УДК 517.988.5, 517.922
DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-3-579-584

НЕПРЕРЫВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПАРАМЕТРОВ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМЫ НЕЯВНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ

© **В. С. Трещёв**

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,
392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33
E-mail: treshchev.math@mail.ru

Предлагаются условия, обеспечивающие непрерывную зависимость от параметров решений краевой задачи для системы неявных дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. Используемый в работе метод основан на результатах о векторно накрывающих отображениях, полученных Е.С. Жуковским.
Ключевые слова: система неявных дифференциальных уравнений; краевая задача; векторно накрывающие отображения; метрические пространства

Идея применения накрывающих отображений в исследовании неявных обыкновенных дифференциальных уравнений предложена в [1], в этой работе были получены условия существования и продолжаемости решений задачи Коши. В [2] в терминах накрывающих отображений были получены условия непрерывной зависимости решений задачи Коши от параметров. В связи с исследованиями краевых задач для неявных обыкновенных дифференциальных уравнений в [3]–[5] начато изучение накрывающих отображений в произведениях метрических пространств. Эти исследования привели к понятию векторно накрывающего отображения; основные результаты о векторно накрывающих отображениях получены в [6], [7].

В работах [8]–[13] результаты о возмущениях векторно накрывающих отображений применены к изучению задачи Коши и краевых задач для неявных дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. Данная статья продолжает это исследование. Здесь предлагаются условия, обеспечивающие непрерывную зависимость от параметров решения краевой задачи для системы неявных дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом.

Используются следующие обозначения: $\overline{1}_n$ — n-мерный вектор, все компоненты которого равны 1, $\mathbb{R}^n$ — n-мерное вещественное пространство и $\mathbb{R}^n_+$ — конус векторов с неотрицательными компонентами в этом пространстве; $L_\infty([a,b],\mathbb{R})$ — банахово пространство измеримых существенно ограниченных функций $x:[a,b]\to\mathbb{R}$ с нормой $||x||_{L_\infty([a,b],\mathbb{R})} = \mathrm{vrai}\ \sup_{t\in[a,b]}|x(t)|$; $AC_\infty([a,b],\mathbb{R})$ — банахово пространство абсолютно непрерывных функций, имеющих почти всюду производную $\dot{x}\in L_\infty([a,b],\mathbb{R})$, с нормой $||x||_{AC_\infty([a,b],\mathbb{R})} = ||\dot{x}||_{L_\infty([a,b],\mathbb{R})} + |x(a)|$.

Пусть заданы метрические пространства $X_i \doteq (X_i, \rho_{X_i})$, $Y_j \doteq (Y_j, \rho_{Y_j})$, $i=\overline{1,n}$, $j=\overline{1,m}$. Определим произведения этих пространств $\overline{X}=\prod_{i=1}^{n} X_i$, $\overline{Y}=\prod_{j=1}^{m} Y_j$ и зададим в них векторные метрики, полагая для $x=(x_1,\ldots,x_n)$, $u=(u_1,\ldots,u_n)\in\overline{X}$ и $y=(y_1,\ldots,y_m)$, $\omega=(\omega_1,\ldots,\omega_m)\in\overline{Y}$

$$\overline{\rho}_{\overline{X}}(x,u) = \big(\rho_{X_1}(x_1,u_1),\ldots,\rho_{X_n}(x_n,u_n)\big), \quad \overline{\rho}_{\overline{Y}}(y,\omega) = \big(\rho_{Y_1}(y_1,\omega_1),\ldots,\rho_{Y_m}(y_m,\omega_m)\big).$$

Обозначим $B_{X_i}(u_i,d_i)\doteq\{x_i\in X_i:\rho_{X_i}(u_i,x_i)\le d_i\}$ — замкнутый шар в пространстве X_i с центром в точке $u_i\in X_i$ радиуса $d_i\ge 0$. Аналогично, обозначим $B_{Y_j}(\omega_j,r_j)$ замкнутый шар в пространстве (Y_j,ρ_{Y_j}). Определим произведения этих шаров

$$\overline{B}_{\overline{Y}}(\omega,r)\doteq\prod_{j=1}^{m}B_{Y_j}(\omega_j,r_j)=\{y\in\overline{Y},\ \overline{\rho}_{\overline{Y}}(y,\omega)\le r\},\ \text{где}\ \ r=(r_1,\dots,r_m)\in\mathbb{R}^m_+,$$

$$\overline{B}_{\overline{X}}(u,d)\doteq\prod_{i=1}^{n}B_{X_i}(u_i,d_i),\ \text{где}\ \ d=(d_1,\dots,d_n)\in\mathbb{R}^n_+.$$

Пусть, задано множество $W\subset\overline{Y}$, $n\times m$ матрица A с неотрицательными компонентами a_{ij}, $i=\overline{1,n}$, $j=\overline{1,m}$. По заданным $u^0\in\overline{X}$, $R\in\mathbb{R}^m_+$ определим множество

$$\mathfrak{B}(u^0,R)\doteq\{(u,r)\in\overline{B}_{\overline{X}}(u^0,R)\times\mathbb{R}^m_+:\ Ar+\overline{\rho}_{\overline{X}}(u,u^0)\le R\}. \tag{1}$$

О п р е д е л е н и е 1 [6], [7]. Отображение $\Psi:\overline{X}\to\overline{Y}$ называем векторно условно A-накрывающим множество W на совокупности $\mathfrak{B}(u^0,R)$ если

$$\forall u\in\overline{B}_{\overline{X}}(u^0,R)\ \ \forall y\in W\cap\Psi(\overline{X})\ \ A\overline{\rho}_{\overline{Y}}(y,\Psi(u))+\overline{\rho}_{\overline{X}}(u,u^0)\le R\ \Rightarrow$$
$$\exists x\in\overline{X}\ \ \Psi(x)=y,\ \ \overline{\rho}_{\overline{X}}(x,u)\le A\overline{\rho}_{\overline{Y}}(y,\Psi(u)).$$

Будем рассматривать пространства $\mathbb{R}^n$, $L_\infty([a,b],\mathbb{R}^n)$, $AC_\infty([a,b],\mathbb{R}^n)$ как произведения соответствующих метрических пространств, т. е. определим в этих пространствах векторные метрики равенствами

$$\overline{\rho}_{\mathbb{R}^n}(d,\gamma)\doteq\big(|d_1-\gamma_1|,\dots,|d_n-\gamma_n|\big)\quad\forall d,\gamma\in\mathbb{R}^n,$$
$$\overline{\rho}_{L_\infty([a,b],\mathbb{R}^n)}(y,w)\doteq\big(||y_1-w_1||_{L_\infty([a,b],\mathbb{R})},\dots,||y_n-w_n||_{L_\infty([a,b],\mathbb{R})}\big)\ \ \forall\ y,w\in L_\infty([a,b],\mathbb{R}^n),$$
$$\overline{\rho}_{AC_\infty([a,b],\mathbb{R}^n)}(x,v)\doteq\big(||x_1-v_1||_{AC_\infty([a,b],\mathbb{R})},\dots,||x_n-v_n||_{AC_\infty([a,b],\mathbb{R})}\big)\ \ \forall\ x,v\in AC_\infty([a,b],\mathbb{R}^n).$$

Сформулируем утверждение о непрерывной зависимости от параметров решений краевой задачи для системы неявных дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом.

Пусть при любом натуральном l заданы: вектор $\Delta^l\in\mathbb{R}^k$, непрерывная функция $g^l:\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^n\to\mathbb{R}^k$, измеримая функция $h^l:[a,b]\to\mathbb{R}^n$, измеримая существенно ограниченная функция $y^l:[a,b]\to\mathbb{R}^m$, измеримая по Борелю ограниченная функция $\varphi^l:(-\infty,a)\bigcup(b,\infty)\to$ $\to\mathbb{R}^n$, и определена удовлетворяющая условиям Каратеодори функция $f^l:[a,b]\times\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^n\to$ $\to\mathbb{R}^m$. Относительно функции f^l предполагаем, что для любого $r\in\mathbb{R}^m_+$ существует такое $\eta^l_r\ge 0$, что при почти всех $t\in[a,b]$ и любых $x,\omega\in\overline{B}_{\mathbb{R}^n}(0,r)$ выполнено неравенство $|f^l(t,x,\omega)|\le\eta^l_r$.

Рассмотрим при $t\in[a,b]$, $l=1,2,\dots$ последовательность систем

$$\begin{aligned}&f^l_i\Big(t,x_1\big(h^l_1(t)\big),\dots,x_n\big(h^l_n(t)\big),\dot{x}_1(t),\dots,\dot{x}_n(t)\Big)=y^l_i(t),\quad i=\overline{1,m},\\&x_j(s)=\varphi^l_j(s),\quad\text{если}\ s\notin[a,b],\quad j=\overline{1,n},\end{aligned}\tag{2}$$

с краевыми условиями

$$g^l_i\big(x_1(a),\dots,x_n(a),x_1(b),\dots,x_n(b)\big)=\Delta^l_i,\quad l=1,2,\dots,\quad i=\overline{1,k}. \tag{3}$$

Для любого $j=\overline{1,n}$, при всех $l=1,2,\dots$ зададим (очевидно, измеримые) множества

$$E^l_j=(h^l_j)^{-1}[a,b]=\{t\in[a,b]:h^l_j(t)\in[a,b]\},$$

и числа $H_j^l = \operatorname*{vrai\,sup}_{t\in E_j^l}(h_j^l(t)-a)$. Полагаем $H_j^l=0$, если $E_j^l=\varnothing$. Положим $H_j=\sup_{l=1,2,\ldots} H_j^l$. Определим оператор

$$S_{h^l}: AC([a,b],\mathbb{R}^n)\to L_\infty([a,b],\mathbb{R}^n),\quad S_{h^l}x=(S_{h_1^l}x_1,\ldots,S_{h_n^l}x_n),$$

$$(S_{h_j^l}x_j)(t)=\begin{cases} x_j(h_j^l(t)), \text{ если } t\in E_j,\\ \varphi_j^l(h_j^l(t)), \text{ если } t\notin E_j,\end{cases}\quad j=\overline{1,n}.$$

Пусть заданы функция $x^0\in AC_\infty([a,b],\mathbb{R}^n)$ и $n\times m$ матрица A_1 с неотрицательными компонентами. Пусть $\epsilon^1>0$, $\epsilon^2>0$, $R^1\doteq\epsilon^1\overline{1}_n$, $R^2\doteq\epsilon^2\overline{1}_n\in\mathbb{R}^n_+$, $d^1\doteq\epsilon^1\overline{1}_m\in\mathbb{R}^m_+$. Определим $u^0=\dot{x}^0\in L_\infty([a,b],\mathbb{R}^n)$, $\gamma^0=x^0(a)\in\mathbb{R}^n$. Зададим при каждом $t\in[a,b]$ совокупность $\mathfrak{B}\big(u^0(t),R^1\big)\subset\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^m_+$ равенством (1), где $A=A_1$, т.е.

$$\mathfrak{B}\big(u^0(t),R^1\big)\doteq\{\big(u,r\big)\in\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^m_+:\ A_1r+\overline{\rho}_{\mathbb{R}^n}\big(u,u^0(t)\big)\le R^1\}.$$

Обозначим через x_j^0, $j=\overline{1,n}$, компоненты функции $x^0\in AC_\infty([a,b],\mathbb{R}^n)$. Положим

$$\widehat{D}(t)\doteq\prod_{j=1}^n\widehat{D}_j(t),\quad\text{где}\quad \widehat{D}_j(t)\doteq\begin{cases} B_{\mathbb{R}}\big(x_j^0(t),R_j^2+R_j^1(t-a)\big), \text{ если } t\in E_j,\\ \{\varphi_j(h_j(t))\}, \text{ если } t\notin E_j.\end{cases}$$

Определим при п. в. $t\in[a,b]$ и любом $x\in\widehat{D}(t)$ множество $W^1(t,x)\doteq\overline{B}_{\mathbb{R}^m}\big(f(t,x,u^0(t)),d^1\big)=\prod_{i=1}^m W_i^1(t,x)$, $W_i^1(t,x)\doteq\big[f_i(t,x,u^0(t))-d_i^1,\ \ f_i(t,x,u^0(t))+d_i^1\big]$, $i=\overline{1,m}$.

Пусть определены матрица A_2 с неотрицательными компонентами размерности $n\times k$ и вектор $d^2\in\mathbb{R}^k_+$. Зададим совокупность $\mathfrak{B}\big(\gamma^0,R^2\big)\subset\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^k_+$ равенством

$$\mathfrak{B}\big(\gamma^0,R^2\big)\doteq\{\big(\gamma,r\big)\in\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}^k_+:\ A_2r+\overline{\rho}_{\mathbb{R}^n}\big(\gamma,\gamma^0\big)\le R^2\}.$$

При любом $x\in\overline{B}_{\mathbb{R}^n}\big(x^0(b),R^2+R^1(b-a)\big)$ определим множество $W^2(x)\doteq\overline{B}_{\mathbb{R}^k}\big(g(\gamma^0,x),d^2\big)=\prod_{i=1}^k W_i^2(x)$, $W_i^2(x)\doteq\big[g_i(\gamma^0,x)-d_i^2,\ g_i(\gamma^0,x)+d_i^2\big]$, $i=\overline{1,k}$.

Положим при любом $j=\overline{1,n}$, при всех $l=1,2,\ldots$,

$$\widehat{D}^l(t)\doteq\prod_{j=1}^n\widehat{D}_j^l(t),\quad\text{где}\quad \widehat{D}_j^l(t)\doteq\begin{cases} B_{\mathbb{R}}\big(x_j^0(t),R_j^2+R_j^1(t-a)\big), \text{ если } t\in E_j^l,\\ \{\varphi_j^l(h_j^l(t))\}, \text{ если } t\notin E_j^l.\end{cases}$$

Определим при п. в. $t\in[a,b]$ и любом $x\in\widehat{D}^l(t)$ множество $W^{1l}(t,x)\doteq\overline{B}_{\mathbb{R}^m}\big(f^l(t,x,u^0(t)),d^1\big)$.

Вычислим

$$y^{0l}(t)\doteq f^l\big(t,(S_{h_1^l}x_1^0)(t),\ldots,(S_{h_n^l}x_n^0)(t),u_1^0(t),\ldots,u_n^0(t)\big),$$
$$\Delta^{0l}\doteq g^{0l}\big(\gamma_1^0,\ldots,\gamma_n^0,\gamma_1^0+\int_a^b u_1^0(s)ds,\ldots,\gamma_n^0+\int_a^b u_n^0(s)ds\big).$$

Пусть при $l\to\infty$ имеют место сходимости

$$\operatorname*{vrai\,sup}_{t\in[a,b]}|y^{0l}-y^l|\to0,\quad |\Delta^{0l}-\Delta^l|\to0, \tag{4}$$

Т е о р е м а 1. *Пусть при каждом натуральном* $l=1,2,\ldots$ *выполнены следующие условия:*

• *при почти всех* $t\in[a,b]$ *и любом* $x\in\widehat{D}^l(t)$ *отображение* $f^l(t,x,\cdot):\mathbb{R}^n\to\mathbb{R}^m$ *является векторно условно* A_1*-накрывающим множество* $W^{1l}(t,x)$ *на совокупности* $\mathfrak{B}\big(u^0(t),R^1\big)$ *; при любом* $x\in\overline{B}_{\mathbb{R}^n}\big(x^0(b),R^2+R^1(b-a)\big)$ *отображение* $g^l(\cdot,x):\mathbb{R}^n\to\mathbb{R}^k$ *является векторно*

условно A_2 *-накрывающим множество* $W^{2l}(x)$ *на совокупности* $\mathfrak{B}(\gamma^0, R^2)$;
• *для любых* $i=\overline{1,m}$, $j=\overline{1,n}$ *существует такое* $\beta^1_{ij} \geq 0$, *что при почти всех* $t \in E^l_j$, *всех* $\omega \in \overline{B}_{\mathbb{R}^n}(u^0(t), R^1)$ *и любых* $x_p \in \widehat{D}^l_p(t)$, $p=\overline{1,n}$ *и* $p \neq j$, *отображение*

$$f^l_i(t, x_1,\ldots, x_{j-1}, \cdot, x_{j+1},\ldots, x_n, w) : \widehat{D}^l_j(t) \to \mathbb{R}$$

является β^1_{ij} *-липшицевым; для любых* $i=\overline{1,k}$, $j=\overline{1,n}$ *существует такое* $\beta^2_{ij} \geq 0$, *что при всех* $\gamma \in \mathfrak{B}(\gamma^0, R^2)$ *и любых* $x_p \in B_{\mathbb{R}}\big(x^0_p(b), R^2_p + R^1_p(b-a)\big)$, $p=\overline{1,n}$ *и* $p \neq j$, *отображение*

$$g^l_i(\gamma, x_1, \ldots, x_{j-1}, \cdot, x_{j+1}, \ldots, x_n) : B_{\mathbb{R}}\big(x^0_j(b), R^2_j + R^1_j(b-a)\big) \to \mathbb{R}$$

является β^2_{ij} *-липшицевым;*
• *для любых* $i=\overline{1,m}$, $j=\overline{1,n}$, *при почти всех* $t \in [a,b]$ *и любых* $x_j \in \widehat{D}^l_j(t)$ *имеет место включение*

$$y^l_i(t) \in f^l_i\Big(t, x_1, \ldots, x_n, \overline{B}_{\mathbb{R}^n}\big(u^0(t), R^1\big)\Big);$$

для любых $i=\overline{1,k}$, $j=\overline{1,n}$, *любых* $x_j \in B_{\mathbb{R}}\big(x^0_j(b), R^2_j + R^1_j(b-a)\big)$ *имеет место включение*

$$\Delta^l_i \in g^l_i\Big(\overline{B}_{\mathbb{R}^n}\big(\gamma^0, R^2\big), x_1, \ldots, x_n\Big);$$

• *спектральный радиус* ϱ *произведения* BA *матриц*

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & A_2 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix},$$

где $B_{11} = (H_j \beta^1_{ij})_{m\times n}$, $B_{12} = (\beta^1_{ij})_{m\times n}$, $B_{21} = \big((b-a)\beta^2_{ij}\big)_{k\times n}$, $B_{22} = (\beta^2_{ij})_{k\times n}$, *удовлетворяет неравенству* $\varrho(BA) < 1$;

Тогда, если имеют место соотношения (4), *то при каждом* l, *начиная с некоторого номера, существует определенное на* $[a,b]$ *решение* $\xi^l \in AC_\infty([a,b], \mathbb{R}^n)$ *краевой задачи* (2), (3) *такое, что имеет место сходимость* $\xi^l \to x^0$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арутюнов А.В., Аваков Е.Р., Жуковский Е.С.* Накрывающие отображения и их приложения к дифференциальным уравнениям, не разрешенным относительно производной // Дифференциальные уравнения. 2009. Т. 45. № 5. С. 613–634.
2. *Арутюнов А.В., Жуковский Е.С., Жуковский С.Е.* О корректности дифференциальных уравнений, не разрешенных относительно производной // Дифференциальные уравнения. 2011. Т. 47. № 11. С. 1523–1537.
3. *Жуковский Е.С., Плужникова Е.А.* Накрывающие отображения в произведении метрических пространств и краевые задачи для дифференциальных уравнений, не разрешенных относительно производной // Дифференциальные уравнения. 2013. Т. 49. № 4. С. 439–456.
4. *Жуковский Е.С., Плужникова Е.А.* Об управлении объектами, движение которых описывается неявными нелинейными дифференциальными уравнениями // Автоматика и телемеханика. 2015. № 1. С. 31–56.
5. *Жуковский Е.С., Плужникова Е.А.* О периодической краевой задаче для дифференциального уравнения, не разрешенного относительно производной // Известия ИМИ УдГУ. 2012. № 1(39). С. 52–53.
6. *Жуковский Е.С.* О возмущениях накрывающих отображений в пространствах с векторнозначной метрикой // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2016. Т. 21. Вып. 2. С. 373–377.
7. *Жуковский Е.С.* О возмущениях векторно накрывающих отображений и системах уравнений в метрических пространствах // Сибирский математический журнал. 2016. Т. 57. № 2 (236). С. 297–311.
8. *Трещёв В.С.* Разрешимость краевых задач для дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2014. Т. 19. Вып. 2. С. 440–443.
9. *Трещёв В.С.* Непрерывная зависимость от параметров решений краевых задач дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2015. Т. 20. Вып. 1. С. 62–66.

10. *Алвеш М.Ж., Плужникова Е.А., Трещёв В.С.* Условия накрывания оператора Немыцкого а пространстве существенно ограниченных функций // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2015. Т. 20. Вып. 5. С. 992–995.

11. *Трещёв В.С.* О задаче Коши для систем неявных дифференциальных уравнений // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2016. Т. 21. Вып. 2. С. 430–434.

12. *Трещёв В.С.* Об условиях накрывания оператора Немыцкого в пространстве измеримых существенно ограниченных функций // Математическое и компьютерное моделирование, информационные технологии управления: сб. тр. Школы для студентов, аспирантов и молодых ученых «МКМИТУ-2016». Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2016. С. 229–232.

13. *Трещёв В.С.* О нелинейной краевой задаче для систем неявных дифференциальных урвнений с отклоняющимся аргументом // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий: сб. тр. 9 Междунар. конф. «ПМТУКТ-2016». Воронеж: Изд-во «Нучная книга», 2016. С. 356–360.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-01-00553).

Поступила в редакцию 17 апреля 2017 г

Трещёв Валентин Сергеевич, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра функционального анализа,
e-mail: treshchev.math@mail.ru

UDC 517.988.5, 517.922
DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-3-579-584

CONTINUOUS DEPENDENCE ON PARAMETERS OF SOLUTIONS TO BOUNDARY-VALUE PROBLEMS FOR A SYSTEM OF IMPLICIT DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH DEVIATING ARGUMENT

© V. S. Treshchev

Tambov State University named after G.R. Derzhavin,
33 Internatsionalnaya st., Tambov, Russian Federation, 392000
E-mail: treshchev.math@mail.ru

Conditions are offered that ensure a continuous dependence on the parameters solutions of the boundary value problem for a system of implicit differential equations with a deviating argument. The method used in this paper is based on the results on vector-covering mappings obtained by E.S. Zhukovsky.
Key words: a system of differential equations; a boundary-value problem; vector covering mappings; metric spaces

REFERENCES

1. *Arutyunov A.V., Avakov E.R., Zhukovskiy E.S.* Nakryvayushchie otobrazheniya i ih prilozheniya k differentsial'nym uravneniyam, ne razreshennym otnositel'no proizvodnoj // Differentsial'nye uravneniya. 2009. T. 45. № 5. S. 613–634.

2. *Arutyunov A.V., Zhukovskiy E.S., Zhukovskiy S.E.* O korrektnosti differentsial'nyh uravnenij, ne razreshennyh otnositel'no proizvodnoj // Differentsial'nye uravneniya. 2011. T. 47. № 11. S. 1523–1537.

3. *Zhukovskiy E.S., Pluzhnikova E.A.* Nakryvayushchie otobrazheniya v proizvedenii metricheskih prostranstv i kraevye zadachi dlya differentsial'nyh uravnenij, ne razreshennyh otnositel'no proizvodnoj // Differentsial'nye uravneniya. 2013. T. 49. № 4. S. 439–456.

4. *Zhukovskiy E.S., Pluzhnikova E.A.* Ob upravlenii ob"ektami, dvizhenie kotoryh opisyvaetsya neyavnymi nelinejnymi differentsial'nymi uravneniyami // Avtomatika i telemekhanika. 2015. № 1. S. 31–56.

5. *Zhukovskiy E.S., Pluzhnikova E.A.* O periodicheskoj kraevoj zadache dlya differentsial'nogo uravneniya, ne razreshennogo otnositel'no proizvodnoj// Izvestiya IMI UdGU. 2012. № 1(39). S. 52–53.

6. *Zhukovskiy E.S.* O vozmushcheniyah nakryvayushchih otobrazhenij v prostranstvah s vektornoznachnoj metrikoj // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki. Tambov, 2016. T. 21. Vyp. 2. S. 373–377.

7. *Zhukovskiy E.S.* O vozmushcheniyah vektorno nakryvayushchih otobrazhenij i sistemah uravnenij v metricheskih prostranstvah // Sibirskij matematicheskij zhurnal. 2016. T. 57. № 2 (236). S. 297–311.

8. *Treshchyov V.S.* Razreshimost' kraevyh zadach dlya differentsial'nyh uravnenij s otklonyayushchimsya argumentom // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki. Tambov, 2014. T. 19. Vyp. 2. S. 440–443.

9. *Treshchyov V.S.* Nepreryvnaya zavisimost' ot parametrov reshenij kraevyh zadach differentsial'nyh uravnenij s otklonyayushchimsya argumentom // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki. Tambov, 2015. T. 20. Vyp. 1. S. 62–66.

10. *Alvesh M.ZH., Pluzhnikova E.A., Treshchyov V.S.* Usloviya nakryvaniya operatora Nemytskogo a prostranstve sushchestvenno ogranichennyh funktsij // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki. Tambov, 2015. T. 20. Vyp. 5. S. 992–995.

11. *Treshchyov V.S.* O zadache Koshi dlya sistem neyavnyh differentsial'nyh uravnenij // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki. Tambov, 2016. T. 21. Vyp. 2. S. 430–434.

12. *Treshchyov V.S.* Ob usloviyah nakryvaniya operatora Nemytskogo v prostranstve izmerimyh sushchestvenno ogranichennyh funktsij // Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie, informatsionnye tekhnologii upravleniya: sb.tr. SHkoly dlya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «MKMITU-2016». Voronezh: Izd-vo «Nauchnaya kniga», 2016. S. 229–232.

13. *Treshchyov V.S.* O nelinejnoj kraevoj zadache dlya sistem neyavnyh differentsial'nyh urvnenij s otklonyayushchimsya argumentom // Sovremennye metody prikladnoj matematiki, teorii upravleniya i komp'yuternyh tekhnologij: sb. tr. IX mezhdunar. konf. «PMTUKT-2016». Voronezh: Izd-vo «Nuchnaya kniga», 2016. S. 356–360.

ACKNOWLEDGEMENTS: The present research is supported by the Russian Fund for Basic Research (project № 17-01-00553).

Received 17 April 2017

Treshchev Valentin Sergeyevich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, the Russian Federation, Post-graduate Student, Functional Analysis Department, e-mail: treshchev.math@mail.ru

Информация для цитирования:

Трещёв В.С. Непрерывная зависимость от параметров решения краевой задачи для системы неявных дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2017. Т. 22. Вып. 3. С. 579–584. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-3-579-584

Treshchev V.S. Nepreryvnaya zavisimost' ot parametrov resheniya kraevoj zadachi dlya sistemy neyavnyh differentsial'nyh uravnenij s otklonyayushchimsya argumentom [Continuous dependence on parameters of solutions to boundary-value problems for a system of implicit differential equations with deviating argument]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki – Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, 2017, vol. 22, no. 3, pp. 579–584. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-3-579-584 (In Russian)