AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

QEYRİ-LOKAL SƏRHƏD ŞƏRTLİ DÖRDÜNCÜ TƏRTİB XÜSUSİ TÖRƏMƏLİ DİFERENSİAL TƏNLİKLƏR ÜÇÜN BƏZİ TƏRS SƏRHƏD MƏSƏLƏLƏRİ

İxtisas: 1211.01– Diferensial tənliklər

Elm sahəsi: Riyaziyyat

İddiaçı: **Bahar Kamal qızı Vəliyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2024

Dissertasiya işi Gəncə Dövlət Universitetinin «Riyazi analiz» kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor
Yaşar Topuş oğlu Mehrəliyev

Rəsmi opponentlər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Fərman İmran oğlu Məmmədov

riyaziyyat elmləri doktoru, dosent
Rabil Amanulla oğlu Amanov

riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru
Vaqif Yusif oğlu Məstəliyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Bakı Dövlət Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2. 17 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: Akademik, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Məhəmməd Fərman oğlu Mehdiyev

Dissertasiya şurasının elmi katibi: fizika-riyaziyyat elmləri namizədi, dosent
Zakir Fərman oğlu Xankişiyev

Elmi seminarın sədri: riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Yaqub Əmiyar oğlu Şərifov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Bizi əhatə edən mühitdə proseslərin öyrənilməsi üçün riyazi modelləşdirmə üsulları geniş şəkildə istifadə olunur. Bu prosesləri öyrənmək üçün onu diferensial tənliklər şəklində modelləşdirmək ən effektli yollarından biridir. Diferensial tənliklər nəzəriyyəsində xüsusi törəməli diferensial tənliklər üçün sərhəd məsələləri mühüm yer tutur. Tənliyin həlli ilə yanaşı onun sağ tərəfinin və ya naməlum əmsallarının tapılması məsələləri xüsusi törəməli diferensial tənliklər nəzəriyyəsində tərs məsələlər adlanır. Əgər tənliyin həlli ilə yanaşı tənliyin sağ tərəfi axtarılırsa, belə tərs məsələlər xətti, tənliyin həlli ilə yanaşı heç olmasa əmsallardan biri axtarılırsa, belə tərs məsələlər qeyri-xətti məsələlər adlanır.

Tərs məsələlər müasir riyaziyyatın aktiv inkişaf edən sahələrindən biridir. Tərs məsələlərə insan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrində, məsələn, geofizika, biologiya, ekologiya, tibb və s. rast gəlinir.

Xüsusi törəməli diferensial tənliklər üçün tərs məsələlərin öyrənilməsinə Tixonov A.N., Budak B.M., Anikonov Y.Y., Kostin D.B., Denisov A.M., Lavrentyev M.M., İsgəndərov A.D., Axundov Ə.Y., Ayda-zadə K.R., İsgəndərov A.D., İvançov N.İ., İvanov V.K., Əmirov A.X., Kabanixin S.İ., Kamınin V.L.[1], Namazov Q.K., Xudaverdiyev K.İ., Kojanov A.İ., Quliyev M.Ə., Malışev İ.Q., İsgəndərov N.Ş., Mehrəliyev Y.T., Prilepko A.İ., Romanov V.Q., Cannon J.R.[2], Kərimov N.B., İsmayılov A.İ., İsmayılov M.İ. və b. müəlliflərin işləri həsr olunmuşdur.

---

[1] Камынин, В.Л. Об обратной задаче определения правой части в параболическом уравнении с условием интегрального переопределения // Математические заметки, -2005. т.77, № 4, -с. 522–534

[2] Cannon, J.R. The solution of the heat equation subject to the specification of energy // Quart. Appl. Math. –1963. v.5, №21. -p. 155-160

Son zamanlar xüsusi törəməli diferensial tənliklər üçün qeyri-lokal məsələlər geniş tədqiq olunur. Belə məsələlər həm nəzəri, həm də praktiki nöqteyi-nəzərdən əhəmiyyətlidir. İnteqral şərtli məsələlər qeyri-lokal məsələlərdən ən çox tədqiq olunanlarıdır. Plazma fizikasında, istiliyin yayılmasında, kapilyar-sadə mühitlərdə nəmlənmə prosesi hadisələrinin riyazi modelləşməsində, demoqrafiyada, riyazi biologiyanın bəzi məsələlərində bu növ şərtlərə təsadüf olunur.

Dissertasiya işi dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün məhdud qapalı oblastda ancaq zamandan asılı naməlum əmsalın, sağ tərəfin tapılması üçün öz-özünə qoşma, öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtinə gətirilən qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Belə məsələlərə mexanikada, fizikada rast gəlindiyi üçün dissertasiya işinin mövzusu aktualdır.

Tədqiqatın obyekt və predmeti. Dissertasiya işinin əsas obyekti dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün tərs sərhəd məsələləridir. Buraya öz-özünə qoşma və öz-özünə qoşma olmayan qeyri-lokal sərhəd şərtli qeyri-xətti tərs sərhəd məsələləri daxildir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. İşin məqsədi dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün düzbucaqlıda zamandan asılı naməlum əmsalın və sağ tərəfin tapılması üçün qeyri-lokal sərhəd şərtli, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərin klassik həllinin öyrənilməsidir.

Tədqiqat metodları. Baxılan məsələlərin tədqiqi üçün uyğun köməkçi məsələyə baxılır və bu məsələlər arasında ekvivalentlik münasibəti göstərilir. Dəyişənlərə ayırma üsulundan və sıxılmış inikas prinsipindən istifadə edərək köməkçi məsələnin həllinin varlığı və yeganəliyi isbat edilir. Sonra isə ekvivalentlik münasibətinin köməyi ilə baxılan məsələlərin həllinin varlığı və yeganəliyi göstərilir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma sərhəd şərtli qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin həllinin varlığı və yeganəliyi .

- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma sərhəd şərtinə gətirilə bilən qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin tədqiqi.

- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtli qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin həllinin varlığı və yeganəliyi .

- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtinə gətirilə bilən qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi .

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiya işində aşağıdakı elmi nəticələr alınmışdır:

- Dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma sərhəd şərtli qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur;
- Dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma sərhəd şərtinə gətirilə bilən qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur;
- Dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtli qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur;
- Dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtinə gətirilə bilən qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs

sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işi nəzəri xarakter daşıyır. Alınmış nəticələr diferensial operatorların spektral xassələrinin öyrənilməsində, mexanikanın və fizikanın bir çox düz və tərs sərhəd məsələlərində istifadə edilə bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiyanın nəticələri Gəncə Dövlət Universitetinin «Riyazi analiz» kafedrasının, BDU-nun "Diferensial və inteqral tənliklər" kafedrasının seminarlarında, RF-nın Voronej şəhərində keçirilən «Tətbiqi riyaziyyatın, informatika və mexanikanın aktual problemləri» elmi konfransında (2019 və 2020-ci illərdə), Xəzər Universitetinin təşkil etdiyi «Operatorlar, funksiyalar sistemi və riyazi fizika» elmi konfransında (Bakı 2019), İ.İbrahimovun 110 illiyinə həsr olunmuş "Funksiyalar nəzəriyyəsi, funksional analiz və onların tətbiqləri" Respublika elmi konfransında (Bakı, 2022) məruzə edilmişdir.

İddiaçının şəxsi tövhəsi. Dissertasiyada alınan bütün nəticələr iddiaçıya məxsusdur.

İddiaçının nəşrləri. Dissertasiya işinin əsas nəticələri avtoreferatın sonunda [1]-[11] ədəbiyyat siyahısında verilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi müəssisənin adı. Dissertasiya işi Gəncə Dövlət Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi (işarələr şəklində ayrıca göstərilməklə). Dissertasiya işi giriş, mündəricat, üç fəsil, nəticə və istinad olunmuş 93 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi - 232828 işarə sayından (titul səhifəsi-404 işarə, mündəricat - 1674 işarə, giriş - 34750 işarə, birinci fəsil - 76000 işarə, ikinci fəsil - 80000 işarə, üçüncü fəsil - 40000 işarə), 127 səhifədən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Dissertasiya işi giriş, üç fəsil, nəticə və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

Dissertasiyaya aid olan işlərin qısa xülasəsi, dissertasiyanın mövzusunun aktuallığı girişdə əsaslandırılmış, işdə alınan əsas nəticələr əks olunmuşdur.

Dissertasiyanin birinci fəsli iki paraqrafdan ibarətdir. Burada öz-özünə qoşma sərhəd şərtinə gətirilə bilən dördtərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklər sinfinə daxil olan xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün qeyri-lokal sərhəd şərtli tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi tədqiq olunmuşdur.

Birinci fəslin I paraqrafında $D_T = \{(x,t): 0 \le x \le 1, 0 \le t \le T\}$ düzbucaqlısında

$$u_{tt}(x,t) - u_{xx}(x,t) + \alpha u_{xxxx}(x,t) - \beta u_{xxtt}(x,t) = \\ = a(t)u(x,t) + b(t)g(x,t) + f(x,t) \quad (1)$$

xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün

$$u(x,0) = \int_0^T p(t)u(x,t)dt + \varphi(x),$$

$$u_t(x,0) + \delta u(x,T) = \psi(x) \quad (0 \le x \le 1) \quad (2)$$

qeyri-lokal,

$$u_x(0,t) = 0, u_x(1,t) = 0, u_{xxxx}(0,t) = 0 \quad (0 \le t \le T) \quad (3)$$

sərhəd,

$$\int_0^1 u(x,t)dx = 0 \quad (0 \le t \le T), \quad (4)$$

inteqral və

$$u(0,t) = h_1(t) \quad (0 \le t \le T), \quad (5)$$

$$u(1,t) = h_2(t) \quad (0 \le t \le T) \quad (6)$$

əlavə şərtlər daxilində tərs sərhəd məsələsinə baxılır[3], burada $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $\delta \geq 0$-verilmiş ədədlər, $f(x,t)$, $g(x,t)$, $p(t)$, $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $h_i(t)\,(i=1,2)$ -verilmiş funksiyalar, $u(x,t), a(t), b(t)$ -axtarılan funksiyalardır.

Tərif 1.1.1. $u(x,t,) \in \tilde{C}^{4,2}(D_T)$, $a(t) \in C[0,T], b(t) \in C[0,T]$ funksiyaları (1) tənliyini D_T düzbucaqlısında, (2) şərtlərini [0,1] parçasında, (3)-(6) şərtlərini isə $[0,T]$ parçasında adi mənada ödəyirsə, $\{u(x,t), a(t), b(t)\}$ üçlüyü (1)-(6) tərs sərhəd məsələsinin klassik həlli adlanır,burada

$$\tilde{C}^{4,2}(D_T) = \{u(x,t) : u(x,t) \in C^2(D_T), u_{ttx}(x,t),$$
$$u_{ttxx}(x,t), u_{xxx}(x,t), u_{xxxx}(x,t) \in C(D_T)\}.$$

(1)-(6) məsələsi ilə yanaşı aşağıdakı köməkçi məsələyə baxılır: Elə $u(x,t) \in \tilde{C}^{4,2}(D_T)$, $a(t) \in C[0,T]$, $b(t) \in C[0,T]$ funksiyalarından ibarət olan $\{u(x,t), a(t), b(t)\}$ üçlüyü tapmaq tələb olunur ki, bu üçlük (1)-(3) şərtləri ilə bərabər

$$u_{xxx}(1,t) = 0 \;\; (0 \leq t \leq T) \tag{7}$$

$$h_1''(t) - u_{xx}(0,t) + \alpha u_{xxxx}(0,t) - \beta u_{xxtt}(0,t) =$$
$$= a(t)h_1(t) + b(t)g(0,t) + f(0,t) \;\; (0 \leq t \leq T) \tag{8}$$

$$h_2''(t) - u_{xx}(1,t) + \alpha u_{xxxx}(1,t) - \beta u_{xxtt}(1,t) =$$
$$= a(t)h_2(t) + b(t)g(1,t) + f(1,t) \;\; (0 \leq t \leq T) \tag{9}$$

şərtləri ödənsin.

Aşağıdakı teorem isbat olunur.

Teorem 1.1.1. Tutaq ki**,** $\varphi(x)$, $\psi(x) \in C[0,1]$, $p(t) \in C[0,T]$, $h_i(t) \in C^2[0,T]$ $(i=1,2)$, $f(x,t)$, $g(x,t) \in C(D_T)$,

---

[3] Mehraliyev, Y.T., Valiyeva, B.K., Ramazanova, A.T. An inverse boundary value problem for a linearized Bonny-Luc equation with nonlocal boundary conditions // Cogent Mathematics & Statistics, -2019. №6, -p.1-19.

$$h(t) \equiv h_1(t)g(1,t) - h_2(t)g(0,t) \neq 0,$$

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0, \quad \int_0^1 g(x,t)dx = 0 (0 \le t \le T) \quad \text{və}$$

$$\int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \quad \int_0^1 \psi(x)dx = 0,$$

$$\varphi(0) = h_1(0) - \int_0^T p(t)h_1(t)dt, \quad \psi(0) = h_1'(0) + \delta h_1(T),$$

$$\varphi(1) = h_2(0) - \int_0^T p(t)h_2(t)dt, \quad \psi(1) = h_2'(0) + \delta h_2(T).$$

uzlaşma şərtləri ödənilirr .Onda aşağıdakı hökmlər doğrudur:

A. (1)-(6) tərs sərhəd məsələsinin hər bir klassik həlli (1)-(3) (7)-(9) tərs sərhəd məsələsinin həllidir.

B. (1)-(3) (7)-(9) məsələsinin

$$\left(\|p(t)\|_{C[0,T]} + 2T\|a(t)\|_{C[0,T]}\right)T < 1$$

şərtini ödəyən hər bir həlli (1)-(6) tərs sərhəd məsələsinin klassik həllidir.

(1)-(3),(7)-(9) məsələsinin həllinin tədqiq etmək üçün aşağıdakı fəzalar daxil edilir.

$B_{2,T}^{5(1)}$ ilə D_T düzbucaqlısında

$$u(x,t) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(t)\cos\lambda_k x \quad (\lambda_k = k\pi)$$

şəklində göstərilə bilən funksiyalar işarə edilmişdir, burada $u_k(t)(k = 0,1,2,...)$ funksiyalarının hər biri $[0,T]$ parçasında kəsilməzdir və

$$I(u) \equiv \|u_0(t)\|_{C[0,T]} + \left\{\sum_{k=1}^{\infty}(\lambda_k^5\|u_k(t)\|_{C[0,T]})^2\right\}^{\frac{1}{2}} < +\infty.$$

şərti ödənir. Bu fəzada normanı $\|u(x,t)\|_{B_{2,T}^{5(1)}} = I(u)$ şəklində təyin edək.

$E_T^{5(1)}$ ilə $B_{2,T}^{5(1)} \times C[0,T] \times C[0,T]$ topoloji hasilini işarə edək. Bu fəzada $z = \{u, a, b\}$ elementinin norması

$$\|z\|_{E_T^{5(1)}} = \|u(x,t)\|_{B_{2,T}^{5(1)}} + \|a(t)\|_{C[0,T]} + \|b(t)\|_{C[0,T]}$$

düsturu ilə təyin edilir.

Məlumdur ki, $B_{2,T}^{5(1)}$ və $E_T^{5(1)}$ fəzaları Banax fəzalarıdır[4].

(1)-(3) (7)-(9) məsələsinin verilənlərinin aşağıdakı şərtləri ödədiyi fərz olunur.

1.1. $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $0 \le \delta < \sqrt{\dfrac{\alpha}{1+\beta}}\,\pi$, $p(t) \in C[0,T]$.

1.2. $\varphi(x) \in C^4[0,1], \varphi^{(5)}(x) \in L_2(0,1),\ \varphi'(0) = \varphi'(1) = \varphi'''(0) = \varphi'''(1) = 0.$

1.3. $\psi(x) \in C^3[0,1], \psi^{(4)}(x) \in L_2(0,1),\ \psi'(0) = \psi'(1) = \psi'''(0) = \psi'''(1) = 0.$

1.4. $f(x,t),\ f_x(x,t) \in C(D_T),\ f_{xx}(x,t) \in L_2(D_T),$
$f_x(0,t) = f_x(1,t) = 0\ (0 \le t \le T).$

1.5. $g(x,t), g_x(x,t) \in C(D_T), g_{xx}(x,t) \in L_2(D_T),$
$g_x(0,t) = g_x(1,t) = 0\ (0 \le t \le T).$

1.6. $h_i(t) \in C^2[0,T] (i = 1,2),$
$h(t) \equiv h_1(t) g(1,t) - h_2(t) g(0,t) \ne 0\ \ (0 \le t \le T).$

Aşağıdakı teorem isbat olunur.

Teorem 1.1.2. Tutaq ki, 1.1- 1.6 şərtləri ödənilir. Bundan başqa

$$(B(T)(A(T)+2) + C(T) + D(T))(A(T)+2) < 1$$

---

[4] Худавердиев К.И., Велиев А.А. Исследование одномерной смешанной задачи для одного класса псевдогиперболических уравнений третьего порядка с нелинейной операторной правой частью, Баку: Чашыоглы, 2010, 168 с.

bərabərsizliyinin doğru olduğu fərz edilir. Onda (1)-(3), (7)-(9) məsələsinin $E_T^{5(1)}$ fəzasından götürülmüş

$$K = K_R(\|z\|_{E_T^{5(1)}} \le R \le A(T) + 2)$$

kürəsində yeganə həlli var. Burada $A(T)$, $B(T), C(T)$ və $D(T)$-nin ifadələri 1.2. bölməsində təyin olunmuşlar.

Teorem 1.1.1-in köməyi ilə teorem 1.1.2-dən aşağıdakı teoremin doğru olduğu alınır.

Teorem1.1.3. Fərz edək ki, teorem 1.1.2-nin bütün şərtləri,

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0, \int_0^1 g(x,t)dx = 0 \ \ (0 \le t \le T) \text{ və } \int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \ \ \int_0^1 \psi(x)dx = 0 \, ,$$

$$\varphi(0) = h_1(0) - \int_0^T p(t)h_1(t)dt, \quad \psi(0) = h_1'(0) + \delta h_1(T),$$

$$\varphi(1) = h_2(0) - \int_0^T p(t)h_2(t)dt, \quad \psi(1) = h_2'(0) + \delta h_2(T) \, .$$

uzlaşma şərtləri ödənilir. Əgər

$$(\|p(t)\|_{C[0,T]} + 2T(A(T)+2))T < 1$$

bərabərsizliyi ödənərsə, onda(1)-(6) tərs sərhəd məsələsinin $E_T^{5(1)}$ fəzasından götürülmüş $K = K_R(\|z\|_{E_T^{5(1)}} \le R = A(T) + 2)$ kürəsində yeganə klassik həlli var.

Birinci fəslin ikinci paraqrafında isə fərz edilir ki**,** $D_T = \{(x,t) : 0 \le x \le 1, 0 \le t \le T\}$ düzbucaqlısı verilmişdir. Bu düzbucaq-lıda

$$u_{tt}(x,t) - u_{xx}(x,t) + \alpha u_{xxxx}(x,t) - \beta u_{xxtt}(x,t) =$$
$$= a(t)u(x,t) + b(t)g(x,t) + f(x,t) \qquad (10)$$

tənliyinə baxılır və fərz edilir ki, bu tənliyin həlli olan $u(x,t)$ funksiyası

$$u(x,0)=\int_0^T p(t)u(x,t)+\varphi(x),\ u_t(x,0)=\psi(x)(0\le x\le 1) \qquad (11)$$

qeyri-lokal,

$$u(0,t)=u(1,t), u_x(0,t)=u_x(1,t),\ u_{xx}(0,t)=u_{xx}(1,t) \quad (0\le t\le T) \quad (12)$$

periodik,

$$\int_0^1 u(x,t)dx=0 \ \ (0\le t\le T) \qquad (13)$$

qeyri-lokal inteqral və

$$u(x_i,t)=h_i(t)\ (i=1,2; x_1\ne x_2,\ 0\le t\le T) \qquad (14)$$

əlavə şərtlərini ödəyir, burada $\alpha>0,\ \beta>0,\ x_i\in(0,1)\ (i=1,2)$ verilmiş ədədlər, $f(x,t),\ g(x,t),\ p(t),\ \varphi(x),\ \psi(x),\ h_i(t)\ (i=1,2)$ verilmiş funksiyalar, $u(x,t), a(t),\ b(t)$ isə axtarılan funksiyalardır.

Tərif 1.2.1. (10)-(14) tərs sərhəd məsələsinin klassik həlli

$$u(x,t)\in\tilde{C}^{4,2}(D_T),\ a(t)\in C[0,T],\ b(t)\in C[0,T]$$

funksiyalarından ibarət olan elə $\{u(x,t),a(t),b(t)\}$ üçlüyünə deyilir ki, bu funksiyalar (10) tənliyini D_T düzbucaqlısında, (11) şərtlərini $[0,1]$ parçasında, (12), (13) və (14) şərtlərini $[0,T]$ parçasında adi mənada ödəsinlər.

(10) - (14) tərs sərhəd məsələsinin klassik həllini tədqiq etmək üçün aşağıdakı köməkçi tərs sərhəd məsələsinə baxılır.

$$u(x,t)\in\tilde{C}^{4,2}(D_T),\ a(t)\in C[0,T], b(t)\in C[0,T]$$

funksiyalarından ibarət olan elə $\{u(x,t),a(t),b(t)\}$ üçlüyü tapmaq tələb olunur ki, bu üçlük (10) – (12) şərtləri ilə yanaşı

$$u_{xxx}(0,t)=u_{xxx}(1,t) \qquad (0\le t\le T) \qquad (15)$$

$$h_i''(t)-u_{xx}(x_i,t)+\alpha u_{xxxx}(x_i,t)-\beta u_{xxtt}(x_i,t)=$$
$$=a(t)h_i(t)+b(t)g(x_i,t)+f(x_i,t)(i=1,2;\ 0\le t\le T) \qquad (16)$$

şərtlərini adi mənada ödəsinlər.

Teorem 1.2.1. Fərz olunur ki, $\varphi(x), \psi(x)$ funksiyaları $[0,1]$ parçasında, $p(t)$ funksiyası $[0,T]$ parçasında, $f(x,t)$, $g(x,t)$ funksiyaları isə D_T düzbucaqlısında kəsilməzdirlərlər və

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0, \ \int_0^1 g(x,t)dx = 0 (0 \le t \le T), \ h_i(t) \in C^2[0,T] \ (i=1,2).$$

və
$$\int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \ \int_0^1 \psi(x)dx = 0,$$

$$\varphi(x_i) = h_i(0) - \int_0^T p(t)h_i(t)dt, \ \psi(x_i) = h_i'(0) \ (i=1,2)$$

uzlaşma şərtləri ödənilir. Onda aşağıdakı təkliflər doğrudur:

1. (10) – (14) tərs sərhəd məsələsinin hər bir klassik həlli həm də (10) – (12), (15), (16) tərs sərhəd məsələsinin həllidir.
2. (10) – (12), (15), (16) tərs sərhəd məsələsinin

$$(\|p(t)\|_{C[0,T]} + 2T\|a(t)\|_{C[0,T]})T < 1$$

şərtini ödəyən istənilən həlli (10)–(14) tərs sərhəd məsələsinin həllidir.

Köməkçi tərs məsələnin verilənləri üzərinə aşağıdakı şərtləri qoymaqla həllin varlığı və yeganəliyi haqqında teorem isbat olunur:

1.7. $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $p(t) \in C[0,T]$;

1.8. $\varphi(x) \in C^4[0,1], \varphi^{(5)}(x) \in L_2(0,1)$,

$$\varphi(0) = \varphi(1), \varphi'(0) = \varphi'(1), \varphi''(0) = \varphi''(1), \varphi'''(0) = \varphi'''(1), \varphi^{(4)}(0) = \varphi^{(4)}(1);$$

1.9. $\psi(x) \in C^3[0,1], \psi^{(4)}(x) \in L_2(0,1)$,

$$\psi(0) = \psi(1), \psi'(0) = \psi'(1), \psi''(0) = \psi''(1), \psi'''(0) = \psi'''(1);$$

1.10. $f(x,t), f_x(x,t) \in C(D_T), f_{xx}(x,t) \in L_2(D_T)$,

$$f(0,t) = f(1,t), \quad f_x(0,t) = f_x(1,t) \ (0 \le t \le T);$$

1.11. $g(x,t), g_x(x,t) \in C(D_T), g_{xx}(x,t) \in L_2(D_T)$,

$$g(0,t) = g(1,t), g_x(0,t) = g_x(1,t) (0 \le t \le T);$$

1.12. $h_i(t) \in C^2[0,T] (i=1,2)$,

$$h(t) \equiv h_1(t)g(1,t) - h_2(t)g(0,t) \neq 0 \ \ (0 \le t \le T).$$

Teorem 1.2.2. Fərz edək ki, 1.7-1.12 şərtləri və

$$(B(T)(A(T)+2)+C(T)+D(T))(A(T)+2)<1$$

bərabərsizliyi ödənilir. Onda (10) – (12), (15), (16) tərs məsələsinin $E_T^{5(2)}$ fəzasından götürülmüş $K = K_R(\|z\|_{E_T^{5(2)}}) \le A(T)+2)$ kürəsində yeganə həlli var. Burada $E_T^{5(2)}$ fəzası, $A(T)$, $B(T)$, $C(T)$ və $D(T)$-nin ifadələri 1.2. bölməsində təyin olunmuşlar.

Ekvivalentlik haqqında teoremdən və teorem 1.2.1-dən istifadə edərək aşağıdakı teorem isbat edilir.

Teorem 1.2.3. Tutaq ki, teorem 1.2.1-nin bütün şərtləri ödənilir. Bundan başqa fərz edək ki,

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0, \ \int_0^1 g(x,t)dx = 0(0 \le t \le T)$$

və

$$\int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \ \ \int_0^1 \psi(x)dx = 0,$$

$$\varphi(x_i) = h_i(0) - \int_0^T p(t)h_i(t)dt, \ \psi(x_i) = h_i'(0) \ \ (i=1,2)$$

uzlaşma şərtləri ödənir. Əgər $(\|p(t)\|_{C[0,T]} + 2T(A(T)+2))T < 1$ bərabərsizliyi ödənərsə, onda (10)-(14) tərs sərhəd məsələsinin $E_T^{5(2)}$ fəzasından götürülmüş $K = K_R(\|z\|_{E_T^{5(2)}}) \le A(T)+2)$ kürəsində yeganə həlli var.

Birinci fəsildən fərqli olaraq ikinci fəsildə öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtli Benni-Lyuk tənliyi üçün qeyri-lokal tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi öyrənilir.

İkinci fəslin birinci paraqrafında fərz edilir ki,

$$D_T = \{(x,t):\ 0 \le x \le 1,\ \ 0 \le t \le T\}.$$

$f(x,t)$, $g(x,t)$, $p(t)$, $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $h_i(t)(i=1,2)$-verilmiş funksiyalardır, belə ki, $x\in[0,1],\ t\in[0,T]$.

Aşağıdakı tərs sərhəd məsələsinə baxılır[5]: $u(x,t)$, $a(t)$, $b(t)$ funksiyalarından ibarət olan elə $\{u(x,t),\, a(t), b(t)\}$ üçlüyü tapmaq lazımdır ki, bu üçlük

$$u_{tt}(x,t)-u_{xx}(x,t)+\alpha u_{xxxx}(x,t)-\beta u_{xxtt}(x,t)=$$
$$=a(t)u(x,t)+b(t)g(x,t)+f(x,t),\quad (x,t)\in D_T \qquad (17)$$

xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyini[6], zamana görə

$$u(x,0)=\int_0^T p(t)u(x,t)dt+\varphi(x)\,,\ u_t(x,0)+\delta u_t(x,T)=\psi(x)\ \ (0\le x\le 1)\ \ (18)$$

qeyri-lokal şərtləri,

$$u(0,t)=u(1,t)\ ,u_x(0,t)=0,\ u_{xx}(0,t)=u_{xx}(1,t)\ ,u_{xxx}(0,t)=0\,(0\le t\le T)\,(19)$$

öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtlərini,

$$\int_0^1 u(x,t)dx=h_1(t)\quad (0\le t\le T), \qquad (20)$$

$$u_x\left(\frac{1}{2},t\right)=h_2(t)\quad (0\le t\le T) \qquad (21)$$

əlavə şərtlərini ödəsin, burada $\alpha>0$, $\beta>0$, $\delta\ge 0$ - qeyd olunmuş həqiqi ədədlərdir.

Tərif 2.1.1. $u(x,t)\in\tilde{C}^{4,2}(D_T)$ $a(t)\in C[0,T]$, $b(t)\in C[0,T]$ funksiyalarından ibarət olan $\{u(x,t),\, a(t), b(t)\}$ üçlüyü (17) tənliyini, (18)-(21) şərtlərini adi mənada ödəyirsə, bu üçlük (17)-(21) məsələsinin klassik həlli adlanır.

İndi (17)-(21) tərs sərhəd məsələsi ilə yanaşı aşağıdakı

---

[5] Мегралиев, Я,Т., Велиева, Б.К. Обратная краевая задача для линеаризованное уравнения Бенни-Люка с нелокальными условиями // Вестник Удмуртского Университета. Математика, механика, компьютерные науки, - 2019. т.29. вып.2. –с.166-182с.

[6] Benney D.J., Luke J.C. On the interactions of permanent waves of finite amplitude // Journal of Mathematical Physics. 1964. v.43. p. 309–313. https://doi.org/10.1002/sapm1964431309

köməkçi məsələyə baxaq, elə $u(x,t)\in \tilde{C}^{5,2}(D_T)$, $a(t)\in C[0,T]$, $b(t)\in C[0,T]$ funksiyalarından ibarət olan $\{u(x,t),a(t),b(t)\}$ üçlüyü tapmaq lazımdır ki, bu üçlük (17) - (19) şərtləri ilə yanaşı

$$h_1''(t)-u_x(1,t)+\alpha u_{xxx}(1,t)-\beta u_{ttx}(1,t)=$$

$$=a(t)h_1(t)+b(t)\int_0^1 g(x,t)dx+\int_0^1 f(x,t)dx \quad (0\le t\le T) \qquad (22)$$

$$h_2''(t)-u_{xxx}\left(\frac{1}{2},t\right)+\alpha u_{xxxxx}\left(\frac{1}{2},t\right)+\beta u_{xxxtt}\left(\frac{1}{2},t\right)=$$

$$=a(t)h_2(t)+b(t)g_x\left(\frac{1}{2},t\right)+f_x\left(\frac{1}{2},t\right) \quad (0\le t\le T) \qquad (23)$$

şərtlərini ödəsin, burada

$$\tilde{C}^{5,2}(D_T)=\left\{u(x,t):u(x,t)\in \tilde{C}^{4,2}(D_T),u_{ttxxx}(x,t),u_{xxxxx}(x,t)\in C(D_T)\right\}$$

(17)-(21) qoyulmuş tərs sərhəd məsələsi ilə köməkçi (17)-(19), (22), (23) tərs sərhəd məsələsi arasında aşağıdakı teorem isbat edilir.

Teorem 2.1.1. Fərz edək ki**,** $\varphi(x)$, $\psi(x)\in C^1[0,1]$, $p(t)\in C[0,T]$, $h_i(t)\in C^2[0,T] (i=1,2)$, $g(x,t)$, $g_x(x,t)\in C(D_T)$, $h(t)\equiv h_1(t)g_x\left(\frac{1}{2},t\right)-$

$$-h_2(t)\int_0^1 g(x,t)dx\neq 0 \quad (0\le t\le T), \qquad f(x,t),\ f_x(x,t)\in C(D_T) \text{ və}$$

$$\int_0^1 \varphi(x)dx=h_1(0)-\int_0^T p(t)h_1(t)dt,\quad \int_0^1 \psi(x)dx=h_1'(0)+\delta\, h_1'(T),$$

$$\varphi'\left(\frac{1}{2}\right)=h_2(0)-\int_0^T p(t)h_2(t)dt,\ \psi'\left(\frac{1}{2}\right)=h_2'(0)+\delta\, h_2'(T) \qquad (24)$$

uzlaşma şərtləri ödənilir, onda aşağıdakı təkliflər doğrudur.

A. (17)-(21) tərs sərhəd məsələsinin $u(x,t)\in \tilde{C}^{5,2}(D_T)$ şərtini ödəyən $\{u(x,t),a(t),b(t)\}$ klassik həlli, həm də (17)-(19), (22), (23) köməkçi məsələsinin həllidir;

B. $\left(\|p(t)\|_{C[0,T]} + \frac{(2\delta+1)T}{1+\delta} \|a(t)\|_{C[0,T]} \right) T < 1$

şərtini ödəyən (17)-(19), (22), (23) köməkçi tərs sərhəd məsələsinin həlli həm də (17)-(21) tərs sərhəd məsələsinin klassik həllidir.

İkinci fəslin ikinci paraqrafında fərz olunur ki, köməkçi məsələnin verilənləri aşağıdakı şərtləri ödəyirlər:

2.1. $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $0 \le \delta < 1$, $p(t) \in C[0,T]$.

2.2. $\varphi(x) \in C^5[0,1], \varphi^{(6)}(x) \in L_2(0,1)$, $\varphi'(0) = \varphi'''(0) = \varphi^{(5)}(0) = 0$,

$\varphi(0) = \varphi(1), \varphi''(0) = \varphi''(1), \varphi^{(4)}(0) = \varphi^{(4)}(1)$.

2.3. $\psi(x) \in C^4[0,1], \psi^{(5)}(x) \in L_2(0,1)$, $\psi'(0) = \psi'''(0) = 0$,

$\psi(0) = \psi(1), \psi''(0) = \psi''(1)$.

2.4. $f(x,t), f_x(x,t), f_{xx}(x,t) \in C(D_T), f_{xxx}(x,t) \in L_2(D_T)$,

$f_x(0,t) = 0,\ f(0,t) = f(1,t),\ f_{xx}(0,t) = f_{xx}(1,t)\ \ (0 \le t \le T)$.

2.5. $g(x,t), g_x(x,t), g_{xx}(x,t) \in C(D_T), g_{xxx}(x,t) \in L_2(D_T)$,

$g_x(0,t) = 0,\ g(0,t) = g(1,t),\ g_{xx}(0,t) = g_{xx}(1,t)\ \ (0 \le t \le T)$.

2.6. $h_i(t) \in C^2[0,T] (i = 1,2)$,

$$h(t) \equiv h_1(t) g_x\left(\frac{1}{2}, t\right) - h_2(t) \int_0^1 g(x,t)dx \ne 0\ \ (0 \le t \le T).$$

Aşağıdakı teoremlər isbat edilir.

Teorem 2.2.1. Əgər 2.1 – 2.6 şərtləri və

$$(B(T)(A(T)+2) + C(T) + D(T))(A(T)+2) < 1$$

bərabərsizliyi ödənərsə, onda (17)-(19), (22), (23) məsələsinin E_T^6 fəzasından götürülmüş $K = K_R(\|z\|_{E_T^6} \le R \le A(T)+2)$ kürəsində yeganə həlli var. Burada E_T^6 fəzası, $A(T)$, $B(T)$, $C(T)$ və $D(T)$-nin ifadələri 2.2. bölməsində təyin olunmuşlar.

Teorem 2.2.2. Tutaq ki, teorem 2.1.2. –in bütün şərtləri və (24) uzlaşma şərtləri ödənilir. Əgər

$$\left(\|p(t)\|_{C[0,T]} + \frac{(2\delta+1)T(A(T)+2)}{1+\delta}\right)T < 1$$

şərti ödənərsə, (17)-(21) məsələsinin E_T^6 fəzasından götürülmüş $K = K_R$ kürəsində yeganə həlli var.

İki paraqrafdan ibarət olan üçüncü fəsildə isə birinci və ikinci fəsillərdən fərqli olaraq öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtinə gətirilə bilən Benni-Lyuk tənliyi üçün qeyri-lokal tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi tədqiq edilir.

Üçüncü fəslin birinci paraqrafında fərz edilir ki, $D_T = \{(x,t): 0 \le x \le 1,\ 0 \le t \le T\}$ düzbucaqlısı verilmişdir və bu düzbucaqlıda aşağıdakı tərs sərhəd məsələsinə baxılır. $\{u(x,t), a(t), b(t)\}$ üçlüyü tapmaq tələb olunur, ki bu üçlük

$$\begin{aligned} &u_{tt}(x,t) - u_{xx}(x,t) + \alpha u_{xxxx}(x,t) - \beta u_{xxtt}(x,t) = \\ &= a(t)u(x,t) + b(t)g(x,t) + f(x,t) \quad (x,t) \in D_T \end{aligned} \tag{25}$$

tənliyini, zamana görə

$$u(x,0) = \varphi(x) + \int_0^T p_1(t)u(x,t)dt,$$

$$u_t(x,0) = \psi(x) + \int_0^T p_2(t)u(x,t)dt \quad (0 \le x \le 1) \tag{26}$$

qeyri-lokal şərtləri,

$$u(1,t) = 0,\ \ u_x(0,t) = u_x(1,t), \quad u_{xx}(1,t) = 0 \quad (0 \le t \le T) \tag{27}$$

sərhəd,

$$\int_0^1 u(x,t)dx = 0 \quad (0 \le t \le T) \tag{28}$$

inteqral və

$$u(0,t) = h_1(t) \qquad (0 \le t \le T), \tag{29}$$

$$u\left(\frac{1}{2}, t\right) = h_2(t) \qquad (0 \le t \le T) \tag{30}$$

əlavə şərtləri ödənsin, burada $\alpha > 0$, $\beta > 0$ verilmiş ədədlər, $g(x,t)$, $f(x,t)$, $\varphi(x), \psi(x)$, $p_1(t)$, $p_2(t)$, $h_1(t), h_2(t)$ verilmiş funksiyalardır.

Tərif 3.1.1. (25) tənliyini D_T oblastında, (26) qeyri-lokal şərtlərini $[0,1]$ parçasında, (27)-(30) şərtlərini isə $[0,T]$ parçasında adi mənada ödəyən $\{u(x,t), a(t), b(t)\}$ üçlüyünə (25)-(30) tərs sərhəd məsələsinin klassik həlli deyilir.

(25) – (30) tərs sərhəd məsələsi ilə yanaşı aşağıdakı köməkçi tərs sərhəd məsələsinə baxaq.

$$u(x,t) \in \tilde{C}^{4,2}(D_T), \; a(t) \in C[0,T], \; b(t) \in C[0,T]$$

funksiyalarından ibarət olan elə $\{u(x,t), a(t), b(t)\}$ üçlüyü tapmaq tələb olunur ki, bu üçlük (25) – (27) şərtlərini ödəməklə bərabər

$$u_{xxx}(0,t) = u_{xxx}(1,t) \quad (0 \le t \le T), \tag{31}$$

$$h_1''(t) - u_{xx}(0,t) + \alpha u_{xxxx}(0,t) - \beta u_{xxtt}(0,t) =$$
$$= a(t)h_1(t) + b(t)g(0,t) + f(0,t) \; (0 \le t = T), \tag{32}$$

$$h_2''(t) - u_{xx}\left(\frac{1}{2},t\right) + \alpha u_{xxxx}\left(\frac{1}{2},t\right) - \beta u_{xxtt}\left(\frac{1}{2},t\right) =$$
$$= a(t)h_2(t) + b(t)g\left(\frac{1}{2},t\right) + f\left(\frac{1}{2},t\right) \quad (0 \le t = T) \tag{33}$$

şərtlərini də ödəsin.

Ekvivalenetlik haqqında aşağıdakı teorem doğrudur.

Teorem 3.1.1. Fərz edək ki,

$$\varphi(x), \; \psi(x) \in C[0,1], \; p_1(t), \, p_2(t) \in C[0,T], \; f(x,t), \; g(x,t) \in C(D_T),$$

$$h_i(t) \in C^2[0,T] (i = 1,2), \; h(t) \equiv h_1(t)\, g(\frac{1}{2},t) - h_2(t) g(0,t) \ne 0 \; (0 \le t \le T),$$

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0, \; \int_0^1 g(x,t)dx = 0 (0 \le t \le T) \quad \text{və}$$

$$\int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \quad \int_0^1 \psi(x)dx = 0, \tag{34}$$

$$\varphi(0) = h_1(0) - \int_0^T p_1(t)h_1(t)dt,\ \ \psi(0) = h_1'(0) - \int_0^T p_2(t)h_1(t)dt,$$

$$\varphi\left(\frac{1}{2}\right) = h_2(0) - \int_0^T p_2(t)h_2(t)dt,\ \ \psi\left(\frac{1}{2}\right) = h_2'(0) - \int_0^T p_2(t)h_2(t)dt \quad (35)$$

Onda aşağıdakı təkliflər doğrudur.

- (25) –(30) tərs sərhəd məsələsinin hər bir $\{u(x,t), a(t), b(t)\}$ klassik həlli həm də (25)-(27), (31)- (33) köməkçi tərs sərhəd məsələsinin həllidir.
- (25)-(27), (31)- (33) köməkçi tərs sərhəd məsələsinin

$$\left(\|p_1(t)\|_{C[0,T]} + T\|p_2(t)\|_{C[0,T]} + \frac{1}{2}\|a(t)\|_{C[0,T]} \right) < 1$$

şərtini ödəyən $\{u(x,t), a(t), b(t)\}$ həlli (25) – (30) tərs sərhəd məsələsinin klassik həllidir.

Üçüncü fəslin ikinci paraqrafında köməkçi məsələnin həllinin varlığı və yeganəliyi isbat edilir. Sonra isə, ekvivalentlik haqqında teoremdən istifdə edərək əsas məsələnin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi göstərilir. Köməkçi tərs sərhəd məsələlərinin verilənlərinin aşağıdakı şərtləri ödədiyi fərz edilir.

3.1. $\varphi(x) \in C^4[0,1], \varphi^{(5)}(x) \in L_2(0,1),$

$\varphi(1) = 0, \varphi'(0) = \varphi'(1),\ \varphi''(1) = 0, \varphi'''(0) = \varphi'''(1),\ \varphi^{(4)}(1) = 0;$

3.2. $\psi(x) \in C^3[0,1], \psi^{(4)}(x) \in L_2(0,1),$

$\psi(1) = 0,\ \psi'(0) = \psi'(1),\ \psi''(1) = 0, \psi'''(0) = \psi'''(1);$

3. 3. $f(x,t),\ f_x(x,t) \in C(D_T),\ f_{xx}(x,t) \in L_2(D_T),$

$f(1,t) = 0,\ \ f_x(0,t) = f_x(1,t) \quad (0 \le t \le T).;$

3. 4. $g(x,t), g_x(x,t) \in C(D_T), g_{xx}(x,t) \in L_2(D_T),$

$g(1,t) = 0,\ \ g_x(0,t) = g_x(1,t) \quad (0 \le t \le T);$

3.5. $\alpha > 0,\ \beta > 0, p_i(t) \in C[0,T],\ h_i(t) \in C^2[0,T] (i = 1,2),$

$$h(t) \equiv h_1(t)g\left(\frac{1}{2},t\right) - h_2(t)g(0,t) \neq 0 \ (0 \leq t \leq T).$$

Aşağıdakı teoremlər isbat edilir.

Teorem 3.2.1. Tutaq ki, 3.1-3.5 şərtləri ödənilir .Əgər

$$(A(T)+2)(B(T)A(T)+2)+C(T)+D(T)) < 1$$

bərabərsizliyi ödənərsə, (25)-(27), (31)- (33) tərs sərhəd məsələsinin $E_T^{5(3)}$ fəzasından götürülmüş $K = K_R(\|z\|_{E_T^{5(3)}} \leq A(T)+2)$ kürəsində yeganə həlli var. Burada $E_T^{5(3)}$ fəzası, $A(T)$, $B(T)$, $C(T)$ və $D(T)$ -nin ifadələri 2.3. bölməsində təyin olunmuşlar.

Teorem 3.2.2. Tutaq ki, teorem 3.2.1–in bütün şərtləri, $\int_0^1 f(x,t)dx = 0,\ \int_0^1 g(x,t)dx = 0 (0 \leq t \leq T)$ və (34), (35) uzlaşma şərtləri ödənilir. Əgər

$$\left(\|p_1(t)\|_{C[0,T]} + T\|p_2(t)\|_{C[0,T]} + \frac{1}{2}(A(T)+2)\right)T < 1$$

bərabərsizliyi ödənərsə, onda (25) –(30) məsələsinin $E_T^{5(3)}$ fəzasından götürülmüş $K = K_R(\|z\|_{E_T^{5(3)}} \leq R)$ kürəsində yeganə həlli var.

NƏTİCƏ

Dissertasiya işi qeyri-lokal sərhəd şərtli dördüncü tərtib diferensial tənliklər üçün bəzi tərs sərhəd məsələlərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur və aşağıdakı elmi nəticələr alınmışdır:

- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma sərhəd şərtli qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur;
- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma sərhəd şərtinə gətirilə bilən qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur;
- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtli qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur;
- Dördtərtibli xüsusi törəməli xəttiləşdirilmiş Benni-Lyuk tənliyi üçün öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtinə gətirilə bilən qeyri-lokal, qeyri-xətti tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat olunmuşdur.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı işlərdə dərc olunmuşdur:

1. Мегралиев, Я.Т., Велиева, Б.К. Об одной нелокальной обратной краевой задаче для уравнения Бенни-Люка // -Воронеж: Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. –17-19 декабря, -2018. -с. 99-104.
2. Мегралиев, Я.Т., Велиева, Б.К. Нелинейная обратная краевая задача для уравнения Бенни-Люка с нелокальными краевыми условиями // Operators, Functions and Systems of Mathematical Physics Conference, -Baku: 10–14 June, -2019, Khazar University, -p144-146.
3. Мегралиев, Я,Т., Велиева, Б.К. Обратная краевая задача для линеаризованное уравнения Бенни-Люка с нелокальными условиями // Вестник Удмуртского Университета. Математика, механика, компьютерные науки, -2019. т.29. вып.2. –с.166-182с.
4. Мегралиев, Я.Т., Велиева, Б.К. Обратная краевая задача для линеаризованное уравнение Бенни-Люка с интегральным условием первого рода // «Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем» МКМ-2019, -г. Пенза, -с. 166-182.
5. Mehraliyev, Y.T., Valiyeva, B.K., Ramazanova, A.T. An inverse boundary value problem for a linearized Bonny-Luc equation with nonlocal boundary conditions // Cogent Mathematics & Statistics, -2019. №6, -p.1-19.
6. Mehraliyev, Y.T., Valiyeva, B.K. On one nonlocal inverse boundary problem for the Benney–Luke equation with integral conditions. // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series -2019. 1203, 012100, -1-13 p.
7. Valiyeva, B.K. On the solvability of one inverse boundary value problem for the linearized Benny-Luc equation with non-self adjoint boundary conditions // -Baku: Caspian Journal of Applied Mathematics. Ecology and Economics. -2020. v.8, №1, -p.55-66.
8. Мегралиев, Я.Т., Велиева, Б.К. Линейные обратные задачи для линеаризованного уравнения Бенни-Люка с несамосопряженными краевыми условиями. // Международная

научная конф. «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики», Дифференциальные уравнения и их приложения. -Воронеж, -2020, с. 167-171.
9. Valiyeva, B.K. Existence and uniqueness of an inverse boundary value problem for Benny-Luke equation with not self ad joint conditions // -Baku: Transactions of ANAS, ser. phys.—tech. and mat. sc., -2021. v.41, №7, -p.36-47.
10. Valiyeva, B.K. A problem on determining the unknown coefficient and free term of a linearized Benny-Luke equation with non-self ad joint boundary conditions // -Baku: Journal of Contemporary Applied Mathematics. -2022. v.12, №2, -p.57-72.
11. Мегралиев, Я.Т., Велиева, Б.К. Об одной нелинейной обратной краевой задачи для уравнения Бенни-Люка. // akad. İ.İbrahimovun 110 illiyinə həsr olunmuş "Funksiyalar nəzəriyyəsi, funksional analiz və onların tətbiqləri" adlı Respublika elmi konfransı, -Bakı, BDU. -28-29 noyabr, -2022, -s.370-373.

Dissertasiyanın müdafiəsi **"11" fevral 2025**-ci il tarixində saat **14^{00}** –da Bakı Dövlət Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1148, Bakı şəhəri, Z. Xəlilov küçəsi, 23.

Dissertasiya işi ilə Bakı Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümükündür.

Dissertasiya işi və avtoreferatın elektron versiyasiyaları Bakı Dövlət Universiteti rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat "27" dekabr 2024 tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 17.12.2024
Kağızın formatı: 60x84 1/16
Həcm: 37336
Tiraj: 100