УДК: 517. 927. 21
ББК 22.161.1
О – 42

ФОРМУЛА ОБЩЕГО РЕШЕНИЯ В ИНТЕГРАЛЬНОМ ВИДЕ, ЗАДАЧИ ТИПОВ КОШИ И ЛИНЕЙНОГО СОПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА С ВНУТРЕННЕЙ СЛАБО СИНГУЛЯРНОЙ ТОЧКОЙ

Олими Абдуманон Гафорзода *– кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа имени профессора А.Мухсинова ГОУ “ХГУ имени академика Б.Гафурова” (Республика Таджикистан, Худжанд), e–mail: Abdumanon1950@mail.ru,*
Дадоджанова Мукаддас Якубджановна *- кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой высшей и прикладной математики ГОУ “ХГУ имени академика Б.Гафурова” (Республика Таджикистан, Худжанд), e–mail: moqaddaskhon@mail.ru*

ФОРМУЛАИ ҲАЛЛИ УМУМӢ ДАР НАМУДИ ИНТЕГРАЛӢ, МАСЪАЛАҲОИ НАВЪҲОИ КОШӢ ВА ХАТТӢ-ҲАМРОҲШАВӢ БАРОИ СИСТЕМАИ МУОДИЛАҲОИ ДИФФЕРЕНСИАЛИИ ОДИИ ТАРТИБИ ДУЮМ БО НУҚТАИ ДОХИЛИИ СИНГУЛЯРНОКИАШ ПАСТ

Олимӣ Абдуманон Ѓафорзода *- номзади илмҳои физика-математика, дотсенти кафедраи анализи математикӣ ба номи профессор А. Мӯҳсинови МДТ “ДДХба номи академик Б. Ѓафуров” (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хуҷанд), e–mail: Abdumanon1950@mail.ru,*
Дадоҷонова Муқаддас Ёқубҷоновна *- номзади илмҳои физика-математика, дотсент, мудири кафедраи математикаи олӣ ва амалии МДТ “ДДХ ба номи академик Б. Ѓафуров” (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хуҷанд), e–mail: moqaddaskhon@mail.ru*

FORMULA OF THE GENERAL SOLUTION IN INTEGRAL FORM, CAUCHY AND LINEAR CONJUGATION TYPES PROBLEM FOR A SYSTEM OF SECOND-ORDER ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH AN INTERNAL WEAKLY SINGULAR POINT

Olimi Abdumanon Gaforzoda *– Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor Mathematical Analysis Department named after Professor A. Muksinov under Khujand State University named after academician B.G.Gafurov (Tajikistan Republic, Khujand), e–mail: Abdumanon1950@mail.ru,*
Dadojanova Mukaddas Yakubdjanovna *- Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor, Head of Higher and Applied Mathematics Department under Khujand State University named after academician B.G.Gafurov(Tajikistan Republic, Khujand), e–mail: moqaddaskhon@mail.ru*

Ключевые слова: *система обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядока, внутренная слабосингулярная точка, система интегральных уравнений Вольтерра, общее решение, формулы обращения, задача Коши, задача линейного сопряжения.*

В статье для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с внутренней слабосингулярной точкой общее решение найдено с помощью резольвент соответствующих двух систем интегральных уравнений Вольтерра второго рода со слабой особенностью. Полученная *формула используется для установления формул обращения представления, выяснения постановки и нахождения решения задач типов Коши и линейного сопряжения.*

Вожаҳои калидӣ: *системаи муодилаҳои дифференсиалии одӣ тартиби дуюм, нуқтаи дохилии сингулярнокиаш паст, системаи муодилаҳои интегралии Волтерр, ҳалли умумӣ, формулаҳои баргардонӣ, масъалаи Кошӣ, масъалаи хаттӣ-ҳамроҳшавӣ.*

Дар мақола ҳалли умумии системаи муодилаҳои дифференсиалии одии хаттии тартиби дуюми дорои нуқтаи дохилии сингулярнокиаш паст бо ёрии резолвентаҳои ду системаҳои мувофиқи муодилаҳои интегралии навъи дуюми Вольтерр бо махсусияти паст ёфта шудааст. Формулаи ҳосил кардашуда дар муқаррар кардани формулаҳои баргардонии тасвир, муайян кардани гузориш ва ёфтани ҳалли масъалаҳои намудҳои Кошӣ ва хаттӣ-ҳамроҳшавӣ истифода шудааст.

Key words: *system of ordinary differential equations second order, internal weakly singular point, system of Volterra integral equations, general solution, inversion formulas,Cauchy problem, linear conjugation problem.*

In the article, for a system of linear ordinary differential equations of the second order with an internal weakly singular point, a general solution is found using the resolvents of the corresponding two systems of Volterra integral equations of the second kind with a weak singularity. The resulting formula is used to establish the formulas for inverting the representation, clarifying the formulation and finding solutions of Cauchy and linear conjugation types problem.

На множестве $\Gamma_c = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$ - вещественной числовой оси, где $\Gamma_1 = (a,c)$, $\Gamma_2 = (c,b)$, $a < c < b$, рассмотрим систему уравнений

$$y_j'' + \frac{2p_j(x)}{|x-c|^{\alpha}} y_j' + \sum_{k=1}^{m} \frac{r_{jk}(x)}{|x-c|^{\alpha+1}} y_k = \frac{f_j(x)}{|x-c|^{\alpha+1}}, \ j = \overline{1,m} , \qquad (1)$$

где $0 < \alpha < 1$ - действительное число, c - внутренняя слабо сингулярная точка системы, $p_j(x)$, $r_{jk}(x)$, $f_j(x)$ - известные, а $y_j(x)$ - искомые функции.

Отметим, что изучению общих линейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого и высшего порядков, а также их систем с коэффициентами, имеющими различный порядок сингулярности, посвящен ряд работ, например, [1-14].

Относительно системы (1) имеет место следующее утверждение:

Теорема 1. Пусть для системы (1) выполняются условия:

1) функции $p_j(x)$, $p_j'(x)$, $r_{jk}(x)$, $f_j(x)$, $j,k = \overline{1,m}$ непрерывны на $\overline{\Gamma_c}$ за исключением, быть может, точки c. В самой этой точке они могут иметь разрыв первого рода, а также $p_j(c-0) \neq 0$, $p_j(c+0) \neq 0$;

2) уравнение системы с номером s считается основным;

3) Функции $f_j(x)$, $R_{js,c}^{\alpha,-}(x) = r_{jj}(x) - (c-x)p_s'(x) - \alpha p_s(x) - (c-x)^{1-\alpha} p_s^2(x)$, $r_{jk}(x)$, $k \neq j$ и $\Omega_{js}(x)$ при $x \to c-0$ стремятся к нулю в соответствии со

следующим асимптотическим поведением: $f_j(x) = o[(c-x)^{\beta_{js}^-}]$, $r_{jk}(x) = o[(c-x)^{\delta_{jk}^-}]$,

$R_{js,c}^{\alpha,-}(x) = o[(c-x)^{\gamma_{js}^-}], \Omega_{js}(x) = o[(c-x)^{\varepsilon_{js}^-}]$, $\beta_{js}^-, \delta_{jk}^-, \gamma_{js}^-, \varepsilon_{js}^- > \alpha \quad j = \overline{1,m}$;

4) Функции $f_j(x)$, $R_{js,c}^{\alpha,+}(x) = r_{jj}(x) - (x-c)p_s'(x) + \alpha p_s(x) - (x-c)^{1-\alpha} p_s^2(x)$,

$r_{jk}(x), k \neq j$ и $\Omega_{js}(x) = 2[p_s(x) - p_j(x)]$, $j,k = \overline{1,m}$ при $x \to c+0$ стремятся к нулю в со следующим асимптотическим поведением, соответственно:

$f_j(x)=o[(x-c)^{\beta_{js}^+}]$, $R_{js,c}^{\alpha,+}(x)=o[(x-c)^{\gamma_{js}^+}]$, $r_{jk}(\xi)=o[(x-c)^{\delta_{jk}^+}]$, $k\neq j$, $\Omega_{js}(x)=o[(x-c)^{\varepsilon_{js}^+}]$,

$\beta_{js}^+,\gamma_{js}^+,\delta_{jk}^+,\varepsilon_{js}^+>\alpha$, $j,k=\overline{1,m}$.

Тогда общее решение системы уравнений (1) из класса $C^2(\Gamma_c)$ выражается формулой

$$y_j(x)=\begin{cases}Q_{j,c}^{\alpha,-}[(p),\,(r),(f),\,c_{11}^-,c_{10}^-,...,c_{m1}^-,c_{m0}^-] & при\ x\in\Gamma_1\\ Q_{j,c}^{\alpha,+}[(p),\,(r),(f),\,c_{11}^+,c_{10}^+,...,c_{m1}^+,c_{m0}^+] & при\ x\in\Gamma_2,\end{cases}\qquad j=\overline{1,m}, \tag{2}$$

где

$$Q_{j,c}^{\alpha,-}[(p),\,(r),(f),c_{11}^-,c_{10}^-,...,c_{m1}^-,c_{m0}^-]=\exp[u_{p_s,c}^{\alpha,-}(x)]\Big\{\ T_c^{\alpha,-}[p_s(x),\,f_j(x),c_{j1}^-,c_{j0}^-]+$$

$$+\sum_{\substack{k=1\\k\neq j}}^{m}\int_x^c\Gamma_{jk,c}^{\alpha,-}(x,\xi)T_c^{\alpha,-}[p_s(\xi),\,f_k(\xi),c_{k1}^-,c_{k0}^-]d\xi+\int_x^c\Gamma_{jj,c}^{\alpha,-}(x,\xi)T_c^{\alpha,-}[p_s(\xi),\,f_j(\xi),c_{j1}^-,c_{j0}^-]d\xi\ \Big\},$$

$$Q_{j,c}^{\alpha,+}[(p),\,(r),(f),c_{11}^+,c_{10}^+,...,c_{m1}^+,c_{m0}^+]=\exp[-u_{p_s,c}^{\alpha,+}(x)]\Big\{\ T_c^{\alpha,+}[p_s(x),\,f_j(x),c_{j1}^+,c_{j0}^+]-$$

$$-\sum_{\substack{k=1\\k\neq j}}^{m}\int_c^x\Gamma_{jk,c}^{\alpha,+}(x,\xi)T_c^{\alpha,+}[p_s(\xi),\,f_k(\xi),c_{k1}^+,c_{k0}^+]d\xi-\int_c^x\Gamma_{jj,c}^{\alpha,+}(x,\xi)T_c^{\alpha,+}[p_s(\xi),\,f_j(\xi),c_{j1}^+,c_{j0}^+]d\xi\ \Big\},$$

$(p)\equiv\{p_1(x),...,p_m(x)\}$, $(r)\equiv\{r_{11}(x),...,r_{1m}(x),...,r_{m1}(x),...,r_{mm}(x)\}$, $(f)\equiv\{f_1(x),...,f_m(x)\}$,

$$T_c^{\alpha,-}[p_s(x),\,f_j(x),c_{j1}^-,c_{j0}^-]=c_{j1}^-(c-x)+c_{j0}^--\int_x^c(x-\xi)\ f_j(\xi)(c-\xi)^{-\alpha-1}\exp[-u_{p_s,c}^{\alpha,-}(\xi)]d\xi,$$

$$T_c^{\alpha,+}[p_s(x),\,f_j(x),c_{j1}^+,c_{j0}^+]=\int_c^x(x-\xi)\ f_j(\xi)(\xi-c)^{-\alpha-1}\exp[u_{p_s,c}^{\alpha,+}(\xi)]d\xi+c_{j1}^+(x-c)+c_{j0}^+,$$

$u_{p_s,c}^{\alpha,-}(x)=\int_x^c\frac{p_s(t)}{(c-t)^\alpha}dt$, $u_{p_s,c}^{\alpha,+}(x)=\int_c^x\frac{p_s(t)}{(t-c)^\alpha}dt$, $\Gamma_{jk,c}^{\alpha,-}(x,\xi)$, $\Gamma_{jk,c}^{\alpha,+}(x,\xi)$ - резольвенты,

соответственно следующих систем интегральных уравнений Вольтерра второго рода со слабой особенностью:

$$\psi_j(x)-\sum_{\substack{k=1\\k\neq j}}^{m}\int_x^cK_{jk,c}^{\alpha,-}(x,\xi)\psi_k(\xi)d\xi-\int_x^cK_{jj,c}^{\alpha,-}(x,\xi)\psi_j(\xi)d\xi=T_c^{\alpha,-}[p_s(x),\,f_j(x),c_{j1}^-,c_{j0}^-], \tag{3}$$

$$\varphi_j(x)+\sum_{\substack{k=1\\k\neq j}}^{m}\int_c^xK_{jk,c}^{\alpha,+}(x,\xi)\varphi_k(\xi)d\xi+\int_c^xK_{jj,c}^{\alpha,+}(x,\xi)\varphi_j(\xi)d\xi=T_c^{\alpha,+}[p_s(x),\,f_j(x),c_{j1}^+,c_{j0}^+], \tag{4}$$

где ядра и правые части определяются формулами

$K_{jk,c}^{\alpha,-}(x,\xi)=(x-\xi)r_{jk}(\xi)(c-\xi)^{-\alpha-1}, k\neq j$, $K_{jj,c}^{\alpha,-}(x,\xi)=$

$$=\Big\{(x-\xi)\Big\{R_{js,c}^{\alpha,-}(\xi)+(c-\xi)\Omega_{js}'(\xi)\ +[(c-\xi)^{1-\alpha}\,p_s(\xi)+\alpha]\Omega_{js}(\xi)\ \Big\}-(c-\xi)\Omega_{js}(\xi)\ \Big\}(c-\xi)^{-\alpha-1}$$

$K_{jk,c}^{\alpha,+}(x,\xi)=(x-\xi)r_{jk}(\xi)(\xi-c)^{-\alpha-1}, k\neq j$, $K_{jj,c}^{\alpha,+}(x,\xi)=$

$$=\Big\{(x-\xi)\Big\{R_{js,c}^{\alpha,+}(\xi)+(\xi-c)\Omega_{js}'(\xi)+[p_s(\xi)(\xi-c)^{1-\alpha}-\alpha]\Omega_{js}(\xi)\ \Big\}-(\xi-c)\Omega_{js}(\xi)\ \Big\}(\xi-c)^{-\alpha-1},$$ а

$c_{jk}^{\pm}$, $k=0{,}1$ - произвольные постоянные, $j=\overline{1,m}$.

Для доказательства теоремы систему (1), подобно [3,7,13,14], рассмотрим как объединение систем

$$y''_j + \frac{2p_j(x)}{(c-x)^{\alpha}} y'_j + \sum_{k=1}^{m} \frac{r_{jk}(x)}{(c-x)^{\alpha+1}} y_k = \frac{f_j(x)}{(c-x)^{\alpha+1}}, \ j = \overline{1,m}, \ x \in \Gamma_1, \tag{5}$$

с правой и

$$y''_j + \frac{2p_j(x)}{(x-c)^{\alpha}} y'_j + \sum_{k=1}^{m} \frac{r_{jk}(x)}{(x-c)^{\alpha+1}} y_k = \frac{f_j(x)}{(x-c)^{\alpha+1}}, \ j = \overline{1,m}, \ x \in \Gamma_2 \tag{6}$$

левой граничной слабо сингулярной точкой c . К этим системам, применяем рассуждения аналогичные, проведенным при доказательстве теорем 2.1 и 1.1 из [14] при этом для их обращения используем соответственно формулы (16) [8, с.14] и (4) [8., с.12]. Тогда получим формулы

$$y_j(x) = \exp[u^{\alpha,-}_{p_l,b}(x)]\psi_j(x), \ y_j(x) = \exp[-u^{\alpha,+}_{p_s,a}(x)]\varphi_j(x), \ j = \overline{1,m}$$

при помощи, которых устанавливаем равносильность задачи интегрирования систем дифференциальных уравнений (5) и (6) и решения интегральных уравнений (3) и (4), соответственно. Далее, выписывая решение систем интегральных уравнений (3) и (4) с помощью их резольвент и подставляя результат в последние формулы, получим формулу (2) общего решения системы (1).

Следствие 1. Непосредственная проверка показывает, что представление (2) обладает следующими свойствами:

а) решения, выражаемые им, ограничены вблизи точки c;

б) для него справедливы следующие равенства

$$[B^{1,-\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c-0} = (-1)^q c^{-}_{jq}, \ [B^{1,+\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c+0} = c^{+}_{jq}, \ j = \overline{1,m}, \ q = 0,1, \tag{7}$$

являющиеся формулами обращения представления.

Формула (2) и равенства (7) дают возможность для системы (1) поставить и решить задачи типов Коши и линейного сопряжения.

Задача 1. Требуется найти решение системы (1) из класса $C^2(\Gamma_c)$ так, чтобы выполнялись следующие условия в точке c:

$$[B^{1,-\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c-0} = y^{-}_{jq}, \quad [B^{1,+\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c+0} = y^{+}_{jq} \tag{8}$$

$$[B^{1,-\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c-0} = [B^{1,+\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c+0} = y_{jq}, \tag{9}$$

$j = \overline{1,m}$, $q = 0,1$, где $y^{\pm}_{jq}$, y_{jq} - заданные вещественные числа.

Для нахождения решения этой задачи поступаем, так же как [11-13]. Тогда имеем:

Теорема 2. Пусть выполнены все условия теоремы 1. Тогда задача 1 имеет единственное решение. Решение, подчиняющееся условиям (8) дается формулой

$$y_j(x) = \begin{cases} Q^{\alpha,-}_{j,c}[(p),(r),(f),,-y^{-}_{11}, y^{-}_{10},...,-y^{-}_{m1}, y^{-}_{m0}] \ \textit{при} \ x \in \Gamma_1 \\ Q^{\alpha,+}_{j,c}[(p),(r),(f), y^{+}_{11}, y^{+}_{10},..., y^{+}_{m1}, y^{+}_{m0}] \ \textit{при} \ x \in \Gamma_2, \end{cases} \quad j = \overline{1,m},$$

а условиям (9) формулой

$$y_j(x) = \begin{cases} Q^{\alpha,-}_{j,c}[(p),(r),(f), -y_{11}, y_{10},...,-y_{m1}, y_{m0}] \ \textit{при} \ x \in \Gamma_1 \\ Q^{\alpha,+}_{j,c}[(p),(r),(f), y_{11}, y_{10},..., y_{m1}, y_{m0}] \ \textit{при} \ x \in \Gamma_1, \end{cases} \quad j = \overline{1,m}.$$

Задача 2. Требуется найти решение системы (1) из класса $C^2(\Gamma_c)$ так, чтобы выполнялись следующие условия сопряжения:

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{q=0}^{1} b^{q,+}_{ij}[B^{1,+\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c+0} + \sum_{j=1}^{m}\sum_{q=0}^{1} b^{q,-}_{i(m+j)}[B^{1,-\ q}_{p_s,c} y_j(x)]_{x=c-0} = d_i, \ i = \overline{1,4m}, \tag{10}$$

где $b^{q,+}_{ij}, b^{q,-}_{i(m+j)}$ - вещественные числа, такие, что

$$\Delta = \begin{vmatrix} b_{11}^{0,+} & b_{11}^{1,+} & b_{12}^{0,+} & b_{12}^{1,+} \dots & b_{1m}^{0,+} & b_{1m}^{1,+} & b_{1(m+1)}^{0,-} & b_{1(m+1)}^{1,-} & b_{1(m+2)}^{0,-} & b_{1(m+2)}^{1,-} \dots & b_{1(2m)}^{0,-} & b_{1(2m)}^{1,-} \\ b_{21}^{0,+} & b_{21}^{1,+} & b_{22}^{0,+} & b_{22}^{1,+} \dots & b_{2m}^{0,+} & b_{2m}^{1,+} & b_{2(m+1)}^{0,-} & b_{2(m+1)}^{1,-} & b_{2(m+2)}^{0,-} & b_{2(m+2)}^{1,-} \dots & b_{1(2m)}^{0,-} & b_{1(2m)}^{1,-} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{(4m)1}^{0,+} & b_{(4m)1}^{1,+} & b_{(4m)2}^{0,+} & b_{(4m)2}^{1,+} \dots & b_{(4m)m}^{0,+} & b_{(4m)m}^{1,+} & b_{4m(m+1)}^{0,-} & b_{4m(m+1)}^{1,-} & b_{4m(m+2)}^{0,-} & b_{4m(m+2)}^{1,-} \dots & b_{4m(2m)}^{0,-} & b_{4m(2m)}^{1,-} \end{vmatrix} \neq 0$$

Для решения данной задачи поступаем так же как в [13,14]. Тогда она сводиться его к эквивалентной задаче решения системы алгебраических уравнений, и мы получим утверждение:

Теорема 3. Пусть выполняются все условия теоремы 1 и детерминант Δ не равен нулю. Тогда задача 2 имеет единственное решение, которое выражается формулой

$$y_j(x) = \begin{cases} Q_{j,c}^{\alpha,-}[(p),(r),(f),-\dfrac{\Delta_{11}^{-}}{\Delta},\dfrac{\Delta_{10}^{-}}{\Delta},\dots,-\dfrac{\Delta_{m1}^{-}}{\Delta},\dfrac{\Delta_{m0}^{-}}{\Delta}] \ \text{при} \ x \in \Gamma_1 \\ Q_{j,c}^{\alpha,+}[(p),(r),(f),\dfrac{\Delta_{11}^{+}}{\Delta},\dfrac{\Delta_{10}^{+}}{\Delta},\dots,\dfrac{\Delta_{m1}^{+}}{\Delta},\dfrac{\Delta_{m0}^{+}}{\Delta}] \ \text{при} \ x \in \Gamma_2, \end{cases} \qquad j=\overline{1,m},$$

где детерминанты Δ_{jq}^{+} и Δ_{jq}^{-} получаются из детерминанта Δ, если вместо столбца, соответственно содержащего элементы $b_{ij}^{q,+}$ и $b_{i(m+j)}^{q,-}$, $i=\overline{1,4m}$ поставить столбец правой части системы (10).

ЛИТЕРАТУРА

1. Раджабов Н. Интегральные представления и граничные задачи для некоторых дифференциальных уравнений с сингулярной линией или сингулярными поверхностями. Пособие по спецкурсу. Часть 4/ Н. Раджабов . - Душанбе, 1985. - 148с.
2. Раджабов Н. К теории обыкновенных дифференциальных уравнений со сверхсингулярной точкой / Н.Раджабов, В.В.Шевчук // Доклады Академии наук ТаджССР. - 1989. - Т. 32. - №8. - С. 506 - 510.
3. Rajabov N. Introduction to ordinary differential equations with singular and super-singular coefficients / N.Rajabov .- Dushanbe, 1998. - 160p.
4. Раджабов Н. Обобщенные задачи типа линейного сопряжения для общей линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с одной сингулярной и сверхсингулярной точкой / Н. Раджабов // Труды 9-го международного симпозиума «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики» (МДОЗ МФ-2000, Орел, 29 мая - 2 июня). - Орел. - С.367 - 369.
5. Rajabov N. Linear conjugate boundary value problems for the first order ordinary sistem of linear differential equations with singular or super-singular coefficients/ N.Rajabov//Proceedings of the Second ISAAC Congress. – London, Kluwer Academic Publishers, 2000, vol. I. - P.175 -183.
6. Орлов С.С. Классические решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений третьего порядка с вырождением // Вестник Иркутского университета.- 2007.- №51.- С. 120-121.
7. Раджабов Н. Интегральные представления и задачи типа линейного сопряжения для модельной системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с одной внутренней сверхсингулярной точкой/ Н. Раджабов, О.И.Меликов // Вестник Таджикского Государственного Национального Университета.-Душанбе.-2008.- №1(48). - С. 19-31.
8. Олимов А.Г. Интегральное представление и задача типа Коши для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с граничной слабо сингулярной точкой/ А.Г.Олимов, М.Я.Дадоджанова// Вестник Таджикского Национального Университета. Серия естественных наук. – Душанбе: Сино. – 2018.-№1.- С.11-16.
9. Олимов А.Г. Интегральные представления и задачи типа Коши для одной системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с сингулярной точкой/ А.Г. Олимов, Н. Раджабов// Доклады Академии наук Республики Таджикистан. - 2016. - Т. 59. - № 3-4. - С. 99-105.
10. Олимов А.Г. Интегральные представления и задачи типа Коши для одной системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка со сверхсингулярной точкой/ А.Г. Олимов, Н. Раджабов// Доклады Академии наук Республики Таджикистан. - 2017. - Т.60. - №7-8. - С.279-285.
11. Олими А.Г.(Олимов А.Г.) Линейное обыкновенное дифференциальное уравнение третьего порядка с внутренней сингулярной точкой/ А.Г. Олими (А.Г.Олимов) // Ученые записки Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. - Худжанд: Нури маърифат. - 2019. - №3(50). - С. 20 - 25.

12. Олими А.Г. Представление общего решения в интегральном виде и задачи типов Коши и линейного сопряжения для линейного обыкновенного дифференциального уравнения третьего порядка со сверхсингулярной точкой/ А.Г. Олими// Вестник Таджикского Национального Университета. Серия естественных наук. - Душанбе: Сино. - 2021. - №1. - С.60 - 77.
13. Олими А.Г. Интегральное представление общего решения и граничные задачи для системы m линейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с особой точкой разного порядка/А.Г. Олими // Вестник Таджикского Национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе: Сино. – 2021, №3 .-С.131 -147.
14. Олими А.Г. Формула представления общего решения и граничные задачи для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с внутренней сингулярной точкой/ А.Г. Олими // Ученые записки Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки.- Худжанд: Нури маърифат, 2021, №4 (59). – С.13-19.

REFERENCES

1. Rajabov N. Integral representations and boundary value problems for some differential equations with a singular line or singular surfaces. Special course manual. Part 4/ N. Rajabov. - Dushanbe, 1985. – 148p.
2. Rajabov N. To the theory of ordinary differential equations with a supersingular point / N.Rajabov, V.V.Shevchuk // Reports of the Academy of Sciences of the Tajik SSR. - 1989. - Vol. 32. - No. 8. - P. 506 - 510.
3. Rajabov N. Introduction to ordinary differential equations with singular and super-singular coefficients.- Dushanbe, 1998. - 160p.
4. Rajabov N. Generalized linear conjugation type problems for a general linear system of first-order ordinary differential equations with one singular and supersingular point / N. Rajabov // Proceedings of the 9th International Symposium "Methods of discrete singularities in problems of mathematical physics" (MDOZ MF-2000, Orel, May 29 - June 2). - Orel. - P.367-369.
5. Rajabov N. Linear conjugate boundary value problems for the first order ordinary sistem of linear differential equations with singular or super-singular coefficients/ N.Rajabov//Proceedings of the Second ISAAC Congress. – London, Kluwer Academic Publishers, 2000, vol. I. - P.175 -183.
6. Orlov S.S. Classical solutions of the Cauchy problem for a system of third-order ordinary differential equations with degeneracy // Bulletin of Irkutsk University.- 2007.- No. 51.- P.120-121.
7. Rajabov N. Integral representations and linear conjugation type problems for a model system of linear ordinary differential equations of the first order with one internal supersingular point/ N. Rajabov, O.I.Melikov // Bulletin of the Tajik State National University.- Dushanbe.-2008.- №1(48). - P. 19-31.
8. Olimov A.G. Integral representation and the Cauchy type problem for an ordinary second-order differential equation with a weakly singular boundary point / A.G.Olimov, M.Ya.Dadojanova// Bulletin of the Tajik National University. Series of Natural Sciences.-Dushanbe: Sino.-2018.-No.1.-P.11-16.
9. Olimov A.G. Integral representations and Cauchy-type problems for one system of linear ordinary differential equations of the second order with a singular point/ A.G. Olimov, N. Rajabov// Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. - 2016. - Vol. 59. - No. 3-4. - P. 99-105.
10. Olimov A.G. Integral representations and Cauchy-type problems for one system of linear ordinary differential equations of the second order with a supersingular point/ A.G. Olimov, N. Rajabov// Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. - 2017. - Vol.60. - No.7-8. - P.279-285.
11. Olimi A.G. (Olimov A.G.) Linear ordinary differential equation of the third order with an internal singular point / A.G. Olimi (A.G.Olimov) // Scientific notes of the Khujand State University named after academician B. Gafurov. Series: Natural and Economic Sciences. - Khujand: Nuri marifat. - 2019. - №3(50). - P. 20-25.
12. Olimi A.G. Representation of the general solution in integral form and problems of Cauchy types and linear conjugation for a linear ordinary differential equation of the third order with a supersingular point/ A.G. Olimi// Bulletin of the Tajik National University. Series of Natural Sciences. - Dushanbe: Sino. - 2021. - No. 1. - P.60-77.
13. Olimi A.G. Integral representation of the general solution and boundary value problems for a system of linear ordinary differential equations of the first order with a singular point of different order/A.G. Olimi // Bulletin of the Tajik National University. Series of Natural Sciences. – Dushanbe: Sino. - 2021, No. 3.- P.131-147.
14. Olimi A.G. The formula for representing the general solution and boundary value problems for a system of linear ordinary differential equations of the second order with an internal singular point/ A.G. Olimi // Scientific notes of the Khujand State University named after Academician B. Gafurov. Series: Natural and Economic Sciences.- Khujand: Nuri marifat, 2021, №4 (59).- P.13-19.