AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

PARABOLİK VƏ HİPERBOLİK TİP TƏNLİKLƏR ÜÇÜN BƏZİ TƏRS MƏSƏLƏLƏRİN KORREKTLİYİNİN TƏDQİQİ

İxtisas: 1211.01 – Diferensial tənliklər

Elm sahəsi: Riyaziyyat

İddiaçı: **Arəstə Şarıza qızı Həbibova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2024

Dissertasiya işi Lənkəran Dövlət Universitetinin "Riyaziyyat və informatika" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor
Ədalət Yavuz oğlu Axundov

Rəsmi opponentlər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Nazim Baxış oğlu Kərimov

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Yaşar Topuş oğlu Mehrəliyev

fizika-riyaziyyat elmləri namizədi, dosent
Vaqif Yusif oğlu Məstəliyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.04 Dissertasiya şurası.

Dissertasiya şurasının sədri: AMEA-nın müxbir üzvü, f-r.e.d., professor
______________ **Misir Cumail oğlu Mərdanov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi: f.r.e.n.
______________ **Əbdürrəhim Fərman oğlu Quliyev**

Elmi seminarın sədri: AMEA-nın həqiqi üzvü, f.r.e.d., professor
______________ **Yusif Əbülfət oğlu Məmmədov**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.

Tərs məsələ dedikdə, diferensial tənliyin həlli haqqında başlanğıc və sərhəd şərtləri ilə yanaşı əlavə məlumat verildikdə tənliyə daxil olan naməlum əmsal və ya sağ tərəfin tapılması nəzərdə tutulur.

Nəzəri və tətbiqi əhəmiyyətinə görə riyazi fizika tənlikləri üçün tərs məsələlər müasir riyaziyyatın aktual problemlərindən biridir. Riyazi fizikanın tərs məsələlərinin istilikkeçirmə, diffuziya, neft yataqlarında süzülmə proseslərinin öyrənilməsində, geofizika, kvant mexanikası və biofizikada elmi-praktik əhəmiyyətinin çəkisi müasir riyaziyyatın yeni bir sahəsinin - riyazi fizikanın tərs məsələləri nəzəriyyəsinin yaranmasına səbəb oldu.

Mühitin bu və ya digər naməlum xarakteristikalarının tapılması üçün işlənən hər bir effektiv üsul praktik təcrübələrin aparılmasını sadələşdirir və sayını azaldır, eyni zamanda, onların dəqiqliyini və doğruluğunu artırır.

Ə.Y.Axundov, O.M.Alifanov, Y.Y.Anikonov və M.V.Neşadim, K.R.Aydazadə və A.B.Rəhimov, B.M.Budak və A.D.İsgəndərov, M.İ.İsmayılov, A.M.Denisov, S.J.Kabanixin və M.A.Şişlenin, V.L.Kamının, N.B.Kərimov, A.J.Kojanov, M.Q.Qasımov və B.M.Levitan, A.V.Qonçarski və A.Q.Yaqola, M.M.Lavrentyev, A.S.Leonov, Y.T.Mehrəliyev və E.İ.Əzizbəyov, Q.K.Namazov, A.J.Prilepko və A.B.Kostin, V.Q.Romanov, Y.Q.Savatayev, A.A.Samarski və P.N.Vabişeviç, A.N.Safarova, A.N.Tixonov və V.Y.Arsenin, V.K.İvanov, Q.Y.Yaqubov, J.R.Cannon və başqalarının elmi monoqrafiya və məqalələrindən tərs məsələlər haqqında daha geniş məlumat əldə etmək olar.

Tədqiqatın obyekt və predmeti.

Parabolik, hiperbolik tip skalyar tənliklərdə, xüsusi tip "zəif" və "reaksiya-diffuziya" tipli parabolik tənliklər sistemlərində tənliklərin sağ tərəfində naməlum funksiyanın tapılması haqqında tərs məsələlərin Tixonov mənada korrektliyinin araşdırılması.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.

İşin məqsədi dəyişən sərhədli oblastlarda parabolik, hiperbolik tənliklər və reaksiya-diffuziya tipli sistemlər, silindrik oblastlarda istilikkeçirmənin hiperbolik tənliyi və "zəif" parabolik tənliklər sistemi üçün tərs məsələlərin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı, varlığı cəhətlərinin araşdırılmasından ibarətdir.

İşdə qarşıya qoyulan əsas vəzifə baxılan məsələlərin Tixonov mənada korrektliyini araşdırmaqdır.

Tədqiqatın metodları.

Riyazi fizikanın, diferensial tənliklər nəzəriyyəsinin, funksiyalar nəzəriyyəsi və funksional analizin üsullarından istifadə olunmuşdur.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

Parabolik tənliklər üçün:

- dəyişən sərhədli oblastda sağ tərəfin tapılması haqqında Dirixle sərhəd şərtli tərs məsələnin həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı haqqında teoremin isbatı;
- dəyişən sərhədli oblastda sağ tərəfin tapılması haqqında Neyman sərhəd şərtli tərs məsələnin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlərin isbatı;
- dəyişən sərhədli oblastda tənliyə daxil olan əmsalın tapılması haqqında tərs məsələnin həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı haqqında teoremin isbatı;

Hiperbolik tənlik üçün:

- istilikkeçirmənin hiperbolik tənliyi üçün sağ tərəfin tapılması haqqında tərs məsələnin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlərin isbatı;
- dəyişən sərhədli oblastda simin rəqs tənliyi üçün sağ tərəfin tapılması haqqında tərs məsələnin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlərin isbatı.

Parabolik tənliklər sistemi üçün:

- "zəif" parabolik tənliklər sistemində sağ tərəfdə naməlum funksiyanın tapılması haqqında tərs məsələlərin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlərin isbatı;

- “reaksiya-diffuziya” tipli sistemdə sağ tərəfin tapılması tərs məsələsinin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı haqqında teoremin isbatı.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

- dəyişən sərhədli oblastlarda parabolik tənliklər üçün əmsallı tərs məsələlərin korrektliyi (həllin yeganəliyi, dayanıqlığı, varlığı) araşdırılmışdır.
- silindrik oblastda istilikkeçirmənin hiperbolik, dəyişən sərhədli oblastda isə simin rəqs tənliyi üçün sağ tərəfin tapılması haqqında tərs məsələlərin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlər isbat olunmuşdur.
- “zəif” parabolik tənliklər sistemində fəza dəyişənindən asılı sağ tərəfin tapılması çoxölçülü tərs məsələsinin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlərin isbatı.
- “reaksiya-diffuziya” tipli sistemdə zaman dəyişənindən asılı sağ tərəfin tapılması tərs məsələsinin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı haqqında teoremin isbatı.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmyyəti.

Dissertasiyada aparılan tədqiqatlar nəzəri xarakterlidir və riyazi fizika tənlikləri üçün tərs məsələlər nəzəriyyəsinin inkişafına xidmət edir. Dissertasiyanın nəticələrindən elmi araşdırmalarda və istilik, diffuziya, süzülmə proseslərində naməlum fiziki xarakteristikalarının tapılması üçün alqoritmlərin işlənməsində istifadə oluna bilər.

İşin aprobasiyası və tətbiqi.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri Lənkəran Dövlət Universitetinin “Riyaziyyat və informatika” kafedrasının seminarlarında (rəhbər prof. Ə.Y.Axundov), Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş “Tədris prosesində elmi innovasiyaların tətbiqi yolları” mövzusunda respublika elmi konfransında (Lənkəran 2019), “Spectral Theory and its Applications” adlı beynəlxalq elmi konfransda (Bakı 2019), XXXIV International conference “Problems of decision making under uncertainties” PDMU-2019 , (Ukrayna, Lvov 2019), XXXVII International conference “Problems of decision making under uncertainties” PDMU-2022, (Şəki-Lənkəran 2022), “Riyaziyyat və

Mexanikanın müasir problemləri” beynəlxalq konfransında (Bakı 2019, 2022), “Azərbaycanda Xalq, dövlət və ordu birliyinin gücü” adlı konfransda (Lənkəran 2021), “Funksiyalar nəzəriyyəsi, funksional analiz və onların tətbiqləri” mövzusunda konfransda (Bakı 2022), “Modern Problems of Mathematics and Mechanics” Proceedings of the International conference dedicated to the 100-th anniversary of the National Leader Heydar Aliyev. (Baku 2023) beynəlxalq konfransında məruzə edilmişdir.

Müəllifin şəxsi töhfəsi.

Dissertasiyada alınan bütün nəticələr müəllifə məxsusdur.

Müəllifin nəşrləri.

Dissertasiyanın əsas nəticələri müəllifin 16 elmi işində çap olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetririldiyi təşkilatın adı.

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Lənkəran Dövlət Universitetinin “Riyaziyyat və informatika” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi (işarə ilə, bölmələrin hər birinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla).

Dissertasiya işi titul səhifə -379 işarə, mündəricat – 3460 işarə, giriş -37307 işarə, I fəsil – 76000, II fəsil – 62000, III fəsil – 42000, nəticə -891 işarə və istifadə edilmiş 91 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi 222037 işarə sayıdır.

DİSSERTASİYANIN MƏZMUNU

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

Girişdə dissertasiya işinin mövzusu ilə əlaqəli olan işlərin icmalı verilmiş, həmçinin dissertasiyada alınan nəticələrin qısa məzmunu şərh olunmuşdur.

Dissertasiya işinin birinci fəsli üç yarımfəsil, ikinci və üçüncü fəsillər hər biri iki yarımfəsildən ibarətdir.

İşarələri qəbul edək: $x=\gamma_1(t),\ x=\gamma_2(t), x=\gamma(t),\ \ t\in[0,T]$, $0<T=const>0-$verilmiş funksiyalardır, $D=(\gamma_1(t),\gamma_2(t))\times(0,T]$, $B=(0,\gamma(t))\times(0,T]$, $Q_1=(0,1)\times(0,T]$, $\overline{\Omega}-R^n$ evklid fəzasının məhdud oblastıdır, $\overline{Q}_n=\overline{\Omega}\times(0,T]$, $(x,t)-D,B$ və ya Q_1 oblastlarının, $(x_1,\ldots,x_n,t)=(x,t)\in Q_n$ oblastının ixtiyari nöqtəsidir, $C^l(\cdot),C^{l+\alpha}(\cdot),C^{l,l/2}(\cdot),C^{l+\alpha,(l+\alpha)/2}(\cdot), l=0,1,2,\ \alpha\in(0,1)$ funksional fəzaları və bu fəzalarda normalar ümumi qəbul olunmuş qaydada başa düşülür:

$$\|p(x,t)\|_A^{(l)}=\sum_{j=0}^{l}\sup_A\left|\frac{\partial^j p(x,t)}{\partial x^j}\right|,\ \ \|q(t)\|_T^{(l)}=\sum_{j=0}^{l}\sup_{[0,T]}\left|\frac{d^j q(t)}{dt^j}\right|.$$

$$\|p(x,t)\|_A^{(l,k)}=\|p(x,t)\|_A^{(l)}+\|p(x,t)\|_T^{(k)},\ \upsilon=(\upsilon_1,\ldots,\upsilon_m),$$

$$\|\upsilon\|_A^{(l,k)}=\sum_{i=0}^{m}\|\upsilon_i\|_A^{(l,k)}.\ \ p_t=\frac{\partial p}{\partial t},\ p_{tt}=\frac{\partial^2 p}{\partial t^2},\ p_x=\frac{\partial p}{\partial x},\ p_{xx}=\frac{\partial^2 p}{\partial x^2},$$

$$q'=\frac{dq}{dt},\ q''=\frac{d^2q}{dt^2},\ \upsilon_{x_i}=\frac{\partial\upsilon}{\partial x_i},\ i=\overline{1,n},$$

$$\int_A\upsilon(x,t)dx=\int_A\ldots\int\upsilon(x,t)dx_1\ldots dx_n,\quad \Delta\upsilon=\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial^2\upsilon}{\partial x_i^2},\ D_x^l\upsilon-\upsilon(x,t)$$

funksiyasının x_i-lərə nəzərən l tərtibli mümkün olan törəmələridir.

Birinci fəsildə dəyişən sərhədli oblastlarda aşağıdakı tərs məsələlərin Tixonov mənada korrektliyi araşdırılır:

a) Parabolik tənliyin sağ tərəfində zaman dəyişənindən asılı naməlum komponentin tapılması haqqında Dirixle sərhəd şərtli tərs məsələ;
b) Dəyişən sərhədli oblastda parabolik tənliyin sağ tərəfinin tapılması haqqında Neyman sərhəd şərtli tərs məsələ;
c) Dəyişən sərhədli oblastda parabolik tənlikdə naməlum əmsalın tapılması haqqında tərs məsələ.

Tərs məsələlərdə naməlum funksiyaların tapılması üçün verilən əlavə şərt inteqral (qeyri-lokal) şəklindədir.

Baxılan tərs məsələlərin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlər isbat olunmuşdur.

Hər bir yarılmfəsildə baxılan tərs məsələnin Adamar mənada qeyri-korrekt olmasını göstərən nümunələr-misallar verilmişdir.

Sərhədi zamandan asılı olaraq dəyişən oblastlarda parabolik tənliklər üçün qarışıq “düz” məsələlər atom energetikasının və atom reaktorların təhlükəsizliyi problemlərində, raket mühərriklərində quru yanacağın yanma proseslərinin tədqiqatında və bir sıra digər təbiətşünaslıq elmlərinə aid məsələlərdə rast gəlinir. Bu zaman prosesin bu və ya digər fiziki xarakteristikaları birbaşa ölçülə bilmir. Bu halda əlavə ölçülər aparmaqla naməlum fiziki xarakteristikaların tapılması üçün tərs məsələlərin həlli zərurəti yaranır.

Silindrik oblastlarda parabolik tənlikdə naməlum əmsalın və ya sağ tərəfin tapılması haqqında tərs məsələlər Ə.Y.Axundov, O.M.Alifanov, K.R.Aydazadə, A.M.Denisov, N.J.İvansov, M.J.İsmayılov, V.J.Kaminin, N.B.Kərimov, Q.K.Namazov, A.J.Prilepko, Y.Q.Savatayev, A.N.Tixonov və başqalarının elmi işlərində baxılmışdır. Dəyişən sərhədli obllastlarda xətti parabolik tənliyin naməlum sağ tərəfinin tapılması haqqında tərs məsələlər Ə.Y.Axundov və A.Ş.Həbibova, A.Ş.Həbibova (qeyri-lokal əlavə şərtli), J.Q.Malışev (lokal əlavə şərtli) tərəfindən baxılmışdır.

1.1.-də $\{f(t),u(x,t)\}$ cütünün tapılması haqqında aşağıdakı tərs məsələyə baxılır:

Məsələ 1.

$$u_t - u_{xx} = f(t)g(x) \quad (x,t) \in D, \tag{1}$$

$$u(x,0) = \varphi(x), \ x \in [\gamma_1(0), \gamma_2(0)], \tag{2}$$

$$u(\gamma_1(t),t) = \psi_1(t), \ \ u(\gamma_2(t),t) = \psi_2(t), \ \ t \in [0,T], \tag{3}$$

$$\int_e^d u(x,t)dx = h(t), \quad t \in [0,T]. \tag{4}$$

Məsələ 1-in ilkin verilənləri üçün aşağıdakı şərtlər qəbul olunur:

1.1^0. $g(x) \in C^{\alpha}([a,b])$, $\int_e^d g(x)dx = g_0 \neq 0$;

1.2^0. $\varphi(x) \in C^{2+\alpha}([\gamma_1(0), \gamma_2(0)])$;

1.3^0. $\psi_1(t), \psi_2(t) \in C^{1+\alpha}([0,T])$, $\varphi(\gamma_1(0)) = \psi_1(0)$, $\varphi(\gamma_2(0)) = \psi_2(0)$;

1.4^0. $h(x) \in C^{1+\alpha}([0,T])$;

1.5^0. $\gamma_1(t), \gamma_2(t) \in C^{1+\alpha}[0,T]$, $0 < m_1 \leq \gamma_2(t) - \gamma_1(t) \leq m_2 < +\infty$, $\gamma_1'(t), \gamma_2'(t) \neq 0, t \in [0,T]$ burada $[a,b] - \overline{D}$ oblastının OX oxuna proyeksiyasıdır, e,d sabitləri $\gamma_1(0) < e < d < \gamma_2(0)$ şərtini ödəyir, $m_1, m_2 -$ sabit ədədlərdir, $\alpha \in (0,1)$.

Tərif 1. $\{f(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünə o zaman məsələ 1-in klassik həlli deyəcəyik ki,

1) $f(t) \in C^{\alpha}([0,T])$;

2) $u(x,t) \in C^{2+\alpha, 1+\alpha/2}(\overline{D})$;

3) bu funksiyalar üçün (1)-(4) münasibətləri adi qaydada ödənilir.

Məsələ 1 üçün korrektlik sinfi adlanan çoxluğu quraq:

$K_1^{\alpha} = \{(f,u) | f(t) \in C^{\alpha}([0,T])$, $u(x,t) \in C^{2+\alpha, 1+\alpha/2}(\overline{D})$, $\exists m_3, m_4 > 0$ - sabit ədədləri vardır ki , $\forall\ (f,u)$üçün $|f(t)| \leq m_3$, $t \in [0,T]$, $|u|, |u_x| \leq m_4$, $(x,t) \in \overline{D}\}$.

Tərs məsələlərin korrektliyinin Tixonov mənada araşdırılmasında həllin yeganəlik və dayanıqlıq cəhətləri mühüm əhəmiyyət kəsb edir .

Məsələ 1-in araşdırılması özünə ekvivalent olan məsələyə gətirilməklə aparılır. İsbat olunur ki, $\{f(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün tapılması üçün məsələ 1 bu funksiyalar cütünün (1), (2), (3) və

$$f(t)=\left[h'(t)-u_x(d,t)+u_x(e,t)\right]/g_0,\ t\in[0,T], \qquad (5)$$

münasibətlərindən tapılması məsələsinə ekvivalentdir ($\{f(t),u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün (1), (2), (3), (5) münasibətlərindən tapılması məsələsini $\bar{1}$ işarə edək).

Məsələ $\bar{1}$-in münasibətlərini iki komplekt $\{g_1(x),\varphi_1(x),\psi_{11}(t),\psi_{21}(t),h_1(t)\}$ (məsələ 1.1.) və $\{g_2(x),\varphi_2(x),\psi_{12}(t),\psi_{22}(t),h_2(t)\}$ (məsələ 1.2.) ilkin verilənləri üçün yazaq və alınmış məsələlərin həllərini uyğun olaraq $\{f_1(t),u_1(x,t)\}$, $\{f_2(t),u_2(x,t)\}$ işarə edək.

Məsələ $\bar{1}$-in həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı haqqında aşağıdakı teorem isbat olunmuşdur.

Teorem 1. Fərz edək ki,

1) $\{g_1(x),\varphi_1(x),\psi_{11}(t),\psi_{21}(t),h_1(t)\}$ və $\{g_2(x),\varphi_2(x),\psi_{12}(t),\psi_{22}(t),h_2(t)\}$ funksiyaları uyğun olaraq $1.1^0-1.4^0$, $\gamma_1(t),\ \gamma_2(t)$ funksiyaları 1.5^0 şərtini ödəyir;

2) Məsələ 1.1 və 1.2.-nin tərif 1 mənada uyğun olaraq $\{f_1(t),u_1(x,t)\}$, $\{f_2(t),u_2(x,t)\}$ həlləri vardır və bu həllər K_1^α çoxluğuna daxildir.

Onda elə $T^*\left(0<T^*\le T\right]$ vardır ki, $(x,t)\in D^*=[\gamma_1(t),\gamma_2(t)]\times\left[0,T^*\right]$ oblastında məsələ $\bar{1}$-in həlli yeganədir və dayanıqlıq qiymətləndirilməsi doğrudur:

$$\|u_1-u_2\|_{D^*}^0+\|f_1-f_2\|_{T^*}^0\le m\Big[\|g_1-g_2\|_{[a,b]}^{(0)}+\|\varphi_1-\varphi_2\|_{[\gamma_1(0),\gamma_2(0)]}^{(2)}+$$
$$+\|\psi_{11}-\psi_{12}\|_{T^*}^{(1)}+\|\psi_{21}-\psi_{22}\|_{T^*}^{(1)}+\|h_1-h_2\|_{T^*}^{(1)}\Big],$$

burada $m>0-$ ilkin verilənlərindən və K_1^α çoxluğundan asılı sabitdir.

1.2-də parabolik tənliyin sağ tərəfində zaman dəyişənindən asılı naməlum komponentin tapılması haqqında tərs məsələnin korrektliyi araşdırılır. Baxılan tərs məsələnin həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı, varlığı haqqında teoremlər isbat olunur.

Məsələ 2. Naməlum $\{f(t),u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün aşağıdakı münasibətdən tapılması haqqında:

$$u_t - u_{xx} = f(t)g(x) \quad (x,t) \in B, \tag{6}$$

$$u(x,0) = \varphi(x), \ x \in [0, \gamma(0)], \tag{7}$$

$$u_x(0,t) = \psi_1(t), \ \ u_x(\gamma(t),t) = \psi_2(t), \ \ t \in [0,T], \tag{8}$$

$$\int_e^d u(x,t)dx = h(t), \quad t \in [0,T], \tag{9}$$

burada $g(x), \varphi(x), \psi_1(t), \psi_2(t), h(t), \gamma(t) -$ verilmiş hamar funksiyalardır, $0 < e < d < \gamma(0)$, $e, d -$ sabit ədədlərdir.

Məsələ 2-nin həlli tərif 1-ə analoji olaraq başa düşülür.

İsbat olunur ki, məsələ 2 $\{f(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün (6), (7), (8) və

$$f(t) = [h'(t) - u_x(d,t) + u_x(e,t)] / g_0, \quad t \in [0,T],$$

$$\int_e^d g(x)dx = g_0 \neq 0 \tag{10}$$

münasibətlərindən tapılması məsələsinə (bu məsələni məsələ $\overline{2}$ işarə edək) ekvivalentdir. Məsələ $\overline{2}$ -nin həlli üçün teorem 1-ə analoji yeganəlik və dayanıqlıq teoremi isbat olunur.

Qeyri-korrekt məsələlərin Tixonov mənada korrektliyini araşdırarkən, adətən, həllin konkret olaraq hər hansı bir kompaktdan olması apriori olaraq qəbul edilir . Bəzi hallarda həllin hansı mənadasa varlığını isbat etmək mümkün olur. Bu isə baxılan məsələnin araşdırılmasının tamlığı, dolğunluğu ilə yanaşı, həllin tapılması alqoritmlərinin işlənməsi nöqteyi nəzərdən əhəmiyyət kəsb edir.

Tərif 2. $\{f(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünə o zaman məsələ $\overline{2}$ -nin ümumiləşmiş həlli deyəcəyik ki, 1) $f(t) \in C([0,T])$; 2) $u(x,t) \in C^{1,0}(\overline{B})$; 3) bu funksiyalar

$$u(x,t) = F(x,t) + y(x,t) -$$

$$-2\int_e^t G(x, t-\tau)\rho_1(\tau)d\tau + 2\int_e^t G(x - \gamma(\tau), t-\tau)\rho_2(\tau)d\tau,$$

$$f(t) = [h'(t) - u_x(d,t) + u_x(e,t)] / g_0, \ t \in [0,T],$$

inteqral tənliklər sistemini adi qaydada ödəyir. Burada $F(x,t), y(x,t), G(x,t), \rho_1(t), \rho_2(t)$ funksiyaları tələb olunan hamarlığa malikdir və aşağıdakı kimi təyin olunmuşdur.

Burada

$$F(x,t)=\tilde{\varphi}(x)+\frac{2\gamma(t)x-x^2}{2\gamma(t)}[\psi_1(t)-\psi_1(0)]+\frac{x^2}{2\gamma(t)}[\psi_2(t)-\psi_2(0)],$$

$$\tilde{\varphi}(x)=\begin{cases}\varphi(x), & x\in[0,\gamma(0)],\\ \varphi(\gamma(0)), & x\in\gamma(0),\ \gamma(T).\end{cases}$$

$$\phi(x,t)=f(t)g(x)+\delta_{xx}(x,t)-\delta_t(x,t)$$

$$\tilde{\phi}(x,t)=\begin{cases}\phi(0,t), & (-\infty,0)\times[0,T],\\ \phi(x,t), & [0,\gamma(t)]\times[0,T],\\ \phi(\gamma(t),t), & [\gamma(t),+\infty]\times[0,T],\end{cases}$$

$$y(x,t)=\int_0^t\int_{-\infty}^{+\infty}G(x-\xi,t-\tau)\tilde{\phi}(\xi,\tau)d\xi d\tau$$

$$G(x,t)=\frac{1}{\sqrt{4\pi t}}\exp\left(-\frac{x^2}{4t}\right),\ t>0,$$

$$\rho_1(t)=-y_x(0,t)-2\int_0^t G_x(-\gamma(t),t-\tau)\rho_2(\tau)d\tau$$

$$\rho_2(t)=-y_x(\gamma(t),t)+2\int_0^t G_x(\gamma(\tau),t-\tau)\rho_1(\tau)d\tau$$

Məsələ $\overline{2}$ (məsələ 2)-nin ümumiləşmiş həllinin varlığı haqqında aşağıdakı teorem isbat olunmuşdur.

Teorem 2. Fərz edək ki:

$$g(x)\in C^{\alpha}([0,\gamma(T)]),\ \int_e^d g(x)dx\neq 0,\ \varphi(x)\in C^{2+\alpha}([0,\gamma(0)]),$$

$$\psi_1(t),\psi_2(t)\in C^{1+\alpha}([0,T]);\ \varphi'(0)=\psi_1(0),\ \varphi'(\gamma(0))=\psi_2(0),$$

$$h(t)\in C^{1+\alpha}([0,T]),\ \gamma(t)\in C^{1+\alpha}([0,T]),\ \gamma'(t)>0,\ t\in[0,T],$$

$$0<\gamma(0)\leq\gamma(t)\leq\gamma(T)<+\infty\ .$$

Onda elə $T_1(0 < T_1 < T)$ ədədi vardır ki, $\overline{B}^1 = [0,\gamma(t)] \times [0,T_1]$ oblastında məsələ $\overline{2}$ -nin tərif 2 mənada həlli vardır.

1.3 -də parabolik tənlikdə zaman dəyişənindən asılı naməlum əmsalın tapılması haqqında tərs məsələyə baxılır.

Məsələ 3. $\{c(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün aşağıdakı münasibətlərdən tapılması haqqında:

$$u_t - u_{xx} + c(t)u = f(x,t) \ \ (x,t) \in B, \tag{11}$$

$$u(x,0) = \varphi(x), \ \ x \in [0,\gamma(0)], \tag{12}$$

$$u_x(0,t) = \psi_1(t), \ \ u_x(\gamma(t),t) = \psi_2(t), \ \ t \in [0,T], \tag{13}$$

$$\int_e^d u(x,t)dx = h(t), \ \ \ t \in [0,T], \tag{14}$$

burada $f(x,t), \varphi(x), \psi_1(t), \psi_2(t), h(t) -$ verilmiş müəyyən hamarlıq şərtlərinə malik funksiyalardır, $0 < e < d < \gamma(0), \ e,d > 0 -$ sabit ədədlərdir.

Məsələ $\overline{3}$-ün həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı haqqında teorem 1-ə analoji teorem isbat olunur.

İkinci fəsildə hiperbolik tip tənliklərdə naməlum sağ tərəfin tapılması haqqında tərs məsələlərin korrektliyi araşdırılır.

Hiperbolik tip tənliklər üçün "düz" məsələlərin müxtəlif cəhətlərinin araşdırılmasına həsr olunmuş çoxsaylı elmi tədqiqatlara V.A.İlin, O.A.Ladıjenskaya, A.A.Samarski və P.N.Vabişeviç, A.N.Tixonov və A.A.Samarskinin fundamental işlərini göstərmək olar. İstilikkeçirmənin hiperbolik tənliyi üçün "düz" məsələlər E.M.Kartaşov və J.V.Antonova, V.A.Kudinovun elmi işlərində baxılmışdır.

Hiperbolik tənliklər üçün əmsallı tərs məsələlər Z.Əliyev və Y.T.Mehrəliyev, Y.E.Anikonov və M.V.Neşadim, G.N.İsgəndərova, S.J.Kabanixin, A.J.Kojanov, D.V.Kostin, M.A.Quliyev, Ə.D.Mədətov, Y.T.Mehrəliyev və E.Y.Əzizbəyov, V.Q.Romanov, A.Y.Savenkov və başqaları tərəfindən baxılmışdır.

İstilikkeçirmənin hiperbolik tənlikləri üçün inteqral əlavə şərtli dəyişən sərhədli oblstlarda hiperbolik tənlik üçün qeyri-lokal şərtli tərs məsələlər Ə.Y.Axundov, A.Ş.Həbibova tərəfindən baxılmışdır.

2.1.-də hiperbolik tip istilikkeçirmə tənliyinin sağ tərəfində naməlum komponentin tapılması haqqında tərs məsələyə baxılır.

Baxılan məsələnin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlər isbat olunmuşdur.

Məsələ 4. Naməlum $\{f(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün tapılması haqqında məsələyə baxılır:

$$u_t + \nu u_{tt} - u_{xx} = f(t)g(x) \quad (x,t) \in Q_1, \tag{15}$$

$$u(x,0) = \varphi(x), \; u_t(x,0) = \psi(x), \quad x \in [0,1], \tag{16}$$

$$u(0,t) = u(1,t) = 0, \quad t \in [0,T], \tag{17}$$

$$\int_0^1 u(x,t)dx = h(t), \quad t \in [0,T], \tag{18}$$

burada $g(x), \varphi(x), \psi(x), h(t) -$ verilmiş funksiyalardır, $\nu > 0 -$ relakzasiya əmsalıdır.

Məsələ 4–ün ilkin verilənləri üçün şərtlər qəbul edək:

2.1^0. $g(x) \in C[0,1]$, $\int_0^1 g(x)dx = g_0 \neq 0$,

2.2^0. $\varphi(x) \in C^2[0,1]$, $\psi(x) \in C^1[0,1]$,

$\int_0^1 \varphi(x)dx = h(0)$, $\int_0^1 \psi(x)dx = h'(0)$; 2.3^0. $h(t) \in C^2[0,T]$.

Tərif 3. $\{f(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünə o zaman məsələ 4-ün həlli deyəcəyik ki: 1) $f(t) \in C[0,T]$; 2) $u(x,t) \in C^{2,2}(\overline{Q_1})$, 3) bu funksiyalar üçün (16)-(19) münasibətləri adi qaydada ödənilir.

İsbat olunur ki, $\{f(t), u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün (15)-(18) (məsələ 4) və (15), (16), (17)

$$f(t) = [h'(t) + \nu h''(t) - u_x(1,t) + u_x(0,t)]/g_0, \quad t \in [0,T], \tag{19}$$

(məsələ $\overline{4}$) münasibətlərindən tapılması məsələləri ekvivalentdir.

Fərz olunur ki, iki komplekt $\{g_1(x), \varphi_1(x), \psi_1(x), h_1(t)\}$, $\{g_2(x), \varphi_2(x), \psi_2(x), h_2(t)\}$ ilkin verilənləri üçün məsələ $\overline{4}$-ün tərif 3 mənada $\{f_1(t), u_1(x,t)\}$ və $\{f_2(t), u_2(x,t)\}$ həlləri vardır. Bu məsələlər uyğun olaraq 4.1 və 4.2 kimi işarə olunur.

Korrektlik çoxluğu $K_{2,1}^{\alpha} = \{(f,u) | f(t) \in C([0,T]),\ u(x,t) \in C^{2,2}(\overline{Q_1}),$ $\exists c_1, c_2 > 0$ sabit ədədləri vardır ki, $\forall\ (f,u)$ üçün $|f(t)| \le c_1$, $t \in [0,T], |u|, |u_x| \le c_2,\ (x,t) \in \overline{Q}_1$, ixtiyari $(f_1,u_1),(f_2,u_2) \in K_{2,1}^2$ üçün $u_{1x}(0,t) = u_{2x}(0,t), u_{1x}(1,t) = u_{2x}(1,t)\}$ kimi təyin olunur.

Teorem 3. Fərz edək ki,

1) $g_i(x), \varphi_i(x), \psi_i(x), h_i(t),\ i = 1,2$ funksiyaları uyğun olaraq $2.1^0 - 2.3^0$ şərtlərini ödəyir;

2) 4.1 və 4.2 məsələlərinin $K_{2,1}$ çoxluğuna daxil olan $\{f_1(t), u_1(x,t)\}$, $\{f_2(t), u_2(x,t)\}$ klassik həlləri vardır.

Onda elə $T^* \in (0,T]$ ədədi vardır ki, $Q_1^* = [0,1] \times [0,T^*]$ oblastında məsələ 4-ün həlli yeganədir və dayanıqlıq qiymətlənməsi doğrudur:

$$\int_0^1 \left[(u_{1t}(x,t) - u_{2t}(x,t))^2 + (u_{1x}(x,t) - u_{2x}(x,t))^2 \right] dx +$$

$$+ c_3 \left(\| f_1(t) - f_2(t) \|_{T^*}^{(0)} \right)^2 \le c_4 \left\{ \int_0^1 \left[(g_1(x) - g_2(x))^2 + (\varphi_1'(x) - \varphi_2'(x))^2 + \right.\right.$$

$$\left.\left. + (\psi_1(x) - \psi_2(x))^2 \right] dx + \left(\| h_1(t) - h_2(t) \|_{T^*}^{(2)} \right)^2 \right\},$$

burada $c_3, c_4 > 0 -$ məsələ 4.1 və 4.2-nin ilkin verilənlərindən və $K_{2,1}$ çoxluğundan asılı sabitlərdir.

Dissertasiyanın işinin 2.1.3-də məsələ $\overline{4}$-ün varlığı haqqında teoremin isbatına həsr olunmuşdur.

Teorem 4. Fərz edək ki,

1) $g(x) \in C^1[0,1],\ g(0) = g(1) = 0,\ \int_0^1 g(x)dx = g_0 \ne 0;$

2) $\varphi(x) \in C^2[0,1],\ \varphi(0) = \varphi(1) = 0;\ \varphi''(0) = \varphi''(1) = 0,\ \int_0^1 \varphi(x)dx = h(0);$

3) $\psi(x) \in C^1[0,1];\ \psi(0) = \psi(1) = 0,\ \int_0^1 \psi(x)dx = h'(0);$

4) $h(t) \in C^2[0,T].$

Onda məsələ 4-ün $\overline{Q_1}=[0,1]\times[0,T]$ oblastında tərif 3 mənada həlli vardır.

İkinci fəslin ikinci yarımfəslində dəyişən sərhədli oblastda ikinci tərtib hiperbolik tənlikdə sağ tərəfdə naməlum funksiyanın tapılması haqqında tərs məsələnin korrektliyi araşdırılır. Bu yarımfəsildə model olaraq dalğa tənliyi götürülmüşdür.

Məsələ 5. Naməlum $\{f(t),u(x,t)\}$ funksiyalar cütünün

$$u_{tt}-u_{xx}=f(t)\cdot g(x)\ \ (x,t)\in B, \tag{20}$$

$$u(x,0)=\varphi(x),\ u_t(x,0)=\psi(x),\ \ x\in[0,\gamma(0)], \tag{21}$$

$$u(0,t)=\mu_1(t),\ \ u(\gamma(t),t)=\mu_2(t),t\in[0,T], \tag{22}$$

$$\int_e^d u(x,t)dx=h(t),\ t\in[0,T], \tag{23}$$

burada $g(x),\varphi(x),\psi(x),\mu_1(t),\mu_2(t),h(t),\gamma(t)$ funksiyaları verilmiş və müəyyən hamarlıq şərtlərinə malik funksiyalardır.

Məsələ $\overline{5}$-in həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı, klassik həllin varlığı haqqında teorem 3 və teorem 4-ə analoji olan teoremlər isbat olunmuşdur.

Dissertasiya işinin **üçüncü fəsli** iki yarımfəsildən ibarətdir. Birinci yarımfəsildə "zəif" parabolik tənliklər sistemində sağ tərəfin tapılması haqqında qeyri-xətti Dirixle sərhəd şərtli çoxölçülü tərs məsələnin korrektliyi araşdırılır. Axtarılan naməlum funksiyalar fəza dəyişənlərindən asılıdır və onların tapılması üçün təklif olunan əlavə şərtlər qeyri-lokal (inteqral) şəkildə verilir.

Parabolik tənliklər sistemi üçün qarışıq məsələlər O.A.Ladıjenskaya, V.S.Solonnikov, N.N.Uraltseva, Dj.Marri, S.D.Eydelman və başqalarının elmi monoqrafiyalarında tədqiqat obyekti olmuşdur.

Parabolik tənliklər sistemi üçün tərs məsələlər nisbətən az öyrənilmişdir. Bu tip elmi işlərə misal olaraq Ə.Y.Axundov, A.M.Denisov, A.D.İsgəndərov, V.Q.Yaxno, N.C.Paşayevin elmi işlərini göstərmək olar.

Məsələ 6. Naməlum $\{f_k(x),u_k(x,t),k=\overline{1,m}\}$ funksiyalar cütlərinin tapılması haqqında məsələyə baxılır:

$$u_{kt}-\Delta u_k=f_k(x)g_k(x,t),\ \ (x,t)\in Q_n, \tag{24}$$

$$u_k(x,0)=\varphi_k(x), \quad x\in\overline{\Omega}, \tag{25}$$

$$u_k(x,t)=\psi_k\left(x,t,\hat{u}_k\right), \ (x,t)\in\partial\Omega\times[0,T], \tag{26}$$

$$\int_0^T u_k(x,t)dt=r_k(x), \quad x\in\overline{\Omega}, \tag{27}$$

burada $g_k(x,t),\varphi_k(x),\psi_k(x,t,\hat{p}_k),r_k(x),\ k=\overline{1,m}$ – verilmiş hamar funksiyalardır, $\hat{p}_k=\left(p_1,\ldots,p_{k-1},p_{k+1},\ldots,p_m\right)$.

Tərif 4. $\left\{f_k(x),u_k(x,t),\ k=\overline{1,m}\right\}$ funksiyalar cütlərinə o zaman məsələ 6-nın həlli deyəcəyik ki, 1) $f_k(x)\in C^{\alpha}\left(\overline{\Omega}\right)$; 2) $u_k(x,t)\in C^{2+\alpha,1+\alpha/2}\left(\overline{Q}_n\right)$; 3) bu funksiyalar üçün (24)-(27) münasibətləri adi qaydada ödənilir.

Korrektlik sinfi adlanan çoxluq təyin edək: $K_{3,1}^{\alpha}=\left\{\left(f_k,u_k\right)\middle| f_k(x)\in C^{\alpha}\left(\overline{\Omega}\right),u_k(x,t)\in C^{2+\alpha,1+\alpha/2}\left(\overline{Q}_n\right),\ \exists c_6,c_7>0\right.$ - sabit ədədləri vardır ki , $\forall\ \left(f_k,u_k\right)$üçün $\left|f_k(x)\right|\le c_6,\ x\in\overline{\Omega}$, $\left.\left|D_x^l u_k(x,t)\right|\le c_7,\ l=0,1,2,\ k=\overline{1,m},\ (x,t)\in\overline{Q}_n\right\}$.

Fərz edək ki, $\left\{f_k^i(t),u_k^i(x,t),k=\overline{1,m}\right\}$ cütləri $g_k^i(\cdot),\varphi_k^i(\cdot),\psi_k^i(\cdot),r_k^i(\cdot),\quad k=\overline{1,m},\ i=1,2$ ilkin verilənlərinə nəzərən (25)-(28) münasibətlərini ödəyirlər (bu məsələlər uyğun olaraq məsələ 6.1 və məsələ 6.2 işarə edək).

3.1.2 məsələ 6-nın həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı cəhətinə həsr olunmuşdur.

Teorem 5. Fərz edək ki,

1) $g_k^i(x,t)\in C^{\alpha,\alpha/2}\left(\overline{Q}_n\right),\beta_1\sqrt{T}\le\int_0^T\left|g_k(x,t)\right|dt\le\beta_2\sqrt{T}$,

$(x,t)\in\overline{Q}_n$; $\varphi_k^i(x)\in C^{2+\alpha}\left(\overline{\Omega}\right)$

$\psi_k^i(x,t,\hat{p}_k)\in C^{\alpha,\alpha/2}\left(\overline{\Omega}\times[0,T]\times R^{m-1}=M\right)$, $\psi_k^i(x,t,\hat{p}_k)-M$ çoxluğunun hər bir məhdud altçoxluğunda p dəyişəninə nəzərən Lipşits şərtini ödəyir:

$$\left|\psi_k\left(x,t,\hat{p}_k^1\right)-\psi_k\left(x,t,\hat{p}_k^2\right)\right|\le const\sum_{j=1}^{m}\left|\hat{p}_j^1-\hat{p}_j^2\right|, \left(x,t,\hat{p}_k^1\right),\left(x,t,\hat{p}_k^2\right)\in M;$$

$r_k^i(x)\in C^{2+\alpha}\left(\overline{Q}\right), \beta_3 T\le \Delta r_k\left(x\right)\le \beta_4 T,\ k=\overline{1,m},\ i=1,2,$

$\beta_1,\beta_2,\beta_3,\beta_4>0;$

2) məsələ 6.1 və məsələ 6.2 –nin $K_{3,1}^{\alpha}$ çoxluğuna daxil olan $\left\{f_k^1(x),u_k^1\left(x,t\right),k=\overline{1,m}\right\}$, $\left\{f_k^2(x),u_k^2\left(x,t\right),k=\overline{1,m}\right\}$ həlləri vardır.

Onda elə $T^*\times\left[0,T\right]$ ədədi vardır ki, $\overline{Q}_n^*=\overline{\Omega}\times\left[0,T^*\right]$ oblastında məsələ 6-nın həlli yeganədir və dayanıqlıq qiymətlənməsi doğrudur:

$$\left\|u^1-u^2\right\|_{Q_n}^{0}+\left\|f^1-f^2\right\|_{\overline{\Omega}}^{(0)}\le$$

$$\le c_9\left[\left\|g_k^1-g^2\right\|_{Q_n}^{0}+\left\|\varphi^1-\varphi^2\right\|_{\overline{\Omega}}^{(2)}+\left\|\psi^1-\psi^2\right\|_{M}^{(0)}+\left\|r^1-r^2\right\|_{\overline{\Omega}}^{(2)}\right],$$

burada $c_9>0$ – ilkin verilənlərdən və $K_{3,1}^{\alpha}$ çoxluğundan asılı sabitdir.

3.1.3 məsələ 6-nın həllinin varlığının isbatına həsr olunmuşdur.

Göstərilir ki, əgər məsələ 6-nın $K_{3,1}^{\alpha}$ çoxluğunda həlli varsa, onda ilkin verilənlər üzərinə qoyulmuş şərtlər daxilində məsələ 6-nı ona ekvivalent olan məsələyə - inteqral tənliklər sistemi üçün olan məsələyə gətirmək olar:

$$u_k\left(x,t\right)=\varphi_k\left(x\right)+\int_0^t\int_Q\Gamma\left(x,t,\xi,\tau\right)\left[f_k\left(\xi\right)g_k\left(\xi,\tau\right)+\Delta\varphi_k\left(\xi\right)\right]d\xi d\tau+$$

$$+\int_0^t\int_{\partial Q}\frac{\partial\Gamma\left(x,t,\xi,\tau\right)}{\partial\nu}\psi_k\left(\xi,\tau,\hat{u}_k\right)d\xi_0 d\tau,\quad k=\overline{1,m}, \tag{28}$$

$$f_k\left(x\right)=\left[u_k\left(x,T\right)-\varphi_k\left(x\right)-\Delta r_k\left(x\right)\right]\Big/\int_0^T g_k\left(x,t\right)dt,\quad k=\overline{1,m}, \tag{29}$$

Tərif 5. $\left\{f_k(x),u_k\left(x,t\right),\ k=\overline{1,m}\right\}$ funksiyalar cütlərinə o zaman məsələ 6-nın ümumiləşmiş həlli deyilir ki: 1) $f_k(x)\in C\left(\overline{\Omega}\right)$; 2) $u_k(x,t)\in C\left(\overline{Q}_n\right)$; 3) bu funksiyalar üçün (28), (29) münasibətləri adi qaydada ödənilir.

Teorem 6. Fərz edək ki, 1) məsələ 6-nin ilkin verilənləri üçün teorem 5-in şərtləri ödənilir; 2) $f_k^{(0)}(x) \in C^{\alpha}(\overline{\Omega})$, $u_k^{(0)}(x,t) \in C^{\alpha,\alpha/2}(\overline{Q}_n)$, $k = \overline{1,m}$.

Onda elə $T_1(0 < T_1 \le T)$ ədədi vardır ki, $\overline{Q}_n^1 = \overline{\Omega} \times [0,T_1]$ oblastında (28), (29) inteqral tənliklər sisteminin tərif 6 mənada həlli vardır.

Teorem 6 ardıcıl yaxınlaşmalar üsulu ilə isbat olunur.

Üçüncü fəslin ikinci yarımfəslində reaksiya-diffuziya tipli parabolik tənliklər sisteminin sağ tərəfində zaman dəyişənindən asılı naməlum funksiyanın tapılması haqqında tərs məsələnin korrektliyi araşdırılır.

Məsələ 7. Naməlum $\{f_k(t), u_k(x,t), k = \overline{1,m}\}$ funksiyalar cütlərinin tapılması haqqında məsələyə baxılır:

$$u_{kt} - u_{kxx} = f_k(t) g_k(u) \quad (x,t) \in B, \tag{30}$$

$$u_k(x,0) = \varphi_k(x), \ x \in [0, \gamma(0)], \tag{31}$$

$$u_{kx}(0,t) = \psi_{1k}(t), \ u_{kx}(\gamma(t),t) = \psi_{2k}(t), \ t \in [0,T], \tag{32}$$

$$\int_e^d u_k(x,t) dx = h_k(t), \quad t \in [0,T], \tag{33}$$

burada $\gamma(t), g_k(p), p = (p_1, \ldots, p_m)$, $\varphi_k(x), \psi_{1k}(x), \psi_{2k}(t), h_k(t) -$ verilmiş hamar funksiyalardır, $0 < e < d < \gamma(0)$, $e, d -$ sabit ədədlərdir, $k = \overline{1,m}$.

Məsələ 7-nin həlli tərif 5-ə analoji başa düşülür.

3.2.2 məsələ $\overline{7}$-nin həllinin yeganəliyi və dayanıqlığı haqqında teoremin isbatına həsr olunmuşdur.

NƏTİCƏ

Dissertasiya işi parabolik və hiperbolik tənliklər, "zəif" və "reaksiya-diffuziya" tipli parabolik tənliklər sistemində naməlum sağ tərəflərin tapılması haqqında tərs məsələlərin korrektliyinin araşdırılmasına həsr olunmuşdur. İşdə aşağıdakı nəticələr alınmışdır.

- dəyişən sərhədli oblastlarda parabolik tənliklər üçün əmsallı tərs məsələlərin korrektliyi (həllin yeganəliyi, dayanıqlığı, varlığı) araşdırılmışdır.
- silindrik oblastda istilikkeçirmənin hiperbolik, dəyişən sərhədli oblastda isə simin rəqs tənliyi üçün sağ tərəfin tapılması haqqında tərs məsələlərin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlər isbat olunmuşdur.
- "zəif" parabolik tənliklər sistemində fəza dəyişənindən asılı sağ tərəfin tapılması çoxölçülü tərs məsələsinin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı və varlığı haqqında teoremlərin isbatı.
- "reaksiya-diffuziya" tipli sistemdə zaman dəyişənindən asılı sağ tərəfin tapılması tərs məsələsinin həllinin yeganəliyi, dayanıqlığı haqqında teoremin isbatı.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı işlərdə çap olunmuşdur:

1. Həbibova, A.S. Hiperbolik tip istilikkeçirmə tənliyi üçün bir tərs məsələ haqqında // –Lənkəran: Lənkəran Dövlət Universitetinin Elmi Xəbərləri, Riyaziyyat və təbiət elmləri ser. -2019. №2, -s.59-63.
2. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. The inverse problem for parabolic equation in a domain with moving boundary // “Spectral theory and its applic.” an Intern. Workshop dedicated to the 80-th anniversary of an academician Mirabbas Gasymov, -Baku: 7-8 June, -2019. -29p.
3. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. The inverse problem for hyperbolic equation in a domain with moving boundary // XXXIV International conference “Problems of decision making under uncertainties” (PDMU-2019), -Lviv, Ukraine:- 23-27 September -2019, -p.9
4. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. The inverse problem for parabolic equation in a domain with moving boundary // “Modern Problems of Mathematics and Mechanics” of International conference devoted to the 60 anniversary of the IMM of ANAS, -Baku: - 23-25 October, -2019, -79p.
5. Axundov, Ə.Y., Həbibova, A.S. Hiperbolik tip istilikkeçirmə tənliyi üçün bir tərs məsələ haqqında // Ümummilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş “Tədris prosesində elmi innovasiyaların tətbiqi yolları” mövzusunda Respublika elmi-praktik konfransı. –Lənkəran: -7-8 May, -2019, -s.16.
6. Axundov, Ə.Y., Həbibova, A.S. Bir sinif parabolik tənliklər sistemi üçün tərs məsələ haqqında // –Baku: Journal of Baku Engineering University, Computer science and mathematics. -2020. v.4 , №1, -s.3-12.
7. Axundov, Ə.Y., Həbibova, A.S. Hiperbolik tip istilikkeçirmə tənliyi üçün tərs məsələ haqqında // Ümummilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 98-cı ildönümünə həsr olunmuş “Azərbaycanda xalq, dövlət və ordu birliyinin gücü” adlı Onlayn Respublika elmi konfransı. –Lənkəran: 07 may -2021, -s.22.
8. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. On an inverse problem for a parabolic equation in a domain with moving boundaries // -Baku: Proceedings of IMM of ANAS, -2021. v.47, №2, -p.262-269.

9. Həbibova, A.S. Dəyişən sərhədli oblastda parabolik tənliyin naməlum əmsalının tapılması haqqında tərs məsələ // –Bakı: Pedaqoji Universitetinin Xəbərləri, Riyaziyyat və təbiət elmləri ser. -2021. №2, -s.9-17.
10. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. On an inverse problem for a parabolic equation in a domain with moving boundaries // “Modern Problems of Mathematics and Mechanics” Proceedings of the International scientific conference devoted to the 110-th anniversary of academician Ibrahim Ibrahimov, -29 June-01July, -2022, -p.32.
11. Həbibova, A.S. Dəyişən sərhədli oblastda reaksiya-diffuziya tipli parabolik tənliklər sistemi üçün bir tərs məsələ haqqında // Akademik İbrahim İbrahimovun 110-illiyinə həsr olunmuş “Funksiyalar nəzəriyyəsi, funksional analiz və onların tətbiqləri” mövzusunda Respublika elmi konfransı. –Bakı: BDU, -28-29 noyabr, -2022, -s.137-139.
12. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. On an inverse problem for a parabolic equation in a domain with moving boundaries // XXXVII International conference “Problems of decision making under uncertainties” (PDMU-2022), - Sheki-Lankaran: -23-25 -November -2022, -p.13-14, (online, Kyev).
13. Habibova, A.Sh. On the existence of a solution to the inverse problem of finding the right side of parabolic equation in a domain with a moving // Journal of Contemporary Applied Mathematics. -2022. v.12, №2, -p.14-21.
14. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. On an inverse problem for the hyperbolic equation // Journal of Mathematical Sciences (Springer) -2022 . v. 268, №2,-p.139-146.
15. Akhundov, A.Ya., Habibova, A.Sh. On the solvability of an inverse problem for a hyperbolic heat equation// Baku: Azerbaijan Journal of Mathematics, -2023. v.12 №1, -p.205-215
16. A.Ya. Akhundov, A.Sh. Habibova.On an inverse problem for a parabolic equation in a domain with moving boundaries // “Modern Problems of Mathematics and Mechanics” Proceedings of the International conference dedicated to the 100-th anniversary of the National Leader Heydar Aliyev. –Baku: -26-28 -April, -2023, -p. 50-52

Dissertasiyanın müdafiəsi **31 may 2024**-cü il tarixində saat 14^{00}-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.04 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1141, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küçəsi, 9.

Dissertasiya işi ilə Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyasıyaları Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat **26 aprel 2024-cü il** tarixdə zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 29.03.2024
Kağızın formatı: 60x84 1/16
Həcmi: 38082
Tiraj: 50