



QR-kod
maqolaning DOI
sahifasini
ochadi

Jusipbayeva Perizat Kabulbay qızı,
Qurbanbaev Ótebay Orinbaevich.
Keshigiwshi argumentli sızıqlı
differenciallıq teńlemeler ushın kishi
parametrler usılı // «O'zbekiston olimi
ayollarining mamlakat taraqqiyotiga
qo'shayotgan hissasi» mavzusidagi
xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya
materiallari (Nukus, 2026-yil 9–10-
oktyabr). – Nukus, 2026. – B. 744–
746. – DOI: [https://doi.org/10.66073/](https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/0910147)
ReFocus-Conf/0910147

KESHIGIWSHI ARGUMENTLI SIZIQLI DIFFERENTIALLIQ TEŃLEMELER USHIN KISHI PARAMETRLER USILI

Jusipbayeva Perizat Kabulbay qızı

Qaraqalpaq mámleketlik universiteti 2- kurs magistrant

jusipbaevap@gmail.com

Qurbanbaev Ótebay Orinbaevich

Ilmiy basshısı

Docent

Qaraqalpaq mámleketlik universiteti

Otebay58@mail.ru

Annotaciya: Kvazısızıqlı differenciallıq teńlemelerdiń periodlı sheshimlerin tabıw usıllarınıń biri kishi parametrler usılı dep atalatuǵın, sheshimdi kishi parametrdiń dárejeleri boyınsha jayılǵan qatar kóriniste anıqlaw usılı bolıp tabıladı [1,2].

Tayanış sózler: differenciallıq teńleme, periodlı sheshim, kishi parametrler usılı, keshigiwshi argument, kvazısızıqlı differenciallıq teńleme.

Bul maqalada kishi parametrler usılı járdeminde keshigiwshi argumentke iye sızıqlı differenciallıq teńlemelerdiń periodlı sheshimge jaqın sheshimlerin tabıw máselesi qarastırıladı.

Meyli ekinshi tártipli keshigiwshi argumentke iye sızıqlı

$$x''(t) + p(\mu)x(t) = \mu x(\lambda t) \quad (1)$$

kórinistegi differenciallıq teńlemeni qarastırayıq, bul jerde $p(\mu)$ funkciyası μ argumenttiń oń anıqlanǵan úzliksiz funkciyası, λ berilgen turaqlı san hám sonıń menen birge $0 < \lambda < 0$.

Meyli $p(\mu)$ funkciyası μ boyınsha $\mu = 0$ tochkada Teylor qatarına jiklensin:

$$p(\mu) = p(0) + p'(0)\mu + \frac{1}{2}p''(0)\mu^2 + \dots + \frac{1}{n!}p^{(n)}(0)\mu^n + \dots \quad (2)$$

Bul jaǵdayda parametr μ diń moduli boyınsha kishi mánislerinde (1) teńleme μ ǵa ǵárezli bolǵan periodlı sheshimge jaqın $x(t, \mu)$ sheshimge iye boladı hám bul sheshim ushın

$$\lim_{\mu \rightarrow 0} x(t, \mu) \text{ shegi } T = \frac{2\pi}{\sqrt{p(0)}} \text{ periodlı sheshim boladı.}$$

Bul sheshimdi μ diń dárejeleri boyınsha jayılǵan

$$\varphi(t, \mu) = x_0(t) + \mu x_1(t) + \mu^2 x_2(t) + \dots \quad (3)$$

qatar kóriniste anıqlawǵa boladı.

(3) degi belgisiz funkciyalardı anıqlaw ushın (2) hám (3) ni (1) ge aparıp qoyamız μ diń birdey dárejeleri aldındaǵı koefficientlerdi teńlestirip, nátiyjede

$$x_0''(t) + p(0)x_0(t) = 0,$$

$$x_1''(t) + p(0)x_1(t) = x_0(\lambda t) - p'(0)x_0(t),$$

$$x_2''(t) + p(0)x_2(t) = x_1(\lambda t) - p'(0)x_1(t) - \frac{1}{2!}p''(0)x_0(t),$$

$$x_3''(t) + p(0)x_3(t) = x_2(\lambda t) - p'(0)x_2(t) - \frac{1}{2!}p''(0)x_1(t) - \frac{1}{3!}p'''(0)x_0(t),$$

$$x_n''(t) + p(0)x_n(t) = x_{n-1}(\lambda t) - \sum_{k=1}^n \frac{1}{k!}p^{(k)}(0)x_{n-k}(t)$$

hám taǵı basqa kórinistegi oń jaǵı belgili funkciyalardan ibarat bolǵan keshigiwshi argumentke iye sızıqlı birtekli bolmaǵan differenciallıq teńlemeler sistemasına iye bolamız.

Sońǵı sistemanıń birinshi teńlemesinen $x_0(t)$ sheshimdi

$$x_0(t) = \alpha_1 \sin(\nu t + \beta_1)$$

túrinde alıwǵa boladı, bul jerde ápiwayılıq ushın $\sqrt{p(0)} = \nu$ dep alıńǵan. Al ekinshi teńlemeden $x_1(t)$ sheshimdi

$$x_1(t) = \alpha_2 \sin(\nu t + \beta_2) + \frac{p'(0)\alpha_1}{2\nu} t \cos(\nu t + \beta_1) + \frac{\alpha_1}{\nu^2(1 - \lambda^2)} \sin(\nu \lambda t + \beta_1)$$

túrinde kórsetiwge boladı hám taǵı basqa.

Tabılǵan $x_k(t)$, $k = 0, 1, 2, \dots$ sheshimlerdi (3) degi orınlarına qoyıw arqalı (1) teńlemenıń sheshimine iye bolamız. Bul sheshim μ dıń sheksiz kishi

mánislerinde $T = \frac{2\pi}{\nu}$ periodqa jaqın sheshim boladı.

Mısal ushın

$$x''(t) + e^{\mu} x(t) = \mu x\left(\frac{1}{2}t\right) \quad (4)$$

teńlemesin qarastıratuǵın bolsaq, onda $x_n(t)$, $n = 1, 2, \dots$ funkciyalari

$$x_n''(t) + x_n(t) = x_{n-1}\left(\frac{1}{2}t\right) - \sum_{k=1}^n \frac{1}{k!} x_{n-k}(t)$$

teńlemesin sheshiw arqalı anıqlanadı, bul jerde $x_0(t) = \alpha_1 \sin(t + \beta_1)$.

Onda $x_1(t)$ funkciyası

$$x_1''(t) + x_1(t) = x_0 \left(\frac{1}{2}t \right) - x_0(t)$$

teńlemesin sheshiw arqalı

$$x_1(t) = \alpha_2 \sin(t + \beta_2) - \frac{\alpha_1}{2} t \cos(t + \beta_1) + \frac{4\alpha_1}{3} \sin\left(\frac{1}{2}t + \beta_1\right)$$

kóriniste anıqlanadı hám taǵı basqa.

Nátiyjede $\mu \rightarrow 0$ da (4) teńlemenıń sheshimi 2π periodlı sheshimge umtıladı.

Paydalanılǵan ádebiyatlar

1. Митропольский Ю.А., Мартынюк Д.И. Периодические и квазипериодические колебания систем с запаздыванием. Киев. «Вища школа» 1979. –248 с.
2. Мышкис А.Д. Линейные дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом. М., Наука, 1972. –349 с.