6. *Поздняков В.Д.* Повышение надежности и эффективности функционирования операторов механизированных процессов животноводства: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора техн. наук: 05.20.01/ Поздняков Василий Дмитриевич. – Оренбург, 2006. – 363 с.
7. *Роговський І.Л.* Вплив показників надійності на періодичність технічного обслуговування сільськогосподарських машин / І.Л. Роговський // Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – Vol. 13B. – С. 92 – 97.
8. *Ушаков И.А.* Надежность технических систем. Справочник / И.А. Ушаков. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.
9. *Храмцов Н.В.* Надежность отремонтированных автотракторных двигателей / Н.В. Храмцов // М.: Росагропромиздат, 1989. – 159 с.

В статье проведен анализ научных исследований направленных на обеспечение надежности машин, как систем «человек-машина». Сформированы основные направления обеспечения надежности систем.

Машина, система, надежность, оператор.

The paper analyzes research to ensure the reliability of machines, systems as «man-machine». Formed the main directions of reliability systems.

Machine, system reliability, operator.

УДК 517.926

ІТЕРАЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ РОЗВ'ЯЗКІВ СЛАБОНЕЛІНІЙНОЇ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ З ІМПУЛЬСНОЮ ДІЄЮ (НЕКРИТИЧНИЙ ВИПАДОК)

Р.Ф. Овчар, кандидат фізико-математичних наук

Отримано достатню умову існування розв'язків слабонелінійних некритичних крайових задач з імпульсною дією. Запропоновано збіжний ітераційний алгоритм їх побудови.

Крайова задача, імпульсна дія, узагальнений оператор Гріна, метод простих ітерацій.

Постановка проблеми. Стаття містить матеріал, який зацікавить спеціалістів в області теорії крайових задач і нелінійних коливань і буде сприяти розвитку конструктивних чисельно-аналітичних методів вивчення крайових задач.

Результати досліджень. Нехай $rank\, Q = n$. Іншими словами, припустимо, що однорідна крайова задача з імпульсною дією

$$\dot{z} = A(t)z, t \neq \tau_i, \quad \Delta z_{|t=\tau_i} = S_i z,\ t, \tau_i \epsilon [a,b], i \epsilon \mathbb{Z} \qquad (1)$$

$$lz = 0 \qquad (2)$$

не має розв'язків, крім тривіального. Тоді породжуюча крайова задача

$$\dot{z} = A(t)z + f(t), t \neq \tau_i, \quad \Delta z_{|t=\tau_i} = S_i z + a_i,\ \tau_i \epsilon [a,b], i \epsilon \mathbb{Z} \qquad (3)$$

$$lz = \alpha,\ \alpha \epsilon \mathbb{R}^m, t \epsilon [a,b] \qquad (4)$$

при тих і тільки тих $f(t) \epsilon C([a,b]/\{\tau_i\}_I),\ a_i \epsilon \mathbb{R}^n, \alpha \epsilon \mathbb{R}^m$, для яких справедлива умова

$$P_{Q_d^*}\left\{\alpha - l\int_a^b K(\cdot,\tau)f(\tau)d\tau - l\sum_{i=1}^{p} \overline{K}(\cdot,\tau_i)\, a_i\right\} = 0, d = m - n, \qquad (5)$$

має єдиний розв'язок

$$z_0(t) = \left(G\begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix}\right)(t) + X(t)Q^+\alpha, \qquad (6)$$

який будемо називати породжуючим для крайової задачі з імпульсною дією

$$\begin{cases} \dot{z} = A(t)z + f(t) + \varepsilon Z(z,t,\varepsilon), \quad t \neq \tau_i \in [a,b], \\ \Delta z|_{t=\tau_i} - S_i z(\tau_i - 0) = a_i + \varepsilon J_i(z(\tau_i - 0, \varepsilon), \varepsilon),\ i = 1, \dots, k, \\ lz = \alpha + \varepsilon J(z(\cdot,\varepsilon), \varepsilon). \end{cases} \qquad (7)$$

Тут $\left(G\begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix}\right)(t)$ – узагальнений оператор Гріна крайової задачі (3), (4), який визначається за формулою

$$\left(G\begin{bmatrix} t \\ a_i \end{bmatrix}\right)(t) \stackrel{\text{def}}{=}$$

$$[\int_a^b K(t,\tau) * d\tau - X(t)Q^+ l\int_a^b K(\cdot,\tau) * d\tau, \sum_{i=1}^{p} \overline{K}(t,\tau_i) * - X(t)Q^+ l\sum_{i=1}^{p} \overline{K}(\cdot,\tau_i) *]\begin{bmatrix} f(\tau) \\ a_i \end{bmatrix}$$

Нас цікавить розв'язок $z(t,\varepsilon)$ крайової задачі з імпульсною дією (7), кусково- неперервно диференційований по t розривами першого роду при $t = \tau_i$, неперервний по $\varepsilon \epsilon [0, \varepsilon_0]$ і який обертається при $\varepsilon = 0$ в породжуючий розв'язок $z_0(t)$ (6). Тому, виконуючи в крайовій задачі (7) заміну змінних

$$z(t,\varepsilon) = z_0(t) + x(t,\varepsilon), \qquad (8)$$

для відхилення $x = x(t,\varepsilon)$ від породжуючого розв'язку $z_0(t)$ отримаємо наступну крайову задачу з імпульсною дією:

$$\begin{cases} \dot{x} = A(t)x + \varepsilon Z(z_0 + x, t, \varepsilon), \quad t \neq \tau_i, \\ \Delta x|_{t=\tau_i} = S_i x(\tau_i - 0) + \varepsilon I_i(z_0 + x, \varepsilon), \\ lz = \varepsilon I(z(\cdot) + x(\cdot,\varepsilon), \varepsilon). \end{cases} \qquad (9)$$

Будемо шукати умову існування та алгоритм побудови розв'язку $x(t,\varepsilon)$:

$x(\cdot,\varepsilon)\epsilon C^1([a,b]/\{\tau_i\}_I)$, $x(t,\cdot)\epsilon C[0,\varepsilon_0]$ і який обертається в нульовий при $\varepsilon = 0$ крайової задачі (9). Розглядаючи нелінійності $Z(z_0 + x, t, \varepsilon)$, $I_i(z_0 + x, \varepsilon)$,

$I_i(z_0(\cdot) + x(\cdot,\varepsilon),\varepsilon)$ формально як неоднорідності, отримаємо, що задача (9) розв'язна тоді і тільки тоді, коли нелінійності $Z(z_0 + x, t, \varepsilon)$, $I_i(z_0 + x, \varepsilon)$,

$I_i(z_0(\cdot) + x(\cdot,\varepsilon),\varepsilon)$ належать до класу вектор-функцій і до класу вектор-функціоналів, відповідно, для яких виконується умова

$$P_{Q_\alpha^*}\left\{I(z(\cdot,\varepsilon),\varepsilon) - l\int_a^b K(\cdot,\tau)Z(z,\tau,\varepsilon)d\tau - l\sum_{i=1}^p \overline{K}(\cdot,\tau_i)\,I_i(z(\tau_i - 0,\varepsilon),\varepsilon)\right\} = 0,\ \alpha = m - n. \quad (10)$$

При цій умові розв'язок $x(t,\varepsilon)$ крайової задачі (9) єдиним чином зображується у вигляді

$$x(t,\varepsilon) = \varepsilon X(t)Q^+I(z_0(\cdot) + x(\cdot,\varepsilon),\varepsilon) + \varepsilon\left(G\begin{bmatrix} Z(z_0(\tau) + x(\tau,\varepsilon),\tau,\varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x(\tau_i - 0,\varepsilon),\varepsilon)\end{bmatrix}\right)(t) \quad (11)$$

де

$$\left(G\begin{bmatrix} Z(z_0(\tau) + x(\tau,\varepsilon),\tau,\varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x(\tau_i - 0,\varepsilon),\varepsilon)\end{bmatrix}\right)(t) \overset{\text{def}}{=} \left(\left[\int_a^b K(t,\tau) * d\tau - X(t)Q^+\,l\int_a^b K(\cdot,\tau) * d\tau,\ \sum_{i=1}^p \overline{K}(\cdot,\tau_i) * - X(t)Q^+ l\sum_{i=1}^p \overline{K}(\cdot,\tau_i) *\right]\right.$$

$\begin{bmatrix} Z(z_0(\tau) + x(\tau,\varepsilon),\tau,\varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x(\tau_i - 0,\varepsilon),\varepsilon)\end{bmatrix}(t)$ – узагальнений оператор Гріна крайової задачі (9).

Система (11) належить до класу систем, для розв'язання яких застосовується метод простих ітерацій і на основі метода мажорантних рівнянь Ляпунова запропоновані ефективні способи відшукання оцінок області збіжності метода – оцінок знизу верхньої межі інтервалу значень ε, при яких ітераційний процес збігається до шуканого розв'язку. Застосовуючи до системи (11) метод простих ітерацій, отримуємо для відшукання розв'язку $x(t,\varepsilon)$ наступний алгоритм:

$$x_{k+1}(t,\varepsilon) = \varepsilon X(t)Q^+I(z_0(\cdot) + x_k(\cdot,\varepsilon),\varepsilon) + \varepsilon\left(G\begin{bmatrix} Z(z_0(\tau) + x_k(\tau,\varepsilon),\tau,\varepsilon) \\ I_i(z_0(\tau_i - 0) + x_k(\tau_i - 0,\varepsilon),\varepsilon)\end{bmatrix}\right)(t), \quad (12)$$

$$k = 0,1,\dots;\ x_0 = 0.$$

Оцінки області збіжності ітераційного процесу (12), а також оцінки наближених розв'язків проводяться методом скінченних мажорантних рівнянь Ляпунова. Проте при вказаних умовах на узагальнений оператор Гріна $\left(G\begin{bmatrix} * \\ * \end{bmatrix}\right)(t)$ завжди можна задати таке $\varepsilon = \varepsilon_*$, що при $\varepsilon \in [0,\varepsilon_*]$ ітераційний процес (12) збігається. Тому для знаходження умов розв'язності крайової задачі з імпульсною дією (9) достатньо визначити умови зведення її до операторної системи (11). Таким чином, справедлива наступна теорема.

Теорема. Нехай крайова задача з імпульсною дією (7) задовольняє вказаним вище умовам, а породжуюча крайова задача з імпульсною дією (3), (4) має при $rank\, Q = n$ і умові (5) єдиний породжуючий розв'язок $z_0(t)$ (6). Крайова задача з імпульсною дією (9) розв'язна тоді і тільки тоді, коли нелінійності $Z(z_0 + x, t, \varepsilon)$, $I_i(z_0 + x, \varepsilon)$, $I(z_0(\cdot) + x(\cdot, \varepsilon), \varepsilon)$ задовольняють (10). При цій умові (9) має єдиний розв'язок $x(t, \varepsilon)$: $x(\cdot, \varepsilon) \epsilon C^1([a, b]/\{\tau_i\}_I)$, $x(t,\cdot) \epsilon C[\varepsilon], \varepsilon \epsilon [0, \varepsilon_*]$ і який обертається в нульовий при $\varepsilon = 0$. Цей розв'язок можна знайти за допомогою збіжного на $[0, \varepsilon_*]$ ітераційного процесу (12).

Враховуючи заміну змінних (8) можна стверджувати, що крайова задача з імпульсною дією (7) розв'язна тоді і тільки тоді, коли виконується умова (10). При цій умові задача (7) має єдиний розв'язок $z(t, \varepsilon)$: $z(\cdot, \varepsilon) \epsilon C^1([a, b]/\{\tau_i\}_I)$, $z(t,\cdot) \epsilon C[\varepsilon], \varepsilon \epsilon [0, \varepsilon_*]$ і який обертається при $\varepsilon = 0$ в породжуючий розв'язок $z_0(t)$ (6). Цей розв'язок визначається за допомогою ітераційної формули

$$z_{k+1}(t, \varepsilon) = z_0(t) + x_{k+1}(t, \varepsilon), k = 0,1,2, \dots ;\ \varepsilon \epsilon [0, \varepsilon_*],$$

в якій $x_{k+1}(t, \varepsilon)$ знаходиться із (12).

Висновок. Розглядається некритичний випадок ($rank\, Q = n$). Крайова задача з імпульсною дією (7) розв'язна тоді і тільки тоді, коли виконується умова (10). Запропоновано ітераційну формулу для знаходження розв'язків таких задач при виконанні цієї умови.

Список літератури

1. *Самойленко А.М.* Дифференциальные уравнения с импульсным воздействием // *А.М. Самойленко, Н.А. Перестюк.* – К.: Вища шк.; 1987. – 287 с.
2. *Бойчук А.А.* Конструктивные методы анали за краевых задач // *А.А. Бойчук*. – К.: Наук. думка; 1990. –96 с.
3. *Самойленко А.М.* Линейные нетеровы краевые задачи для дифференциальных систем с импульсным воздействием // *А.М. Самойленко, А.А. Бойчук*. – Укр. мат журн.; 1992, №4. – С. 564-568.
4. *Самойленко А.М.* Периодические решения слабонелинейных систем с импульсным воздействием // *А.М. Самойленко, Н.А. Перестюк* // Дифференц. уравнения. – 1978, №16. – С. 1034-1045.

Получены достаточные условия существования решений слабонелинийных некритических краевых задач с импульсным воздействием. Предложено сходящийся итерационный алгоритм их построения.

Краевая задача, импульсная действие, обобщенный оператор Грина, метод простых итераций.

Sufficient conditions for existence of non-critical solutions slaboneliniynyh boundary value problems with impulse action. The convergent iterative algorithm for their construction.

Boundary value problem, impulsive action, generalized Green's operator, the method of simple iteration.

УДК 631.171.075.3

МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук
О.В. Дубровіна, здобувач

В статті представлено результати аналітичних досліджень та опису факторів впливу на надійність машин в системі їх технічного обслуговування.

Надійність, машина, технічне обслуговування.

Постановка проблеми. В сучасних умовах економне витрачання палива, електричної енергії, трудових ресурсів і, особливо, їх непродуктивної витрати, яка виникає при недовикористанні ресурсу сільськогосподарських машин і їх складових частин в агропромисловому комплексі, є однією з актуальних задач науки [1]. Неналежна увага до оцінки технічного стану машин при введенні в їх експлуатацію призводить до виникнення і появи умов непрацездатного стану [2] та передчасного відправлення сільськогосподарських машин в ремонт [3]. Це, в свою чергу, спричинює витрати коштів і, особливо, перевитрати енергії. Те саме стосується і відсутності вхідного контролю деталей, які формують обмінний фонд господарства для усунення несправностей [4]. Технічне забезпечення сільськогосподарського товаровиробника вимагає глибокого системного аналізу всіх його ланок на всіх рівнях [5]. Особливо це стосується управління виробництвом із забезпечення економії і безвідмовної експлуатації сільськогосподарських машин в період збирання врожаю [6].

У зв’язку з цим формування методологічних етапів обумовлена необхідністю створення системності під час розроблення адаптованої технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин.