

**ПЕДАГОГИКА ВА ПСИХОЛОГИЯДА  
ИННОВАЦИЯЛАР**

**2-МАХСУС СОН**

**ИННОВАЦИИ В ПЕДАГОГИКЕ И  
ПСИХОЛОГИИ**

**СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК-2**

**INNOVATIONS IN PEDAGOGY AND  
PSYCHOLOGY**

**SPECIAL ISSUE-2**

**2020 йил - "ИЛМ-МАЪРИФАТ ВА РАҚАМЛИ ИҚТИСОДИЁТНИ  
РИВОЖЛАНТИРИШ ЙИЛИ"**



**TOSHKENT-2020**

**ПЕДАГОГИКА ВА ПСИХОЛОГИЯДА ИННОВАЦИЯЛАР  
ИННОВАЦИИ В ПЕДАГОГИКЕ И ПСИХОЛОГИИ  
INNOVATIONS IN PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY**  
№SI-2 (2020) DOI <http://dx.doi.org/10.26739/2181-9513-2020-SI-2>

**Бош мухаррир:  
Главный редактор:  
Chief Editor:**  
**Аскарров Аббор Давлатмирзаевич**  
педагогика фанлари бўйича фалсафа доктори

Педагогика йўналиши

**Бош мухаррир:  
Главный редактор:  
Chief Editor:**  
**Мухамедова Дилбар Гафурджановна**  
психология фанлари доктори, профессор

Психология йўналиши

**Педагогика ва психологияда инновациялар журнал тахририй маслаҳат кенгаши  
Editorial Board of the Journal of Innovations in pedagogy and psychology  
Международный редакционный совет журнала Инновации в педагогике и психологии**

**Урзова Марина Батировна**  
Педагогика фанлари доктори

**Муслимов Нарзулла Алиханович**  
Педагогика фанлари доктори, профессор

**Джораев Мухамматрасул**  
Педагогика фанлари доктори, профессор

**Нурманов Абдиназар Ташбаевич**  
Педагогика фанлари доктори

**Халиков Аъзам Абдусаломович**  
Педагогика фанлари доктори

**Аюпова Мукаррам**  
Педагогика фанлари номзоди, профессор

**Ҳамидов Жалил Абдурасулович**  
Педагогика фанлари доктори

**Тўракулов Олим Холбўтаевич**  
Педагогика фанлари доктори

**Шорена Дзамукашвили**  
Педагогика фанлари доктори

**Шорена Вахтангишвили**  
Педагогика фанлари доктори

**Саипова Малоҳат Латиповна**  
Психология фанлари бўйича фалсафа доктори

**Page Maker\Верстка\Саҳифаловчи: Хуршид Мирзахмедов**

**Контакт редакций журналлов. [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)**  
ООО Tadqiqot город Ташкент,  
улица Амира Темура пр.1, дом-2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Тел: (+998-94) 404-0000

**Editorial staff of the journals of [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)**  
Tadqiqot LLC The city of Tashkent,  
Amir Temur Street pr.1, House 2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Phone: (+998-94) 404-0000

<b>87. Сайёра Муҳаммадиева</b> АҲМАД ЯССАВИЙ АХЛОҚИЙ-МАЪРИФИЙ ҒОЯЛАРИНИНГ ДИДАКТИК ХУСУСИЯТЛАРИ.....	564
<b>88. Комила Пардаева,</b> ЖАДИД МАЪРИФАТИ ВА АБДУЛЛА АВЛОНИЙНИНГ ИЖТИМОИЙ-ПЕДАГОГИК ФАОЛИЯТИ.....	570
<b>89. Камалов Азамат Жамалович</b> ДУНЁНИНГ РИВОЖЛАНГАН МАМЛАКАТЛАРИ ҒОЯВИЙ ТАРҒИБОТ МЕНЕЖМЕНТИНИНГ КОМПАРАТИВ ТАҲЛИЛИ.....	576
<b>90. М.У. Ишонкулов, Жумаев Абдилхаким Турдиевич</b> ТАЪЛИМ ЖАРАЁНИДА ЗАМОНАВИЙ ПЕДАГОГИК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДАН ФЙДАЛАНИШ.....	584
<b>91. Чорикул Қазоқович Хайруллаев</b> МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМНИНГ ШАХС КОМПЕТЕНТЛИГИНИ ШАКЛАНТИРИШДАГИ РОЛИ.....	588
<b>92. Гавхар Сиддиковна Фузаилова</b> СОЦИУМ КАК ГЛАВНЫЙ ФАКТОР В ФОРМИРОВАНИИ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТА И МОДЕЛЕЙ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ПОВЕДЕНИЕ.....	594
<b>93. Маматқулова Кимёхон Абдужалиловна</b> МАКТАБ ДИРЕКТОРЛАРИНИНГ ЭҲТИЁЖЛАРГА АСОСЛАНГАН МАЛАКА ОШИРИШ МЕХАНИЗМИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ.....	604
<b>94. Xo`jabekova Mukarramoy Murodillo qizi</b> TARBIYACHINI INNOVATION FAOLIYATGA TAYYORLASH.....	611
<b>95. Исмоилова Маҳсума Нарзикуловна</b> МАКТАБГАЧА ЁШДА ТАЪЛИМ ВА РИВОЖЛАНИШ ПСИХОЛОГИЯСИ.....	617
<b>96. Имомова Шафоат Махмудовна</b> BURCHAKLI SOHADA VEKTORLI TO`LQIN TENGLAMASIGA QO`YILGAN ARALASH MASALANI PARAMETRLI AYIRMALI SXEMA BILAN SONLI HISOBLASH.....	629
<b>97. М. Нурбаева</b> БОШЛАНҒИЧ ТАЪЛИМ ПЕДАГОГЛАРИНИ ТАРБИЯЛАШДА ШАРҚ МУТАФАККИРЛАРИНИНГ ОДОБ-АХЛОҚ МАСАЛАЛАРИГА ОИД ҚАРАШЛАРИ.....	634
<b>98. Арипова Малика Ганишеровна,</b> КОЛЛАБОРАТИВНЫЙ ПРОЕКТ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗАХ.....	641
<b>99. Шайзакова Нигора Саидорифовна</b> МАКТАБГАЧА КАТТА ЁШДАГИ БОЛАЛАРНИ БАДИИЙ-ЭСТЕТИК РИВОЖЛАНТИРИШ ШАКЛИ, МЕТОД ВА ВОСИТАЛАРИ.....	646
<b>100. Расулева Наима Зияутдиновна,</b> ЎЗБЕКИСТОНДА ЭР-ХОТИН ЎРТАСИДАГИ НИЗОЛАРНИНГ САБАБ ВА ОҚИБАТЛАРИ.....	652
<b>101. Latifa Zarifovna Qorayeva</b> KREATIVLIK - O`QUVCHI FAOLIYATINING ASOSI SIFATIDA.....	661

**ПЕДАГОГИКА ВА ПСИХОЛОГИЯДА ИННОВАЦИЯЛАР  
ИННОВАЦИИ В ПЕДАГОГИКЕ И ПСИХОЛОГИИ  
INNOVATIONS IN PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY**

**Имомова Шафоат Махмудовна**  
Бухоро давлат университети  
Ахборот технологиялари  
кафедраси катта ўқитувчиси.  
maxsuma.ismoilova@mail.ru

**BURCHAKLI SOHADA VEKTORLI TO'LQIN TENGLAMASIGA QO'YILGAN  
ARALASH MASALANI PARAMETRLI AYIRMALI SXEMA BILAN SONLI HISOBLASH**

*For citation: Sh.M. Imomova. A parametric difference scheme for the numerical solution of a mixed problem for a wave equation in a region with an angle Journal of innovations in pedagogy and psychology, 2020 Journal of innovations in pedagogy and psychology 2020. pp. 629-633*



<http://dx.doi.org/10.26739/2181-9513-2020-SI-2-96>

**ANNOTASIYA**

Burchakli sohada vektorli to'lqin tenglamasi uchun aralash masalaning yechimi uchun Sobolev fazosida aprior baho olingan. Aprior bahoning olinishi "Energiyaning dissipativ integralini" qurishga asoslangan. Ushbu maqolada burchakli sohada vektorli yo'lqin tenglamasiga qo'yilgan aralash masalani sonli hisoblovchi ayirmali sxema qurilgan va turg'unligi isbotlangan.

**Kalit so'zlar:** aralash masala, matrisa, ayirmali sxema, turg'unlik, kompleks, vector, Lopatinskiy sharti.

**Имомова Шафоат Махмудовна.**  
старший преподаватель кафедры  
информационных технологий  
Бухарский государственный университет.

**ПАРАМЕТРНАЯ РАЗНОСТНАЯ СХЕМА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ  
СМЕШАННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ В ОБЛАСТИ С УГЛОМ**

**АННОТАЦИЯ**

В данной статье построена разностная схема для численного решения смешанной задачи для волнового уравнения в области с углом, доказывается её устойчивость.

**Ключевые слова:** смешанная задача, матрица, разностная схема, устойчивость, комплекс, вектор, условия Лопатинский.

**Imomova Shafolat Makhmudovna**  
Senior Lecturer, Department of  
Information Technology,  
Bukhara State University.

**A PARAMETRIC DIFFERENCE SCHEME FOR THE NUMERICAL SOLUTION OF A MIXED PROBLEM FOR A WAVE EQUATION IN A REGION WITH AN ANGLE**

**SUMMARY**

In the article a difference scheme for numerical solution of mixed problem for wave equation in wiz corner is constructed. The difference scheme stability is proved.

**Key word's:** mixed problem, matrix, difference scheme, stability, complex, vector, Lopatinskiy terms.

Quyidagi masalani qaraymiz:

$R_+^3 = \{(t, x, y) | t, x, y > 0\}$  sohada

$$U_{tt} - U_{xx} - U_{yy} = 0 \tag{1}$$

vektorli to'liq tenglamasining

$x = 0$  da

$$J_1 U_t - A_1 U_x - B_1 U_y = 0, (t, y) \in R_+^2 \tag{2}$$

$y = 0$  da

$$J_2 U_t - A_2 U_x - B_2 U_y = 0, (t, x) \in R_+^2 \tag{3}$$

chegaraviy shartlarni va

$$U = \Phi(x, y), U_t = \psi(x, y), t = 0, (x, y) \in R_+^2 \tag{4}$$

boshlang'ich shartlarni qanoatlantiruvchi yechimi topilsin.

Bu yerda  $J_1, A_1, B_1, J_2, B_2, A_2 - n$  o'lchovli o'zgarimas kompleks matrisalar. [1] monografiyada ushbu masalaning yechimi uchun aprior baho olingan. Aprior bahoning olinishi "Energiyaning dissipativ integralini" qurishga asoslangan.

$\xi, \theta(x = r \cos \theta, y = r \sin \theta, \xi = \ln r)$  qutb koordinatalar o'tib (1)–(4) masalani

$t > 0, 0 < \theta < \frac{\pi}{2}, \xi \in R'$  sohada

$$\left\{ e^\xi A_0 \frac{\partial}{\partial t} - B_0 \frac{\partial}{\partial \theta} - C_0 \frac{\partial}{\partial \xi} + Q_0 \right\} V = 0, t > 0, (\theta, \xi) \in \Pi \tag{5}$$

$$J_1 V_1 + A_1 V_2 - B_1 V_3 = 0, \theta = \frac{\pi}{2}, t > 0, \xi \in R' \tag{6}$$

$$J_2 V_1 - A_2 V_2 - B_2 V_3 = 0, \theta = 0, t > 0, \xi \in R' \tag{7}$$

$$V = \{e^\xi \tilde{\psi}(\theta, \xi), \tilde{\Phi}'_\xi(\theta, \xi)\}, t = 0, (\theta, \xi) \in \Pi \tag{8}$$

bu yerda

$$A_0 = \begin{pmatrix} K & L & M \\ L & K & iN \\ M & -iN & K \end{pmatrix}, B_0 = \begin{pmatrix} L & K & iN \\ K & L & M \\ -iN & M & -L \end{pmatrix}, C_0 = \begin{pmatrix} M & -iN & K \\ iN & -M & L \\ K & L & M \end{pmatrix}$$

$$Q_0 = \begin{pmatrix} M & 0 & 0 \\ iN & 0 & 0 \\ K & 0 & 0 \end{pmatrix}, V = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^\xi U_t \\ U_\theta \\ U_\xi \end{pmatrix}$$

$K, L, M, N$  – hozircha ixtiyoriy elementlari  $\theta$  ga bog'liq ermit matrisalar.

Biz (5)–(8) aralash masalani approksimatsiya qiluvchi parametrlari ayirmali sxemani quramiz.

Buning uchun (5) sistemada  $V = e^{\frac{1}{2}\xi} Y$  almashtirish bajarib, quyidagi ko'rinishlarda yozib olamiz:

$$e^{\xi} A_0 \frac{\partial Y}{\partial t} - \frac{\partial [B_0 Y]}{\partial \theta} - C_0 \frac{\partial Y}{\partial \xi} + \left[ Q_0 - \frac{1}{2} C_0 + \frac{d}{d\theta} B_0 \right] Y = 0 \quad (9)$$

$$e^{\xi} A_0 \frac{\partial Y}{\partial t} - B_0 \frac{\partial Y}{\partial \theta} - C_0 \frac{\partial Y}{\partial \xi} + \left[ Q_0 - \frac{1}{2} C_0 \right] Y = 0 \quad (10)$$

Ushbu (9)-(10) sistemalarni chap tomondan  $D = \text{diag}(y_1, y_2, y_3)$  matrisaga ko'paytiramiz. Hosil qilingan sistemalarni qo'shib

$$2e^{\xi} D A_0 \frac{\partial Y}{\partial t} - D \frac{\partial [B_0 Y]}{\partial \theta} - D B_0 \frac{\partial Y}{\partial \theta} - 2D C_0 \frac{\partial Y}{\partial \xi} + D \left[ 2Q_0 - C_0 + \frac{d}{d\theta} B_0 \right] Y = 0 \quad (11)$$

sistemani hosil qilamiz.

Qaralayotgan  $t \geq 0, 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}, \xi \in R^1$  sohada  $t, \theta, \xi$  o'qlari bo'ylab mos ravishda

$\Delta t = \Delta_t, \Delta \theta = \Delta_\theta, \Delta \xi = \Delta_\xi$  qadamlar bilan to'r quramiz. Quyidagi belgilahslarni kiritamiz:

$$Y_{ij}^n = Y(n\Delta_t, i\Delta_\theta, j\Delta_\xi) = (y_1(n\Delta_t, i\Delta_\theta, j\Delta_\xi), y_2(n\Delta_t, i\Delta_\theta, j\Delta_\xi), y_3(n\Delta_t, i\Delta_\theta, j\Delta_\xi))', i = \overline{0, I}, n, |j| = 0, 1, \dots;$$

$$\|Y^n\|_{A_0}^2 = \Delta_\theta \Delta_\xi \sum_{i=0}^I \sum_{j=-\infty}^{\infty} e^{\xi_j} (A_0 Y_{ij}^n, Y_{ij}^n), L = (1, 1, 1)'$$

Endi (11) tenglikni approksimatsiya qiladigan parametrlari ayirmali tenglamani quramiz:

$$e^{\xi_j} D_{ij}^n(A_0)_i \frac{Y_{ij}^{n+1} - Y_{ij}^n}{\Delta_t} + e^{\xi_j} D_{ij}^{n+1}(A_0)_i \frac{Y_{ij}^{n+1} - Y_{ij}^n}{\Delta_t} - \sigma \left[ D_{ij}^{n+1} \frac{(B_0 Y)_{i+1j}^{n+1} - (B_0 Y)_{ij}^{n+1}}{\Delta_\theta} + D_{i+1j}^{n+1}(B_0)_{i+1} \frac{Y_{i+1j}^{n+1} - Y_{ij}^{n+1}}{\Delta_\theta} + D_{ij}^{n+1}(C_0)_i \frac{Y_{ij+1}^{n+1} - Y_{ij}^{n+1}}{\Delta_\xi} + D_{ij+1}^{n+1}(C_0)_i \frac{Y_{ij+1}^{n+1} - Y_{ij}^{n+1}}{\Delta_\xi} \right] - (1 - \sigma) \left[ D_{ij}^n \frac{(B_0 Y)_{i+1j}^n - (B_0 Y)_{ij}^n}{\Delta_\theta} + D_{i+1j}^n(B_0)_{i+1} \frac{Y_{i+1j}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\theta} + D_{ij}^n(C_0)_i \frac{Y_{ij+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\xi} + D_{ij+1}^n(C_0)_i \frac{Y_{ij+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\xi} \right] + D_{ij}^n \left[ 2Q_0 - C_0 + \frac{d}{d\theta} B_0 \right]_i Y_{ij}^n = 0 \quad (12)$$

$$n = \overline{0, N-1}, i = \overline{0, I-1}, |j| = 0, 1, 2, \dots$$

$$i = 0, |j| = 0, 1, 2, \dots \text{ da } (y_1)_{0j}^n - a_2 (y_2)_{0j}^n - b_2 (y_3)_{0j}^n = 0, \quad (13)$$

$$i = I, |j| = 0, 1, 2, \dots \text{ da } (y_1)_{Ij}^n + a_1 (y_2)_{Ij}^n - b_1 (y_3)_{Ij}^n = 0, \quad (14)$$

$$n = 0, i = 0, 1, 2, \dots, I, |j| = 0, 1, 2, \dots \text{ da } Y_{ij}^0 = \left( e^{\frac{1}{2}\xi_j} \tilde{\psi}(\xi_j, \theta_i), e^{\frac{1}{2}\xi_j} \tilde{\psi}_\theta(\xi_j, \theta_i), e^{\frac{1}{2}\xi_j} \tilde{\psi}_\xi(\xi_j, \theta_i) \right)' \quad (15)$$

**Teorema.** Faraz qilamiz Lopatinskiy tekis sharti bajarilsin. U holda (12)–(15) ayirmali sxema

$$\sigma \in [0, 1] \text{ uchun } \sqrt{J_n} \text{ energetik normada turg'un bo'ladi, bu yerda } J^n = \Delta_\theta \Delta_\xi \sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} (A_0 V, V)_{ij}^n.$$

**Isbot.**

Yuqorida tenglamalar sistemasini o'ng tomonidan yasovchilari birlardan iborat vektorga skalyar ko'paytiramiz.

$$\begin{aligned} & \left( \bar{D}_{ij}^n(A_0)_i \frac{Y_{ij}^{n+1} + Y_{ij}^n}{\Delta_t}, L \right) + \left( D_{ij}^{n+1}(\bar{A}_0)_i \frac{\bar{Y}_{ij}^{n+1} - \bar{Y}_{ij}^n}{\Delta_t}, L \right) = \\ & \left( (A_0)_i \frac{Y_{ij}^{n+1} + Y_{ij}^n}{\Delta_t}, (\bar{D}L)_{ij}^n \right) + \left( (A_0)_i (DL)_{ij}^{n+1}, \frac{\bar{Y}_{ij}^{n+1} - \bar{Y}_{ij}^n}{\Delta_t} \right) = \\ & \frac{1}{\Delta_t} (A_0 Y, \bar{Y})_{ij}^{n+1} - \frac{1}{\Delta_t} (A_0 Y, \bar{Y})_{ij}^n; \\ & \left( \sigma \bar{D} \frac{[B_0 Y]_{i+1} - [B_0 Y]_i}{\Delta_\theta}, L \right) + \left( \sigma D_{i+1} [\bar{B}_0]_{i+1} \frac{\bar{Y}_{i+1} - \bar{Y}_i}{\Delta_\theta}, L \right) = \\ & = \sigma \left( \frac{[B_0 Y]_{i+1} - [B_0 Y]_i}{\Delta_\theta}, \bar{Y}_i \right) + \sigma \left( [B_0 Y]_{i+1}, \frac{\bar{Y}_{i+1} - \bar{Y}_i}{\Delta_\theta} \right) = \\ & = \frac{\sigma}{\Delta_\theta} (B_0 Y, \bar{Y})_{i+1}^n - \frac{\sigma}{\Delta_\theta} (B_0 Y, \bar{Y})_{ij}^n; \end{aligned}$$

bu yerda  $D = D_{ij}^n$ ,  $\bar{D}_{i+1} = \bar{D}_{i+1}^n$  va hokazo.

$$\begin{aligned} & \left( \sigma \bar{D} C_0 \frac{Y_{j+1} - Y_j}{\Delta_\xi}, L \right) + \left( \sigma D_{j+1} C_0 \frac{\bar{Y}_{j+1} - \bar{Y}_j}{\Delta_\xi}, L \right) = \\ & = \sigma \left( C_0 \frac{Y_{j+1} - Y_j}{\Delta_\xi}, \bar{Y}_j \right) + \sigma \left( C_0 Y_{j+1}, \frac{\bar{Y}_{j+1} - \bar{Y}_j}{\Delta_\xi} \right) = \\ & = \frac{\sigma}{\Delta_\xi} (C_0 \bar{Y}, \bar{Y})_{ij+1}^n - \frac{\sigma}{\Delta_\xi} (C_0 Y, \bar{Y})_{ij}^n; \end{aligned}$$

$$\left( (1-\sigma) D_{ij}^n \frac{[B_0 Y]_{i+1}^n - [B_0 Y]_{ij}^n}{\Delta_\theta}, L \right) + \left( (1-\sigma) D_{i+1}^n [B_0]_{i+1} \frac{Y_{i+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\theta}, L \right) = (1-\sigma) \left( \frac{[B_0 Y]_{i+1}^n - [B_0 Y]_{ij}^n}{\Delta_\theta}, Y_{ij}^n \right) +$$

$$+ (1-\sigma) \left( \frac{Y_{i+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\theta}, [B_0 Y]_{i+1}^n \right) = \frac{1-\sigma}{\Delta_\theta} (B_0 Y, Y)_{i+1}^n - \frac{1-\sigma}{\Delta_\theta} (B_0 Y, Y)_{ij}^n$$

$$\left( (1-\sigma) D_{ij}^n (C_0)_i \frac{Y_{ij+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\xi}, L \right) + \left( (1-\sigma) D_{ij+1}^n [C_0]_i \frac{Y_{ij+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\xi}, L \right) = (1-\sigma) \left( \frac{Y_{ij+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\xi}, (C_0)_i Y_{ij}^n \right) +$$

$$+ (1-\sigma) \left( \frac{Y_{ij+1}^n - Y_{ij}^n}{\Delta_\xi}, [C_0 Y]_{i,j+1}^n \right) = \frac{1-\sigma}{\Delta_\xi} (C_0 Y, Y)_{ij+1}^n - \frac{1-\sigma}{\Delta_\xi} (C_0 Y, Y)_{ij}^n$$

$$\left( \bar{D} \left[ Q_0 - \mu C_0 + \frac{d}{d\theta} B_0 \right] Y, L \right) + \left( D \left[ \bar{Q}_0 - \mu \bar{C}_0 \right] \bar{Y}, L \right) =$$

$$= \left( \left[ Q_0 - \mu C_0 + \frac{d}{d\theta} B_0 \right] Y, \bar{Y} \right) + \left( D \left[ Q_0^* - \mu \bar{C}_0 \right] \bar{Y}, Y \right) =$$

$$\left( \left[ Q_0 + Q_0^* - 2 \operatorname{Re} \mu C_0 + \frac{d}{d\theta} B_0 \right] Y, \bar{Y} \right)$$

tengliklarni hosil qilamiz. Ushbu tengliklardan esa

$$\begin{aligned} & e^{\xi_j} \frac{1}{\Delta_t} \left\{ (A_0 Y, \bar{Y})^{n+1} - (A_0 Y, \bar{Y})^n \right\} - \frac{\sigma}{\Delta_\theta} \left\{ (B_0 Y, \bar{Y})_{i+1} - (B_0 Y, \bar{Y})_i \right\} - \\ & - \frac{1}{\Delta_\xi} \left\{ (C_0 Y, \bar{Y})_{j+1} - (C_0 Y, \bar{Y})_j \right\} - \frac{1-\sigma}{\Delta_\theta} \left\{ (B_0 Y, \bar{Y})_{i+1} - (B_0 Y, \bar{Y})_i \right\} - \\ & - \frac{1-\sigma}{\Delta_\theta} \left\{ (C_0 Y, \bar{Y})_{j+1} - (C_0 Y, \bar{Y})_j \right\} + \left( \left[ Q_0 + Q_0^* - C_0 + \frac{d}{d\theta} B_0 \right]_i Y, Y \right)_{ij}^n = 0 \end{aligned}$$

munosabatni olamiz. Ushbu munosabatni  $\Delta_\xi, \Delta_\theta$  ga ko'paytirib  $i$  bo'yicha 0 dan  $I-1$  gacha va  $j$  bo'yicha  $-\infty$  dan  $+\infty$  gacha yig'ib chiqamiz.

$$\|Y^{n+1}\|_\Delta^2 = \Delta_\theta \cdot \Delta_\xi \cdot \sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} e^{\xi_j} (A_0 Y_{ij}^{n+1}, \bar{Y}_{ij}^{n+1}) \text{ belgilashni kiritib va } |\xi| \rightarrow \infty \text{ da } \|Y\| = (\bar{Y}, Y)^{\frac{1}{2}} \rightarrow 0$$

inobatga olib

$$\|Y^{n+1}\|_A^2 - \|Y^n\|_A^2 = \Delta_\theta \cdot \Delta_\xi \cdot \sigma \cdot \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \left\{ (B_0 Y, \bar{Y})_{I,j}^n - (B_0 Y, \bar{Y})_{0,j}^n \right\} + \Delta_t \cdot \Delta_\theta \cdot \Delta_\xi \cdot \sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \left( \left[ Q_0 + Q_0^* - 2 \operatorname{Re} \mu C_0 - \frac{d}{d\theta} B_0 \right] Y, \bar{Y} \right)_{ij}^n$$

tenglikni hosil qilamiz. [2] ga asosan

$$e^{\xi_0} (A_0 Y, Y)_{ij}^n > 0, e^{\xi_0} (A_0 Y, Y)_{ij}^{n+1} > 0, -\sigma (B_0 Y, Y)_{ij}^n \geq 0, \sigma (B_0 Y, Y)_{ij}^n \geq 0,$$

$$\sigma (B_0 Y, Y)_{0j}^{n+1} \geq 0, (1 - \sigma) (B_0 Y, Y)_{0j}^n \geq 0$$

tengsizlikni isbot qilish mumkin. Bundan esa

$$\|U^{n+1}\|_{W_2'}^2 \leq \Delta_\theta \cdot \Delta_\xi \sum_{i=1}^{I-1} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \left\{ (U, \bar{U})_{ij}^n + (U_t, \bar{U}_t)_{ij}^n + (U_x, \bar{U}_x)_{ij}^n + (U_y, \bar{U}_y)_{ij}^n \right\} \text{ munosabatga ega bo'lamiz.}$$

Bu esa teoremani to'liq isbotlaydi.

### Иқтибослар/ Сноски /References:

1. Блохин А.М., Ткачев Д.Л. Смешанная задача для волнового уравнения в координатных областях. Получение априорных оценок для смешанных задач для многомерного волнового уравнения. // Вычислительные технологии. Т.1, № 1,2. 1996, с.13-37, 26-46.
2. Худойберганов М.У. Устойчивость разностных схем для векторного волнового уравнения.//Труды Международной научной конференции. Дифф. урав. частными производными и родственные проблемы анализа и информатики.-Ташкент. 2004, с.305-308.
3. Исроилов М.И. Ҳисоблаш усуллари. 1-қисм.-Тошкент, Ўзбекистон нашриёти, 2003.