

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ФАРҒОНА ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR-**

1995 йилдан нашр этилади
Йилда 6 марта чиқади

6-2018
Декабрь

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

Аниқ ва табиий фанлар

МАТЕМАТИКА

А.ЎРИНОВ, А.СОТВОЛДИЕВ Параболо - гиперболик типдаги модель тенглама учун учинчи чегаравий шартли нолокал масала	5
Э.МАДРАҲИМОВ, М.МИРЗАКАРИМОВА Математик статистика таҳлил қилиш усулининг бир масаласага татбиғи	11
Д.ОРИПОВ Қаср тартибли бир оддий дифференциал тенглама учун локал ва нолокал масалалар	17
М.АБДУМАННОПОВ Мавҳум аргументли бессель функцияси қатнашган ўзгармас коэффициентли интегро-дифференциал тенглама учун интеграл шартли масала	21

ФИЗИКА, ТЕХНИКА

Р.Х.МАКСУДОВ, А.ДЖУРАЕВ, Ш.ШУХРАТОВ Пахта тозалаш агрегатининг аррачали барабан секцияси конструкциясини ишлаб чиқиш	25
М.НАБИЕВ, К.ГАЙНАЗАРОВА, Я.УСМОНОВ, И.ЮЛДОШЕВА Сезгир элементлардаги термоэлектрик тармоқлар сифатида қўлланиладиган <i>n-PbTe</i> пардалар баъзи хоссаларининг экспериментал тадқиғи ва уларни тузатиш	32

КИМЁ

А.ИБРАГИМОВ, А.ИБРОХИМОВ <i>Nitragia</i> индолли алкалоидлар ва уларнинг сунъий аналоглари физиологик фаоллигининг кимёвий структурага боғлиқлиги	36
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ГЕОГРАФИЯ, ТУПРОҚШУНОСЛИК

Р.КУЗИЕВ, Г.ЮЛДАШЕВ Ўзбекистоннинг баланд тоғли тупроқлари қоплами	39
М.ИСАҒАЛИЕВ, Х.АБДУХАКИМОВА, М.ОБИДОВ Суғориладиган ўтлоқи саз тупроқлар геокимёси	43
В.ИСАҚОВ, У.МИРЗАЕВ Арзиқ-шухли ўтлоқи саз тупроқларнинг суғориш таъсиридаги динамикаси	47

Ижтимоий-гуманитар фанлар

ИҚТИСОДИЁТ

А.ҒОФУРОВ, Г.ХОЛМАТЖОНОВА Даромадлар ва аҳолининг банкдаги пул жамғармалардан манфаатдорлигини ошириш муаммолари	51
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ТАРИХ

Т.ЭГАМБЕРДИЕВА, И.СИДДИҚОВ, А.НИШОНОВ Диний бағрикенгликни таъминлаш борасида Ўзбекистон ва ЮНЕСКО ҳамкорлиги	55
Ж.ҲАЙИТОВ Туркистонда манзарали дарахтлар янги турларининг тарқалиш тарихи (XIX аср охири - XX аср бошлари)	61
Н.РЕЖАББОЕВ Фарғона очларига ёрдам (1923-1924 йиллар)	64
З.РАХМАНОВ, М.ХОМИДЖОНОВА Қадимги Фарғонанинг маданиятларини даврлаштириш борасида айрим фикр-мулоҳазалар	69

ФАЛСАҒА, СИЁСАТ

Б.ГАНИЕВ, С.ЭВАТОВ, М.НЕЪМАТОВА Имом Бухорий ҳадисларидаги ахлоқ-одоб қоидаларининг тадбиркорлик маданиятига алоқадорлиги	74
А.КОМИЛОВ Ёшлар турмуш маданиятини юксалтиришда таълим-тарбиянинг ўрни	77

АДАБИЁТШУНОСЛИК

С.ХЎЖАЕВ “Панчатантра” эпоси ва ўзбек адабиёти	80
----------------------------------------------------------------	----

ПАРАБОЛО-ГИПЕРБОЛИК ТИПДАГИ МОДЕЛЬ ТЕНГЛАМА УЧУН УЧИНЧИ ЧЕГАРАВИЙ ШАРТЛИ НОЛОКАЛ МАСАЛА

А.Ўринов, А.Сотволдиев

Аннотация

Мақолада парабола-гиперболик типдаги содда тенглама учун бир нолокал масала ўрганилган. Бунда соҳанинг параболик қисмида учинчи чегаравий шарт, гиперболик қисмида эса силжишли шарт берилган. Қўйилган масала ечимнинг мавжудлиги ва ягоналиги исботланган.

Аннотация

В статье изучена одна нелокальная задача для модельного парабола-гиперболического уравнения. При этом в параболической части области взято третье краевое условие, а в гиперболической части - условие со смещением. Доказано существование и единственность решения поставленной задачи.

Annotation

In the article a nonlocal problem for a model of the parabolic hyperbolic type equation is studied. The third boundary-value condition in the parabolic part of the domain and shifting condition is given in the hyperbolic part of the domain. The uniqueness and existence of solution of the considered problem is proved.

Таянч сўз ва иборалар: парабола-гиперболик типдаги тенглама, ечимнинг мавжудлиги, ечимнинг ягоналиги, учинчи чегаравий шарт, силжишли шарт.

Ключевые слова и выражения: уравнения парабола-гиперболического типа, существование решения, единственность решения, третье краевое условие, условие со смещением.

Keywords and expressions: parabolic hyperbolic type equation, existence of solution, uniqueness of solution, third boundary-value condition, shifting condition.

Ω билан xOt текислигининг $x+t=0$, $x-t=l$, $x=0$, $x=l$, $t=T$ тўғри чизиқлар билан чегараланган чекли соҳасини белгилайлик, бу ерда $l=const > 0$, $T=const > 0$. Яна қуйидаги белгилашларни киритайлик: $\Omega_1 = [\Omega \cap (t > 0)] \cup AE$, $\Omega_2 = \Omega \cap (t < 0)$, $AE = \{(x, T) : 0 < x < l\}$, $OA = \{(0, t) : 0 < t < T\}$, $OB = \{(x, 0) : 0 < x < l\}$, $BE = \{(l, t) : 0 < t < T\}$, $OM = \{(x, t) : t = -x, 0 < x < (l/2)\}$, $BM = \{(x, t) : t = x - l, (l/2) < x < l\}$.

Ω соҳада

$$u_{xx} - \frac{1}{2}(1 - \operatorname{sgn} t)u_{tt} - \frac{1}{2}(1 + \operatorname{sgn} t)u_t = 0 \quad (1)$$

тенгламани қарайлик. Бу тенглама Ω_1 ва Ω_2 соҳаларда мос равишда

$$u_{xx} - u_t = 0, \quad (F)$$

$$u_{xx} - u_{tt} = 0 \quad (D)$$

қўринишларни олиб, параболик ва гиперболик типга тегишли бўлади. Шунинг учун (1) тенглама Ω соҳада аралаш тенглама, яъни парабола-гиперболик тенглама бўлиб, OB кесма унинг тип ўзгариш чизиғидир. Бу тенгламанинг характеристикалари Ω_1 ва Ω_2 соҳаларда мос равишда $t = C_0$ ва $x \pm t = C_1$ чизиқлардан иборат бўлиб, тенгламанинг тип ўзгариш чизиғи, яъни OB кесма характеристика ҳам бўлади.

(1) тенглама учун Ω соҳада қуйидаги масалани ўрганамиз:

1-нолокал Масала. Шундай $u(x, t) \in C(\bar{\Omega}) \cap C_{x,t}^{2,1}(\Omega_1) \cap C^2(\Omega_2)$

функция топилсинки, у Ω_1 ва Ω_2 соҳаларда (1) тенгламани, OB тип ўзгариш чизиғида

$$\lim_{t \rightarrow 0} u(x, t) = \lim_{t \rightarrow 0} u(x, t), \quad 0 < x < l \quad (2)$$

А.Ўринов – ФарДУ, физика-математика фанлари доктори, профессор.

А.Сотволдиев – НамДУ магистранти.

улаш шартини, соҳа чегарасида эса

$$u_x(0,t) + \alpha u(0,t) = \psi_1(t), \quad 0 < t \leq T; \quad (3)$$

$$u_x(l,t) + \beta u(l,t) = \psi_2(t), \quad 0 < t \leq T; \quad (4)$$

$$a(x)u\left(\frac{x}{2}, -\frac{x}{2}\right) + b(x)u\left(\frac{x+l}{2}, \frac{x-l}{2}\right) + c(x)u(x,0) = f(x), \quad 0 \leq x \leq l \quad (5)$$

чегаравий шартларни қаноатлантурсин, бу ерда $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$, $a(x)$, $b(x)$, $c(x)$, $f(x)$ - берилган узлуксиз функциялар бўлиб, $a^2(x) + b^2(x) + c^2(x) \neq 0$, $x \in [0, l]$, $\alpha, \beta \in R$, $\alpha\beta \neq 0$.

(5)- нолокал шарт бўлиб, у номаълум $u(x,t)$ функциянинг \overline{OM} , \overline{BM} ва \overline{OB} кесмалардаги қийматларини боғламоқда.

Қуйидаги шартлар бажарилган деб ҳисоблаб, масаланинг бир қийматли ечилишини тадқиқ қиламиз:

$$a(x), b(x), c(x) \in C^2[0, l]; \quad (6)$$

$$a(l) = 0, b(0) = 0, a(0) + c(0) \neq 0, b(l) + c(l) \neq 0; \quad (7)$$

$$a(x) + b(x) + 2c(x) \neq 0, \quad x \in [0, l]; \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{b(x)}{a(x) + b(x) + 2c(x)} \right] \geq 0, \quad \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{a(x)}{a(x) + b(x) + 2c(x)} \right] \leq 0, \quad 0 \leq x \leq l; \quad (9)$$

$$a(x) - b(x) \neq 0, \quad x \in [0, l]. \quad (10)$$

Масала ечимининг мавжудлиги ва ягоналигини ўрганамиз. Масаланинг $u(x,t)$ ечими мавжуд бўлсин.

$$\left. \begin{aligned} u(x,0) &= \tau(x), \quad 0 \leq x \leq l; \quad u_t(x,0) = \nu(x), \quad 0 < x < l; \\ \tau(x) &\in C[0, l] \cap C^2(0, l), \quad \nu(x) \in C(0, l) \cap L[0, l] \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Белгилашларни ва фаразларни қабул қилайлик.

У ҳолда $u(x,t)$ функцияни Ω_2 соҳада

$$u(x,t) = \frac{1}{2} [\tau(x+t) + \tau(x-t)] + \frac{1}{2} \int_{x-t}^{x+t} \nu(\xi) d\xi \quad (12)$$

кўринишда ёзиш мумкин бўлади.

(12) функцияни (5) шартга бўйсундириш мақсадида қуйидаги ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\begin{aligned} u\left(\frac{x}{2}, -\frac{x}{2}\right) &= \frac{1}{2} [\tau(0) + \tau(x)] + \frac{1}{2} \int_x^0 \nu(\xi) d\xi, \\ u\left(\frac{x+l}{2}, \frac{x-l}{2}\right) &= \frac{1}{2} [\tau(x) + \tau(l)] + \frac{1}{2} \int_l^x \nu(\xi) d\xi. \end{aligned} \quad (13)$$

Бу тенгликларни эътиборга олсак, (5) шартдан

$$[a(x) + b(x) + 2c(x)]\tau(x) = f(x) - a(x)\tau(0) - b(x)\tau(l) +$$

$$+a(x)\int_0^x v(\xi)d\xi + b(x)\int_x^l v(\xi)d\xi, \quad x \in [0, l]$$

тенглик келиб чиқади. (8) шартни эътиборга олиб, бу тенгликни $a(x) + b(x) + 2c(x) = e(x)$ ифодага бўламиз. Сўнгра

$$f_1(x) = \frac{f(x)}{e(x)}, \quad a_1(x) = \frac{a(x)}{e(x)}, \quad b_1(x) = \frac{b(x)}{e(x)}$$

белгилашларни киритсак, $\tau(x)$ ва $v(x)$ номаълум функциялар орасидаги Ω_2 соҳадан олинган асосий муносабатга эга бўламиз:

$$\tau(x) = 2f_1(x) - a_1(x)\tau(0) - b_1(x)\tau(l) + a_1(x)\int_0^x v(\xi)d\xi + b_1(x)\int_x^l v(\xi)d\xi, \quad x \in [0, l]. \quad (14)$$

Бу тенгликда $x=0$ ва $x=l$ деб, (7) шартларни ҳисобга олсак, $\tau(0)$ ва $\tau(l)$ номаълум сонлар бир қийматли топилади:

$$\tau(0) = \{c(0) / [a(0) + c(0)]\}, \quad \tau(l) = \{c(l) / [b(l) + c(l)]\}. \quad (15)$$

Энди (1) тенгламада t ни нолга интилтирсак, (11) белгилашларга асосан

$$\tau''(x) - v(x) = 0, \quad x \in (0, l) \quad (16)$$

тенглик келиб чиқади.

Натижада, номаълум $\tau(x)$ ва $v(x)$ функцияларга нисбатан $\{(14), (15), (16)\}$ масалага эга бўламиз.

$\{(14), (15), (16)\}$ масаланинг бир қийматли ечилишини текширайлик. Дастлаб бу масала ечимининг ягоналигини текшираемиз. Фараз қилайлик, $\{(14), (15), (16)\}$ масала $\tau_1(x)$, $v_1(x)$ ва $\tau_2(x)$, $v_2(x)$ ечимларга эга бўлсин. У ҳолда $\tau(x) = \tau_1(x) - \tau_2(x)$, $v(x) = v_1(x) - v_2(x)$ функциялар (16) ва

$$\tau(0) = 0, \quad \tau(l) = 0, \quad (17)$$

$$\tau(x) = a_1(x)\int_0^x v(\xi)d\xi + b_1(x)\int_x^l v(\xi)d\xi, \quad x \in [0, l] \quad (18)$$

тенгликларни қаноатлантиради.

(16), (17) ва (18) тенгликлар ёрдамида

$$J = \int_0^l \tau(x)v(x)dx$$

интегралнинг ишорасини текширайлик.

(16) тенгликдан $v(x)$ функцияни топиб ва J интегралга қўйиб, сўнгра ҳосил бўлган интегрални бўлакласак ва (17) тенгликларни инобатга олсак,

$$J = \int_0^l \tau(x)v(x)dx = -\int_0^l [\tau'(x)]^2 dx \leq 0 \quad (19)$$

тенгсизликка эга бўламиз.

Энди $\tau(x)$ функциянинг (18) ифодасини J интегралга қўямиз ва ҳосил бўлган ифодани қуйидагича ёзиб оламиз:

$$J = \frac{1}{2} \int_0^l \left\{ a_1(x) \frac{d}{dx} \left[\int_0^x v(\xi) d\xi \right]^2 - b_1(x) \frac{d}{dx} \left[\int_x^l v(\xi) d\xi \right]^2 \right\} dx.$$

Бу интегрални бўлаклаб, сўнгра (7) шартларни ҳисобга олсак,

$$J = \frac{1}{2} \int_0^l \left\{ b_1'(x) \left[\int_x^l v(\xi) d\xi \right]^2 - a_1'(x) \left[\int_0^x v(\xi) d\xi \right]^2 \right\} dx$$

тенглик келиб чиқади. (9) шарт бажарилганда $a_1'(x) \leq 0$, $b_1'(x) \geq 0$, $x \in [0, l]$ тенгсизликлар ўринли бўлади. Буларни инobatга олсак, охириги тенгликдан $J \geq 0$ эканлигини топамиз. Бундан ва (19) тенгсизликдан келиб чиқадики, $J = 0$. У ҳолда J нинг (19) кўринишига кўра $\tau'(x) \equiv 0$, яъни $\tau(x) \equiv const$, $x \in [0, l]$. Унда (17) тенгликларга асосан $\tau(x) \equiv 0$, $x \in [0, l]$. Буни (16) тенгликка қўйсак, $v(x) \equiv 0$, $x \in [0, l]$ эканлиги келиб чиқади. Демак, $\tau_1(x) \equiv \tau_2(x)$, $v_1(x) \equiv v_2(x)$, $x \in [0, l]$, яъни, агар $\{(14), (15), (16)\}$ масала ечимга эга бўлса, у ягонадир.

Изоҳ. Бу тасдиқни исботлашда $\int_0^l [\tau'(x)]^2 dx$ интегрални мавжуд ва чекли, яъни $\tau'(x) \in L_2[0, l]$ деб ҳисобладик. Буни инobatга олсак, (14) тенгликдан $v(x) \in L_2[0, l]$ бўлиши келиб чиқади. Демак, ечимнинг ягоналиги ҳақидаги юқоридаги тасдиқ $\tau'(x)$ ва $v(x)$ функциялар $L_2[0, l]$ синфга тегишли бўлганда, ўринли бўлади.

Энди $\{(14), (15), (16)\}$ масала ечимининг мавжудлигини текшираемиз. Шу мақсадда (16) тенгликда x ни z билан алмаштириб, ҳосил бўлган тенгликни z бўйича $[0, x]$ оралиқда икки марта интеграллаймиз:

$$\tau(x) = \int_0^x (x-z)v(z) dz + C_1 x + C_0$$

Бу функцияни (15) шартларга қўйиб, C_0 ва C_1 сонларни топамиз:

$$C_0 = \tau(0), \quad C_1 = \frac{1}{l} \left[\tau(l) - \tau(0) - \int_0^l (l-z)v(z) dz \right].$$

Буларни эътиборга олсак, $\tau(x)$ функция қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\begin{aligned} \tau(x) = & \int_0^x (x-z)v(z) dz - \frac{x}{l} \int_0^l (l-z)v(z) dz + \\ & + \tau(0) + (x/l) [\tau(l) - \tau(0)], \quad x \in [0, l]. \end{aligned}$$

$\tau(x)$ функциянинг бу ифодасини (14) тенгликка қўйиб, сўнгра ҳосил бўлган тенгликни бир марта дифференциаллаб ва (10) шартни инobatга олиб, $v(x)$ номаълум функцияга нисбатан қуйидаги кўринишдаги

$$v(x) + \int_0^l v(z)K(x,z)dz = f_2(x), \quad x \in [0,l] \quad (20)$$

иккинчи тур Фредгольм интеграл тенгламасига эга бўламиз, бу ерда

$$f_2(x) = \left\{ a_1'(x)\tau(0) + b_1'(x)\tau(l) - 2f_1'(x) + [\tau(l) - \tau(0)]l^{-1} \right\} [a_1(x) - b_1(x)]^{-1},$$

$$K(x,z) = \begin{cases} [a_1(x) - b_1(x)]^{-1} [a_1'(x) - zl^{-1}], & x \geq z; \\ [a_1(x) - b_1(x)]^{-1} [b_1'(x) + 1 - zl^{-1}], & x \leq z. \end{cases}$$

(20) интеграл тенглама $\{(14),(15),(16)\}$ масалага эквивалент бўлиб, унга мос бир жинсли тенглама $\{(16),(17),(18)\}$ бир жинсли масалага мос келади. Охирги масала фақат тривиал ечимга эга бўлгани учун (20) га мос бир жинсли интеграл тенглама ҳам фақат тривиал ечимга эга бўлади. У ҳолда Фредгольм альтернативасига асосан бир жинслимас (20) интеграл тенглама ягона ечимга эга бўлади.

(6) шартлар ва $f_2(x)$, $K(x,z)$ функцияларнинг тузилишига асосан (20) интеграл тенгламанинг ечими $C^1[0,l]$ синфга тегишли бўлади.

(20) интеграл тенгламадан топилган $v(x) \in C^1[0,l]$ функцияни (14) тенгликка қўйиб, $\tau(x) \in C^2[0,l]$ функцияни топамиз.

Шундай қилиб, қуйидаги теорема исботланди:

1-теорема. Агар (6)-(10) шартлар бажарилса, $\{(14),(15),(16)\}$ масала ягона ечимга эга бўлади.

$\{(14),(15),(16)\}$ масаладан топилган $\tau(x)$ ва $v(x)$ функцияларни (12) формулага қўйиб, 1- нолокал масаланинг ечимини Ω_2 соҳада топамиз.

Масаланинг ечими Ω_1 соҳада (F) тенгламага (3), (4) ва $u(x,0) = \tau(x)$, $0 \leq x \leq l$ шартлар билан қўйилган чегаравий масаланинг ечими сифатида топилади. Уни (F) тенглама учун қўйилган иккинчи чегаравий масаланинг ечими кўринишида қидирамиз:

$$u(x,t) = \int_0^l \tau(\xi)G_2(x,t;\xi,0)d\xi - \int_0^t \varphi_1(\eta)G_2(x,t;0,\eta)d\eta + \int_0^t \varphi_2(\eta)G_2(x,t;l,\eta)d\eta \quad (21)$$

бу ерда $\varphi_1(t) = u_x(0,t)$, $\varphi_2(t) = u_x(l,t)$

$$G_2(x,t;\xi,\eta) = (1/2) [\pi(t-\eta)]^{-1/2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \exp \left[-\frac{(x-\xi-2nl)^2}{4(t-\eta)} \right] + \exp \left[-\frac{(x+\xi-2nl)^2}{4(t-\eta)} \right] \right\}.$$

Бу формуладан $u(0,t)$ ва $u(l,t)$ ларни топамиз:

$$u(0,t) = \int_0^1 \tau(\xi) G_2(0,t;\xi,0) d\xi - \int_0^t \varphi_1(\eta) G_2(0,t;0,\eta) d\eta + \int_0^t \varphi_2(\eta) G_2(0,t;l,\eta) d\eta,$$

$$u(l,t) = \int_0^1 \tau(\xi) G_2(l,t;\xi,0) d\xi - \int_0^t \varphi_1(\eta) G_2(l,t;0,\eta) d\eta + \int_0^t \varphi_2(\eta) G_2(l,t;l,\eta) d\eta.$$

Буларни (3) ва (4) шартларга қўйиб, сўнгра $u_x(0,l) = \varphi_1(t)$, $u_x(l,t) = \varphi_2(t)$ белгилашларни эътиборга олсак, $\varphi_1(t)$ ва $\varphi_2(t)$ номаълумларга нисбатан қуйидаги интеграл тенгламалар системасига келамиз:

$$\begin{aligned} \varphi_1(t) + \int_0^t \varphi_1(t) K_{11}(x,t) dt + \int_0^t \varphi_2(t) K_{12}(x,t) dt &= f_3(t), & 0 < t \leq T; \\ \varphi_2(t) + \int_0^t \varphi_1(t) K_{22}(x,t) dt + \int_0^t \varphi_2(t) K_{12}(x,t) dt &= f_4(t), & 0 < t \leq T, \end{aligned} \quad (22)$$

бу ерда

$$f_3(t) = \psi_1(t) - \alpha \int_0^1 \tau(\xi) G_2(0,t;\xi,0) d\xi,$$

$$f_4(t) = \psi_2(t) - \beta \int_0^1 \tau(\xi) G_2(l,t;\xi,0) d\xi,$$

$$\begin{aligned} K_{11}(x,t) &= -\alpha G_2(0,t;0,\eta), & K_{12}(x,t) &= \alpha G_2(0,t;l,\eta), \\ K_{21}(x,t) &= -\beta G_2(l,t;0,\eta), & K_{22}(x,t) &= \beta G_2(l,t;l,\eta). \end{aligned}$$

$G_2(x,t;\xi,\eta)$ функциянинг тузилишидан осонгина топиш мумкинки, $K_{12}(x,t)$ ва $K_{21}(x,t)$ узлуксиз функциялар, $K_{11}(x,t)$ ва $K_{22}(x,t)$ лар эса $1/2$ тартибли султ махсусликка эга бўлган функциялар.

Демак, (22), умумий ҳолда, султ махсусликка эга бўлган ядроли иккинчи тур Вольтерра интеграл тенгламалар системасини ташкил қилар экан. Берилган функцияларга қўйилган шартларга асосан унинг ўнг томонлари узлуксиз функциялар бўлади.

У ҳолда иккинчи тур Вольтерра интеграл тенгламалар назариясига асосан, (22) система ягона ечимга эга.

(22) системадан топилган $\varphi_1(t)$ ва $\varphi_2(t)$ ларни (21) формулага қўйиб, қўйилган масаланинг ечимини Ω_1 соҳада топамиз.

Масала тўла ҳал бўлди.

Адабиётлар:

1. Ўринов А.Қ. Параболик типдаги дифференциал тенгламалар учун чегаравий масалалар. – Т.: Mumtoz so'z, 2015.
2. Ўринов А.Қ. Параболо-гиперболик типдаги дифференциал тенгламалар учун чегаравий масалалар. – Т.: Наврўз, 2016.
3. Salohiddinov M.S. Integral tenglamalar. – Т.: Yangiyul polygraph service, 2007.