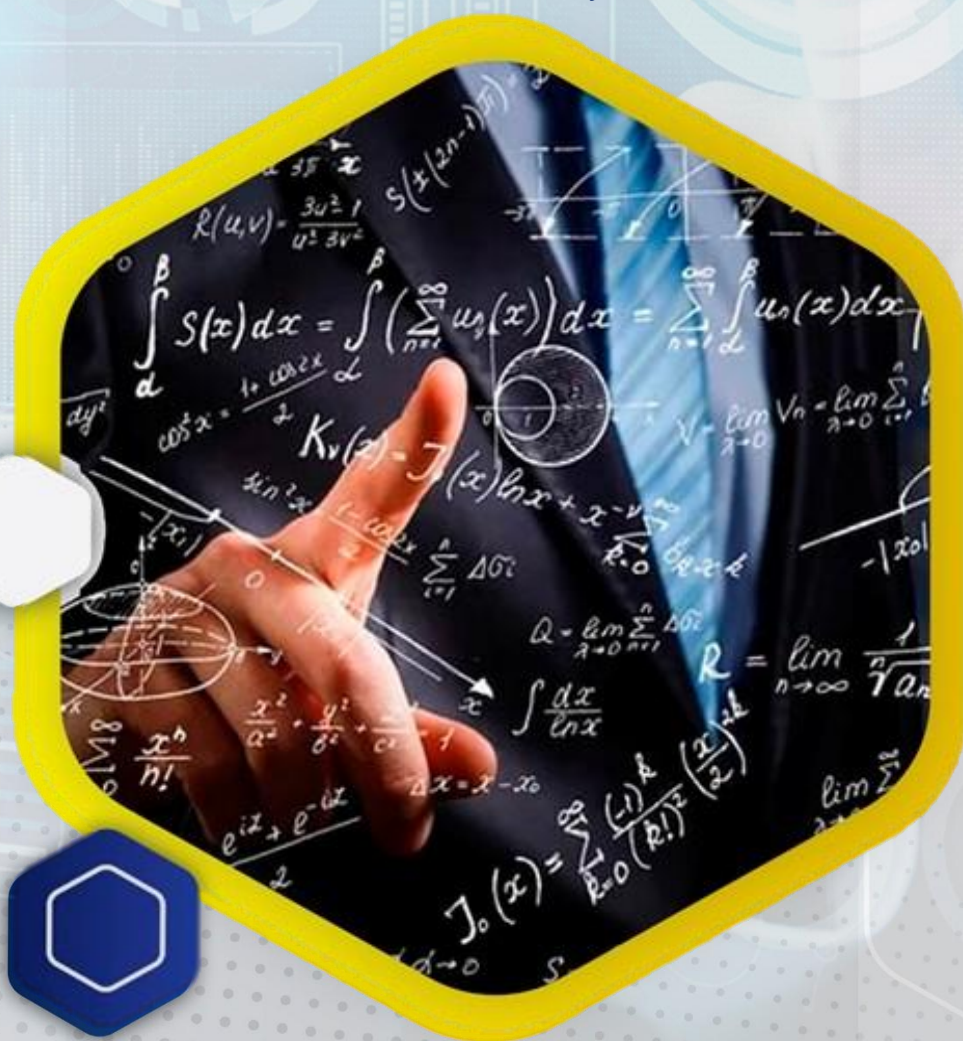
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI



BUXORO
DAVLAT
UNIVERSITETI
1930

"FIZIKA, MATEMATIKA VA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINING DOLZARB MUAMMOLARI"

XALQARO ILMIY-NAZARIY ANJUMAN MATERILLARI



BUXORO-2025



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI**



CURRENT PROBLEMS OF PHYSICS, MATHEMATICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND THEORETICAL
CONFERENCE**

(May 16-17, 2025)

Bukhara-2025

Theorem. Let $\mathcal{D}$ be a nonempty closed convex subset of a real Hilbert space $\mathcal{X}$. Assume that $\mathcal{L}$ is a pseudomonotone Lipschitz continuous bifunction and that $T: \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{X}$ is a quasi-nonexpansive mapping. If Assumption 1 is satisfied, then the sequence $\{u_{2n}\}$ converges weakly to the solution set.

References

- [1] Long, G., Liu, G., Xu, G., Wong, G. W., Chen, H. & Xiao, B. (2018). A Perforation-Erosion Model for Hydraulic-Fracturing Applications. SPE Prod. Oper. 33, 770–783. <http://doi.org/10.2118/174959-PA>
- [2] Xiao, B., Wang, W., Zhang, X., Long, G., Fan, J., Chen, H., & Deng, L. (2019). A novel fractal solution for permeability and Kozeny-Carman constant of fibrous porous media made up of solid particles and porous fibers. Powder Technol. 349, 92–98. <http://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.03.028>
- [3] Xiao, B., Zhang, X., Jiang, G., Long, G., Wang, W., Zhang, Y., & Liu, G. (2019). Kozeny-Carman constant for gas flow through fibrous porous media by fractal-monte carlo simulations. Fractals, 27, 1950062. <https://doi.org/10.1142/S0218348X19500622>

BUBNOV-GALERKIN VARIATION USULI YORDAMIDA TERMO-MAGNET-ELASTIK JISMLARNING CHEGARAVIY MASALASINING YECHIMLAR TUZILMASINI HISOBLASH

Nuraliyev Faxriddin Murodillayevich

Toshkent axborot texnologiyalar universiteti, tfd, professor.

f.nuraliev@tuit.uz

Tojiev Nuriddin Shukur o'g'li

Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti, tayanch doktorant.

ntojiyev845@gmail.com

Tahirov Behzod Nasriddinovich

Buxoro davlat universiteti, tayanch doktorant

b.n.tahirov@buxdu.uz

Anotatsiya: Ushbu maqolada yupqa magnitlastik jismlarning chegaraviy masalalarini yechishda Bubnov-Galerkin variatsion usulidan foydalanish masalasi ko'rib chiqilgan. Magnit maydon va elastik deformatsiyalar o'zaro ta'sirini hisobga olgan holda, yupqa jismlarning kuchlanish-deformatsiya holatini aniqlash uchun matematik modellar quriladi. Bubnov-Galerkin usuli asosida yechimlarning tuzilmasi va ularning konvergentligi tahlil qilinadi. Natijalar yupqa magnitlastik strukturalarni loyihalash va tahlil qilishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: Bubnov-Galerkin usuli, variatsion yondashuv, magnitlastik jism, yupqa struktura, chegaraviy masala, elastik deformatsiya, magnit maydon.

Аннотация: В данной статье рассматривается применение вариационного метода Бубнова-Галёркина для решения краевых задач тонких магнитоэластичных тел. Построены математические модели для определения напряжённо-деформированного состояния тонких тел с учётом взаимного влияния магнитного поля и упругих деформаций. На основе метода Бубнова-Галёркина проводится анализ структуры решений и их сходимости. Полученные результаты имеют практическое значение при проектировании и анализе тонких магнитоэластичных конструкций.

Ключевые слова: метод Бубнова-Галёркина, вариационный подход, магнитоэластичное тело, тонкая структура, краевая задача, упругая деформация, магнитное поле.

Annotation: This article discusses the application of the Bubnov-Galerkin variational method for solving boundary value problems of thin magnetoelastic bodies. Mathematical models are developed to determine the stress-strain state of thin bodies, taking into account the interaction

between magnetic fields and elastic deformations. The structure of the solutions and their convergence are analyzed based on the Bubnov-Galerkin method. The results have practical significance for the design and analysis of thin magnetoelastic structures.

Keywords: Bubnov-Galerkin method, variational approach, magnetoelastic body, thin structure, boundary value problem, elastic deformation, magnetic field.

Kirish

Magnit elastik jismlar zamonaviy texnologik qurilmalarda keng qo'llaniladi, xususan, sensorlar, aktuatorlar va energiyani yig'ish tizimlarida. Ushbu jismlar tashqi magnit maydon ta'sirida murakkab elastik deformatsiyalarga uchraydi, bu esa ularning mexanik xususiyatlarini o'zgartiradi va loyihalashda maxsus hisob-kitoblarni talab qiladi. Yupqa magnit elastik jismlar uchun chegaraviy masalalarni aniq yechish ko'plab amaliy vaziyatlarda muhim ahamiyat kasb etadi[1].

Chegaraviy masalalarni yechishda Bubnov-Galerkin variatsion usuli o'zining samaradorligi va qulayligi bilan ajralib turadi. Bu usul analitik va sonli yechimlarning yaqinlashishini ta'minlab, qiyin differensial tenglamalarni osonroq yechishga imkon yaratadi. Ushbu maqolada yupqa magnit elastik jismlarning chegaraviy masalalarini Bubnov-Galerkin usuli asosida modellashirish va yechimlar tuzilmasini tahlil qilish masalalari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, variatsion formulalarning qurilishi, asosiy yechim funksiyalarining tanlovi va ularning magnit maydon ta'siridagi xatti-harakatlari chuqur tahlil etiladi[2].

Metodlar

Bubnov-Galerkin usuli - $L[u] = f(x)$ differensial tenglama uchun chegaraviy muammoni taqribiy yechish usuli hisoblanadi. Bu yerda $L[u]$ operator kerakli funksiyaning qisman yoki to'liq hosilalarini o'z ichiga olishi mumkin[3].

Bubnov-Galerkin usulini amalga oshirishning birinchi bosqichi asosiy funksiyalar to'plamini tanlashdir:

- chegara shartlarini qonoatlantirish .
- asosning cheksiz sonli elementlari chegarasida ular to'liq tizimni tashkil qiladi.

Yechim bazis ko'pxadlar sifatida taqdim etilgan

$$\psi(x) = \sum_{k=1}^n C_k \phi_k(x). \quad (1)$$

Bu yerda C_k -nomalum koefitsientlar $\phi_k(x)$ -tanlangan bazis funksiya

So'ng taxminiy yechim dastlabki differensial tenglamaga almashtiriladi va uning qoldig'i hisoblanadi. Bir jinsli $L[u]$ tenglama uchun qoldiq quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$L[\psi u] = N(x)$$

Bir jinsli bo'lmagan $L[u] = f(x)$ tenglama uchun quyidagi $N(x) = L[\psi u] - f(x)$ qoldiq shaklga ega bo'ladi.

Keyin esa, qoldiqning bazis funksiyalariga ortogonal bo'lishi talabi ilgari suriladi, ya'ni

$$\int_a^b N(x) \phi_k(x) dx = 0.$$

Bu koefitsientlar uchun bir xil tenglamalar tizimini beradi C_k kengaytirishda va muammoning o'ziga xos qiymatlarini taxminan topish mumkin.

Vektor va matritsaning har bir hadini topish (1) uchun Bubnov-Galerkin variatsion usulidan foydalanamiz. Bu jarayonni quyidagicha amalga oshiramiz:

$$\begin{aligned} M_1 &= \iint_{\Omega} L_1 u_i d\Omega, & i = \overline{1, n_1}; & M_2 = \iint_{\Omega} L_2 v_j d\Omega, & j = \overline{1, n_2}; \\ M_3 &= \iint_{\Omega} L_3 w_k d\Omega, & k = \overline{1, n_3}; & M_4 &= \iint_{\Omega} L_4 T_l d\Omega, & l = \overline{1, n_4}; \end{aligned}$$

$$N_{11} = \iint_{\Omega} L_{11} u_i u_j d\Omega, \quad i = \overline{1, n_1}, j = \overline{1, n_2};$$

$$N_{12} = \iint_{\Omega} L_{12} u_i v_j d\Omega, \quad i = \overline{1, n_1}, j = \overline{1, n_2};$$

$$N_{13} = \iint_{\Omega} L_{13} w_k u_i d\Omega, \quad i = \overline{1, n_1}, k = \overline{1, n_3};$$

$$N_{14} = \iint_{\Omega} L_{14} u_i T_l d\Omega, \quad i = \overline{1, n_1}, l = \overline{1, n_4};$$

$$N_{21} = \iint_{\Omega} L_{21} u_i v_j d\Omega, \quad i = \overline{1, n_1}, j = \overline{1, n_2};$$

$$N_{22} = \iint_{\Omega} L_{22} v_i v_j d\Omega, \quad i = \overline{1, n_1}, j = \overline{1, n_2};$$

$$N_{23} = \iint_{\Omega} L_{23} v_j w_k d\Omega, \quad j = \overline{1, n_2}, k = \overline{1, n_3};$$

$$N_{24} = \iint_{\Omega} L_{24} v_j T_l d\Omega, \quad j = \overline{1, n_2}, l = \overline{1, n_4};$$

$$N_{31} = \iint_{\Omega} L_{31} u_i w_k d\Omega, \quad i = \overline{1, n_1}, k = \overline{1, n_3};$$

$$N_{32} = \iint_{\Omega} L_{32} w_k v_j d\Omega, \quad k = \overline{1, n_3}, j = \overline{1, n_2};$$

$$N_{33} = \iint_{\Omega} L_{33} w_k d\Omega, \quad k = \overline{1, n_3};$$

$$N_{34} = \iint_{\Omega} L_{34} w_k T_l d\Omega, \quad j = \overline{1, n_2}, l = \overline{1, n_4};$$

$$J_1 = \iint_{\Omega} q_1 w_k d\Omega, \quad k = \overline{1, n_3}; \quad J_2 = \iint_{\Omega} q_2 w_k d\Omega, \quad k = \overline{1, n_3};$$

$$J_3 = \iint_{\Omega} q_3 w_k d\Omega, \quad k = \overline{1, n_3}; \quad J_4 = \iint_{\Omega} q_4 w_k d\Omega, \quad k = \overline{1, n_3}.$$

L_i, L_{ij} -differensial operatorlar, $i, j = 1, 2, 3, 4 \dots$

Natijalar

O'lchovsiz kordinatalar tizimiga o'tkazish

Chegaraviy va boshlang'ich shartlarga ega bo'lgan tenglamalarni yechishdan oldin koordinatlarini o'lchovsiz ko'rinishga o'tkazamiz. Buning uchun quyidagi (3.3.20) belgilashlarni kiritamiz:

$$t = t_0 \bar{t}, \quad t_0 = a^2 \sqrt{\frac{\rho h}{D}}, \quad D = \frac{E h^3}{12(1 - \mu^2)} x = a \bar{x}, \quad y = b \bar{y}, \quad u = m \bar{u}, \quad v = l \bar{v}, \quad w = h \bar{w} \quad (3.3.2)$$

O'lchovsiz kordinataga o'tgan ifodasi (**u** ko'chish bo'yicha)

$$\begin{aligned} & \frac{h^3 m^2 E}{12a^4(1-\mu^2)} \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{t}^2} + \left(\frac{Ehm^2}{a^2(1-\mu^2)} + \frac{hm^2}{4\pi a^2} (H_y^2 + H_z^2) \right) \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} + \left(\frac{Ehm^2}{2b^2(1+\mu)} + \frac{hm^2}{4\pi a^2} H_y^2 \right) \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{y}^2} + \\ & + \left(\frac{Eh\mu l^2}{ab(1-\mu^2)} + \frac{hl^2}{4\pi ab} H_z^2 \right) \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} + \frac{Eh}{a(1-\mu^2)} \frac{\partial T}{\partial \bar{x}} \frac{a_r}{(1-\mu)} - \frac{Ehm^2}{2ab(1+\mu)} \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} - \frac{hl^2}{4\pi a^2} H_x H_y \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x}^2} - \\ & - \frac{hl^2}{4\pi b^2} H_x H_y \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{y}^2} - \frac{h^3}{4\pi a^2} H_x H_z \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{h^3}{4\pi b^2} H_x H_z \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} - \frac{h^3}{2\pi ab} H_y H_z \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} + N_x + q_x + \varsigma_x + \xi_{zx} = 0. \end{aligned}$$

O'Ichovsiz kordinataga o'tgan ifodasi (v ko'chish bo'yicha)

$$\begin{aligned} & \frac{h^3 l^2 E}{12a^4(1-\mu^2)} \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{t}^2} + \left(\frac{Ehl^2}{2a^2(1-\mu^2)} + \frac{hl^2}{4\pi a^2} (H_x^2 + H_z^2) \right) \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x}^2} + \left(\frac{Ehl^2}{b^2(1-\mu^2)} + \frac{hl^2}{4\pi b^2} H_x^2 \right) \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{y}^2} + \\ & + \left(\frac{Ehm^2}{2ab(1+\mu)} + \frac{Ehm^2}{ab(1-\mu^2)} \right) \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} + \frac{Eh}{b(1-\mu^2)} \frac{\partial T}{\partial \bar{y}} \frac{a_r}{(1-\mu)} + \frac{hl^2}{4\pi ab} H_z^2 \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} - \\ & - \frac{hm^2}{4\pi a^2} H_x H_y \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} - \frac{h^3 m^2}{4\pi b^2} H_x H_y \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{y}^2} + \frac{h^3}{4\pi a^2} H_y H_z \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2} - \frac{h^3}{4\pi b^2} H_y H_z \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} - \\ & - \frac{h^3}{2\pi ab} H_x H_z \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} + N_y + q_y + \varsigma_y + \xi_{zy} = 0. \end{aligned}$$

O'Ichovsiz kordinataga o'tgan ifodasi (w ko'chish bo'yicha)

$$\begin{aligned} & \frac{h^5 E}{12a^4(1-\mu^2)} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{t}^2} + \frac{Eh^7}{2b^4(1-\mu^2)} \frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \bar{y}^4} - \frac{Eh^7}{2a^2 b^2(1-\mu^2)} \frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2 \partial \bar{y}^2} - \frac{Eh^7}{12a^4(1-\mu^2)} \frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \bar{x}^4} - \\ & - \frac{hm^2}{4\pi a^2} H_x H_z \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} - \frac{Ehm^2}{ab(1-\mu^2)} - \left(\frac{hl^2}{4\pi ab} (H_x H_z + H_y H_z) \right) \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} - \frac{hl^2}{4\pi a^2} H_y H_z \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x}^2} - \\ & - \frac{h^3}{4\pi a^2} (H_y^2 H_z + H_x^2 H_z) \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{h^3}{4\pi b^2} (H_y^2 H_z - H_x^2 H_z) \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} + \frac{h^3}{\pi ab} H_x H_y H_z \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x} \partial \bar{y}} + \\ & + N_y + q_y + \varsigma_z + \xi_{zy} = 0. \end{aligned}$$

Muhokama

Qaralayotgan masalani sonli yechish uchun murakkab konstruksiyaviy shakldagi magnitelastik plastinalarni analitik R-funksiya usuli (RFM), Nyumark usuli, variatsion Bubnov-Galerkin usuli va Gauss sonli usullarni birgalikda qo'llagan holda ishlab chiqilgan hisoblash algoritmi va ularni amalga oshirish ketma-ketligi yoritib berilgan. Xususiyl hosilali differensial tenglamalar tizimlarini yechishning hisoblash algoritmi, izotrop egiluvchan plastina harakat tenglamalar tizimining yechimlar tuzilmasini qurish va fazoviy o'zgaruvchilarga nisbatan diskretlashtirish haqida bayon etilgan.

Xulosa

R-funksiya usuli bilan murakkab konfiguratsiyali magnitelastik plastinalarning soha tenglamasi hamda yechimlar tuzilmasi normallashtirilgan algebraik mantiqiy tenglamalar olindi.

Elektromagnit maydonda joylashgan yupqa murakkab shakldagi anizotrop plastinalarning deformatsiyalanish masalasini sonli yechish uchun hisoblash algoritmi ishlab chiqildi. Murakkab shaklli yupqa anizotrop plastinalarning termo-elektro-magnit-elastiklik masalalarini yechishda R-funksiya va Bubnov-Galerkin variatsion usullarini birgalikda qo'llash samarali bo'lib hisoblanadi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Назиров Ш.А. Трёхмерные нелинейные математические модели механики деформируемого твердого тела. Вопросы вычислительной и прикладной математики. Вып № 128. Ташкент 2012. С:14-46.

2. В.И.Самуль. Основы теории упругости и пластичности. Москва «Высшая школа» 1982. –265 с.
3. А. Д. Коваленко. Введение в термоупругость. «НАУКОВА ДУМКА» Киев, 1965. –204 с.
4. Сафаров Шохрух Шарофович. Мураккаб конструктив шаклдаги юпқа магнитэластик пластина ва қобикларнинг нозиклиги деформацияланиш жараёнларини математик моделлаштириш // Диссертация. Техника фанлари номзоди (PhD). 2022. Б-115.
5. Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е., Белубекян М.В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. - М.: Наука 1977. 272с.
6. В. Новацкий. Динамические задачи термоупругости. Москва 1970. С:256.
7. В.Г.Зубчаников. Основы теории упругости и пластичности.-м.:высшая школа,-1990.-367с.
8. В.В. Новожилов. Теории упругости СУДПРОМГИЗ 1958. 364 с.
9. Васидзе К. Вариационной методы в теории упругости и пластичности .: Пер с англ. – М.: Мир, 1987. 542 с.
10. Нуралиев Ф.М. Математические модели магнитоупругости тонких оболочек и пластин. Вопросы вычислительной и прикладной математики. Вып № 128. Ташкент 2012. С:53-63.

$S_2(P_m)$ DAVRIY FUNKSIYALAR FAZOSIDA EKSTREMAL FUNKSIYA

Azamov Siroj Sobirovich

Toshent Davlat Transport Universiteti dotsenti Phd., dotsen

Bekmurodova Dilorom Baxodir qizi

Toshent Davlat Transport Universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya: Texnikada uchraydigan ko‘plab jarayonlar aniq integrallarni hisoblashga keltiriladi. Aksariyat hollarda bunday integrallarni analitik usullar yordamida hisoblashning iloji bo‘lmaydi. Ushbu ishda davriy funksiyalarning ma‘lum bir sinfida aniq integrallarni taqribiy hisoblash uchun kerak bo‘ladigan ba‘zi asosiy tushunchalar keltiriladi. Variatsion usulda $S_2(P_m)$ fazoda aniqlangan xatolik funksionalni eng kichik qiymatiga erishtiruvchi ekstremal funktsiyani topish masalasi qaraladi.

Kalit so‘zlar: Gilbert fazosi, haqiqiy qiymatli davriy funksiyalar fazosi, kvadratur formula, xatolik funksionali, norma, ekstremal funktsiya.

Аннотация: Во многих технических процессах возникает необходимость вычисления определённых интегралов. В большинстве случаев аналитическое вычисление таких интегралов невозможно. В данной работе приведены некоторые основные понятия, необходимые для приближённого вычисления определённых интегралов в определённом классе периодических функций. В вариационном методе рассматривается задача нахождения экстремальной функции, минимизирующей функционал ошибки, определённый в пространстве $S_2(P_m)$.

Ключевые слова: пространство Гилберта, пространство действительных периодических функций, квадратурная формула, функционал погрешности, норма, экстремальная функция.

Abstract: Many processes in engineering involve the computation of definite integrals. In most cases, it is not possible to evaluate such integrals analytically. This work presents some fundamental concepts necessary for the approximate calculation of definite integrals within a certain class of