AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKI DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Əlyazma hüququnda

ANAR AKİF oğlu MƏMMƏDOV

BİRTƏRTİBLİ HİPERBOLİK TƏNLİKLƏR SİSTEMİ ÜÇÜN YARIMOXDA TƏRS SƏPİLMƏ MƏSƏLƏSİ

1211.01 – Diferensil tənliklər

riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

БАКУ - 2018

Dissertasiya işi **Bakı Dövlət Universitetinin "Diferensial və inteqral tənliklər"** kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Fizika-riyaziyyat elmlər doktoru,
professor **N.Ş.İsgəndərov**

Rəsmi opponentlər: Fizika-riyaziyyat elmlər doktoru,
professor **İ.M.Nəbiyev**
(Bakı Dövlət Universiteti)

Fizika-riyaziyyat elmlər doktoru,
professor **A.R.Əliyev**
(Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti)

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
"Riyazi analiz" kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi "22" may 2018-ci il saat 14^{00}–da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün fəaliyyət göstərən FD.02.016 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan**:** AZ1148, Bakı şəhəri, Z.Xəlilov küç., 23.

Dissertasiya işi ilə Bakı Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilib: "19" aprel 2018-ci il.

FD.02.016 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, dosent **A.T.Əfəndiyeva**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Diferensial tənliklər üçün səpilmə nəzəriyyəsinin və spektral analizin tərs məsələləri riyaziyyatın müxtəlif bölmələrində mühüm rol oynayır. Onun mexanika, fizika, elektronika, geofizika, metereologiya və təbiətşünaslığın, həmçinin texnikanın müxtəlif sahələrində çoxlu tətbiqləri var. Digər tərəfdən, tərs səpilmə məsələsi üsulu, riyazi fizikanın vacib qeyri-xətti tənliklərinin inteqrallanması, məsələn Korteveqa-de Friz, qeyri-xətti Şredinger tənliyi, Bussinesk tənliyi və s. daha geniş sinif tərs məsələlərin öyrənilməsi zərurətini yaratmışdır. Çox sayda tətbiqlər bütün oxda, yarımoxda və sonlu parçada diferensial tənliklər sistemi üçün tərs məsələlərlə bağlıdır. Adi diferensial tənliklər sistemini köməkçi məsələ kimi seçib, üç dalğalı qarşılıqlı təsir tənliyini inteqrallamaq olar. Qeyri-xətti Kadomçev-Petviaşvili tənliyi bütün oxda birtərtibli hiperbolik tənliklər sisteminin köməyi ilə inteqrallanır.

Köçürmə tənliyi birsürətli və köçürmə prosesi müstəvi – simmetrik olduqda, bu tənlik birtərtibli hiperbolik tənliklər sisteminə gəlir. Qeyd edək ki, köçürmə tənliyi neytronların maddədə köçürmə prosesini xarakterizə edir.

Stasionar Dirak tənliklər sistemi, Şturm-Liuvill tənliyi və ümumi diferensial tənliklər sistemi üçün səpilmənin və spektral analizin tərs məsələləri bütün oxda, yarımoxda parçada V.A.Marçenko, M.Q.Kreyn, B.M.Levitan, L.D.Fadeyev, Y.M.Berezanski, M.G.Qasımov, D.Kaup, R.Bils və R.R.Kaufman, P.Kodri, İ.S.Frolov, F.Q.Maqsudov, S.Q.Vəliyev, A.B.Şabat, L.P.Nijnik, F.L.Vu, H.M.Hüseynov, N.Ş.İsgəndərov, İ.M.Nəbiyev və digərləri tərəfindən öyrənilmişdir. K.A.Cabbarovanın işlərində yarımoxda beş birtərtibli adi diferensial tənliklər sistemi üçün iki gələn və üç səpilən dalğa halında birinci və ikinci qarşılıqlı təsir dalğaları olmağı hallarda üç məsələyə birlikdə baxılaraq tərs səpilmə məsələsi öyrənilmişdir.

Müxtəlif hiperbolik tənliklər sistemi üçün tərs səpilmə məsələsi, L.P.Nijnikin, V.Q.Tarasovun, L.Y.Sanq və A.S.Fokasın, N.Ş.İsgəndərovun, M.İ.İsmayılovun və s. işlərində tədqiq edilmişdir.

İki hiperbolik tənliklər sistemi üçün bütün oxda və yarımoxda düz və tərs səpilmə məsələsi L.P.Nijnik, n sayda hiperbolik tənliklər sistemi üçün bütün oxda tərs səpilmə məsələsi L.P.Nijnik və V.Q.Tarasov, n sayda hiperbolik tənliklər sistemi üçün $n-1$ gələn, 1 səpilən və 1 gələn, $n-1$ səpilən dalğa hallarında tərs səpilmə məsələsi yarımoxda

N.Ş.İsgəndərov, iki gələn və iki səpilən dalğa halında ($n = 4$) M.İ.İsmayılov, iki gələn və üç səpilən ($n = 5$) dalğa halında birinci və ya ikinci qarşılıqlı təsir dalğası olmadıqda N.Ş.İsgəndərov və K.A.Cabbarova tərəfindən öyrənilmişdir.

Dissertasiya işində üç gələn və iki səpilən dalğa halına baxılmışdır. Burada qeyri stasionar halda qarşılıqlı təsir dalğaları üzərinə əlavə şərt qoyulmamışdır.

İşin məqsədi. İşdə əsas məqsəd beş hiperbolik tənliklər sistemi üçün, həmçinin beş adi diferensial tənliklər sistemi üçün üç gələn dalğa halında yarımoxda düz və tərs səpilmə məsələlərinin öyrənilməsidir.

Tədqiqat üsulları. İşdə funksional analizin, adi diferensial tənliklər nəzəriyyəsinin, kompleks dəyişənli funksiyalar nəzəriyyəsinin, xüsusi törəməli diferensial tənliklər nəzəriyyəsinin üsulları istifadə edilir.

Elmi yenilik. Dissertasiyada alınmış bütün nəticələr yeniidir və tam isbatlarla təsdiq olunmuşdur.

Nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işi əsasən nəzəri əhəmiyyət kəsb edir. Alınmış nəticələr diferensial operatorların spektral nəzəriyyəsinin müxtəlif məsələlərində xüsusi halda tərs məsələlər nəzəriyyəsində istifadə oluna bilər.

Əsas nəticələr. Dissertasiya işində aşağıdakı elmi nəticələr alınmışdır:

- üç verilmiş gələn dalğa halında yarımoxda birtərtibli beş hiperbolik tənliklər sistemi üçün düz məsələ öyrənilmişdir;
- baxılan tənliklər sistemi üçün səpilmə operatorunun volterlik və faktorizasiya xassələri öyrənilmişdir;
- yarımoxda səpilmə operatoruna görə tərs səpilmə məsələsi həll edilmişdir və alınmış nəticələr identifikasiya sisteminə tətbiq edilmişdir;
- hər hansı qarşılıqlı təsir dalğaları olmadığı halda, yarımoxda adi diferensial tənliklər sistemi üçün düz və tərs səpilmə məsələləri həll edilmişdir;
- üç gələn dalğa halında yarımoxda beş hiperbolik tənliklər sistemi üçün düz və tərs səpilmə məsələsinin düzgün qoyuluşu tapılmışdır.

İşin aprobasiyası. Dissertasiyanın nəticələri BDU-nun “Diferensial və inteqral tənliklər” kafedrasında, AMEA RMİ-nin “Funksional analiz” şöbəsinin seminarında, BDU-nun “Riyazi fizika tənlikləri” kafedrasının seminarında, Hesablama riyaziyyatı kafedrasının 50 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq konfransda (Bakı, 2012), akademik A.M.Mirzəcanzadənin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq konfransda (Bakı, 2013), AMEA RMİ-nin 55 illik yubileyinə həsr olunmuş "Riyaziyyat və mexanikanın aktual problemləri" adlı beynəlxalq konfransda (Bakı, 2014), Azərbaycan, Türkiyə, Ukrayna respublikalarının birgə təşkil etdiyi "Riyazi analiz, Diferensial tənliklər və onun tətbiqləri" adlı beynəlxalq konfransda (Bakı, 2015), "Riyaziyyatın və mexanikanın aktual problemləri" adlı konfransda (Bakı, BDU, 2015) müzakirə olunmuş və məruzə edilmişdir.

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiya işinin nəticələri 10 işdə dərc edilmiş və avtoreferatın sonunda siyahısı verilmişdir.

Dissertasiya işininn həcmi və quruluşu. Dissertasiya işi 123 səhifədə şərh olunmuş, girişdən, üç fəsildən, qərardan və 64 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Giriş və üç fəsildən ibarət dissertasiya işinin qısa məzmununun təsvirini verək.

Girişdə dissertasiyaya aid işlərin qısa xülasəsi verilmiş, dissertasiyanın mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, işdə alınan əsas nəticələr əks olunmuş və digər işlərin nəticələri ilə müqayisəsi verilmişdir.

Birinci fəsil yarımoxda tərs səpilmə məsələsinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Bu fəslin birinci bölməsində yarımoxda $x \geq 0$, aşağıdakı birtərtibli beş hiperbolik tənliklər sistemi üçün

$$\xi_i \frac{\partial u_i(x,t)}{\partial t} - \frac{\partial u_i(x,t)}{\partial x} = \sum_{j=1}^{5} C_{ij}(x,t)u_j(x,t),\ i = \overline{1,5}, -\infty < t < +\infty \quad (1)$$

düz səpilmə məsələsi öyrənilmişdir. Burada $C_{ij}(x,t)$ - kompleksqiymətli, x və t-yə görə ölçülən və:

$$\left|C_{ij}(x,t)\right| \leq C[(1+|x|)(1+|t|)]^{-1-\varepsilon}, \quad (2)$$

$C_{ii}(x,t) = 0$, $i = \overline{1,5}$, $\xi_1 > \xi_2 > \xi_3 > 0 > \xi_4 > \xi_5$ (yəni üç gələn və iki səpilən dalğa vardır) şərtlərini ödəyir.

(1) sisteminin həlli dedikdə, ümumiləşmiş mənada bu sistemi ödəyən lokal inteqrallanan $u(x,t) = \{u_1(x,t), \ldots, u_5(x,t)\}$ vektor-funksiyası başa düşülür.

(1) sisteminin əsasən məhdud istənilən həlli, (2) şərtinə görə asimptotik olaraq sərbəst tənliyin ($C_{ij}(x,t) \equiv 0$, $i, j = \overline{1,5}$) həllinə yığılır. Daha dəqiq desək, aşağıdakı teorem doğrudur.

Teorem 1. Əmsalları (2) şərtlərini ödəyən (1) sisteminin istənilən əsasən məhdud həlli yarımoxda $x \geq 0$ aşağıdakı asimptotik göstərilişə malikdir

$$\begin{aligned} &u_k(x,t) = a_k(t + \xi_k x) + 0(1), \quad k = 1,2,3, \\ &u_k(x,t) = b_k(t + \xi_k x) + 0(1), \quad k = 4,5, \qquad x \to +\infty, \end{aligned} \quad (0.3)$$

burada $a_k(s) \in L_\infty(R)$, $k = 1,2,3$, ($R = (-\infty,+\infty)$) gələn dalğaların, $b_k(s) \in L_\infty(R)$, $k = 4,5$ - səpilən dalğaların profilini təyin edir.

(1) sistemi üçün yarımoxda səpilmə məsələsi, gələn a_1, a_2, a_3 dalğalarına və $x = 0$ üçün sərhəd şərtlərinə malik sistemin həllinin tapılmasından ibarətdir.

Üç məsələyə baxaq. Birinci məsələ (1) sisteminin $x \to +\infty$ olduqda əsasən məhdud həllinin (3) şəklində asimptotikasını təyin edən $a = (a_1, a_2, a_3)$ gələn dalğalarına və

$$\begin{cases} u_4^1(0,t) = u_1^1(0,t) + u_2^1(0,t), \\ u_5^1(0,t) = u_3^1(0,t) \end{cases} \quad (4)$$

sərhəd şərtlərinə görə tənliklər sisteminin əsasən məhdud həllinin tapılmasıdır.

İkinci məsələ (1) sisteminin verilmiş $a = (a_1, a_2, a_3)$ dalğalarına və

$$\begin{cases} u_4^2(0,t) = u_1^2(0,t) + u_3^2(0,t), \\ u_5^2(0,t) = u_2^2(0,t) \end{cases} \quad (5)$$

sərhəd şərtlərinə görə tənliklər sisteminin əsasən məhdud həllinin tapılmasıdır.

Üçüncü məsələdə (1) sisteminin həlli verilən gələn $a_1(s), a_2(s)$, $a_3(s) \in L_\infty(R)$ dalğalarına görə

$$\begin{cases} u_4^3(0,t) = u_2^3(0,t) + u_3^3(0,t), \\ u_5^3(0,t) = u_1^3(0,t) \end{cases} \quad (6)$$

sərhəd şərtlərini ödəyir.

Bu üç məsələyə birlikdə baxılması (1) sistemi üçün yarımoxda səpilmə məsələsi adlanır.

Teorem 2. Tutaq ki, (1) tənliklər sisteminin $C_{ij}(x,t)$, $i,j=\overline{1,5}$ əmsalları (2) şərtini ödəyirlər. Onda, istənilən verilmiş gələn $a_1(s)$, $a_2(s)$, $a_3(s)\in L_\infty(R)$ üçün yarımoxda səpilmə məsələsinin yeganə həlli var. Hər bir həll $L_\infty(R)$ - fəzasında

$$u_n^k(x,t)=b_n^k(t+\xi_n x)+0(1),\quad x\to+\infty,\ n=4{,}5;\ k=1{,}2{,}3. \tag{7}$$

asimptotikasına malikdir.

Beləliklə, hər bir $a(s)=(a_1(s),a_2(s),\ a_3(s))\in L_\infty(R,C_3)$ vektor-funksiyasına (verilmiş gələn dalğalara) (1) sisteminin (4), (5), (6) sərhəd şərtlərini və (7) asimptotikasını ödəyən həlli, və ya

$$b(s)=(b_4^1(s),b_5^1(s),b_4^2(s),b_5^2(s),b_4^3(s),b_5^3(s))\in L_\infty(R,C_6)$$

səpilmə dalğalarını xarakterizə edən vektor-funksiya uyğun gəlir.

$b_i^k(s)$ $(i=4{,}5;\ k=1,\ 2,\ 3)$ funksiyalarını

$$\begin{aligned} b_4^k &= S_{11}^k a_1+S_{12}^k a_2+S_{13}^k a_3,\\ b_5^k &= S_{21}^k a_1+S_{22}^k a_2+S_{23}^k a_3,\ k=1,2,3 \end{aligned} \tag{8}$$

şəklində yazaq.

$S=(S^1,S^2,S^3)$ operatoru yarımoxda $x\geq 0$, səpilmə operatoru adlanır, burada

$$S^k=\begin{pmatrix} S_{11}^k & S_{12}^k & S_{13}^k\\ S_{21}^k & S_{22}^k & S_{23}^k \end{pmatrix},k=1,2,3. \tag{9}$$

İkinci bölmədə ((1.9_1)-(1.9_{10}) göstərilişləri, Lemma 1.1) aşağıdakı funksiyaların komponentləri vasitəsi ilə ifadə olunan on inteqral göstəriliş öyrənilir:

$$h^1(t)=\{u_1(0,t),u_2(0,t),u_3(0,t),u_4(0,t),u_5(0,t)\}$$
$$h^2(t)=\{a_1(t),u_2(0,t),u_3(0,t),u_4(t),u_5(0,t)\},$$
$$h^3(t)=\{a_1(t),a_2(t),u_3(0,t),u_4(0,t),u_5(0,t)\},$$
$$h^4(t)=\{a_1(t),a_2(t),a_3(t),u_4(0,t),u_5(0,t)\},$$

$$h^5(t)=\{a_1(t),a_2(t),a_3(t),b_4(t),u_5(0,t)\},$$
$$h^6(t)=\{a_1(t),a_2(t),a_3(t),b_4(t),b_5(t)\},$$
$$h^7(t)=\{u_1(0,t),a_2(t),a_3(t),b_4(t),b_5(t)\},$$
$$h^8(t)=\{u_1(0,t),u_2(0,t),a_3(t),b_4(t),b_5(t)\},$$
$$h^9(t)=\{u_1(0,t),u_2(0,t),u_3(0,t),b_4(t),b_5(t)\},$$
$$h^{10}(t)=\{u_1(0,t),u_2(0,t),u_3(0,t),u_4(0,t),b_5(t)\}.$$

Üçüncü bölmədə müəyyən şərtlər daxilində, inteqral göstərilişlərin köməyi ilə (1) sisteminin sıfırda $(x=0)$ verilən həlləri və onların asimptotikaları arasında əlaqə düsturları müəyyən edilir (lemma 1.2-1.7).

Dördüncü bölmədə səpilmə operatorunun elementlərinin volterlik və faktorizasiya xassələri öyrənilir.

Teorem 3. Tutaq ki, (1) sisteminin $C_{ij}(x,t)$ $(i,j=\overline{1,5})$ əmsalları (2) şərtlərini ödəyirlər. Onda

$$R_1^k=\begin{pmatrix} S_{21}^k & S_{22}^k & S_{23}^k\\ S_{11}^2-S_{11}^1 & S_{12}^2-S_{12}^1 & S_{13}^2-S_{13}^1\\ S_{11}^3-S_{11}^1 & S_{12}^3-S_{12}^1 & S_{13}^3-S_{13}^1 \end{pmatrix}, \tag{10}$$

$$R_2^k=\begin{pmatrix} S_{21}^k & S_{22}^k & S_{23}^k\\ S_{11}^2-S_{11}^1 & S_{12}^2-S_{12}^1 & S_{13}^2-S_{13}^1\\ S_{11}^2-S_{11}^3 & S_{12}^2-S_{12}^3 & S_{13}^2-S_{13}^3 \end{pmatrix}, \tag{11}$$

$$R_3^k=\begin{pmatrix} S_{21}^k & S_{22}^k & S_{23}^k\\ S_{11}^1-S_{11}^3 & S_{12}^1-S_{12}^3 & S_{13}^1-S_{13}^3\\ S_{11}^2-S_{11}^3 & S_{12}^2-S_{12}^3 & S_{13}^2-S_{13}^3 \end{pmatrix},\ k=1{,}2{,}3 \tag{12}$$

operatorlarının

$$(R_1^k)^{-1}=\left\|t_{ij}^{1k}\right\|_{i,j=1}^3,\quad (R_2^k)^{-1}=\left\|t_{ij}^{2k}\right\|_{i,j=1}^3,\quad (R_3^k)^{-1}=\left(t_{ij}^{3k}\right)_{i,j=1}^3,$$

tərsləri var və aşağıdakı bərabərliklər doğrudur:

$$S_{13}^2 - S_{13}^1 = I + G_+ , \quad S_{13}^3 - S_{13}^1 = I + \widetilde{G}_+ , \tag{13}$$

$$S_{21}^k + (I + M)S_{11}^k = (I + A_+)^{-1}(I + A_-) , \tag{14}$$

$$S_{22}^k + (I + M)S_{12}^k = (I + A_+)^{-1}(I + A_1) , \tag{15}$$

$$S_{23}^k + (I + M)S_{13}^k = (I + A_+)^{-1}(I + A_2) , \tag{16}$$

$$S_{11}^1 t_{13}^{11} + S_{12}^1 t_{23}^{11} + S_{13}^1 t_{33}^{11} = -(I + \alpha_-)^{-1}(I + \alpha_+) , \tag{17}$$

$$S_{11}^3 t_{12}^{23} + S_{12}^3 t_{22}^{23} + S_{13}^3 t_{32}^{23} = -(I + \beta_-)^{-1}(I + \beta_+) , \tag{18}$$

$$S_{11}^2 t_{12}^{22} + S_{12}^2 t_{22}^{22} + S_{13}^2 t_{32}^{22} = -(I + \gamma_-)^{-1}(I + \gamma_+) , \tag{19}$$

$$t_{11}^{11} = (I + K_+)^{-1}(I + N_-) , \tag{20}$$

burada A_+, A_-, A_1, A_2 operatorları altıncı inteqral göstərilişin, G_+ , $\widetilde{G}_+$ dördüncü və beşinci, $\alpha_-, \alpha_+, \beta_-, \beta_+, \gamma_-, \gamma_+$ dördüncü və doqquzuncu inteqral göstərilişlərin elementləri vasitəsi ilə ifadə edilirlər.

Beşinci bölmədə yarımoxda tərs səpilmə məsələsi öyrənilir.

(1) sistemi üçün yarımoxda tərs səpilmə məsələsi dedikdə, yarımoxda verilmiş S səpilmə operatoruna görə (1) sisteminin əmsallarının tapılması başa düşülür.

Bu məqsədlə bu bölmədə (1) sistemi üçün yarımoxda verilmiş S səpilmə operatoru ilə, bütün oxda $C_{ij}(x,t) \equiv 0, \quad x < 0 , \ i, j = \overline{1,5}$ əlavə şərtli (1) sistemi üçün $\{a_1(t), a_2(t), a_3(t), \ b_4(t), b_5(t)\}$ asimptotikasını, sıfırda verilmiş $\{u_1(0,t), \ldots, u_5(0,t)\}$ sərhəd qiymətlərinə keçirən bütün oxda verilmiş Π keçid operatoru

$$\Pi = \begin{pmatrix} I + A_{11_-}^6 & A_{12}^6 & A_{13}^6 & A_{14}^6 & A_{15_+}^6 \\ A_{21_-}^6 & I + A_{22}^6 & A_{23}^6 & A_{24}^6 & A_{25_+}^6 \\ A_{31_-}^6 & A_{32}^6 & I + A_{33}^6 & A_{34}^6 & A_{35_+}^6 \\ A_{41_-}^6 & A_{42}^6 & A_{43}^6 & I + A_{44}^6 & A_{45_+}^6 \\ A_{51_-}^6 & A_{52}^6 & A_{53}^6 & A_{54}^6 & I + A_{55_+}^6 \end{pmatrix} \tag{21}$$

arasında əlaqə müəyyən edilir.

Teorem 4. Tutaq ki, birtərtibli, xətti (1) hiperbolik tənliklər sisteminin əmsalları (2) şərtlərini ödəyirlər. Onda Π keçid operatoru S , $R_i^k \ (i,k = 1,2,3)$ operatorlarının elementləri və (13)-(20) faktorizasi-

ya bərabərliklərindəki volter operatorlarının vasitəsilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\begin{cases} A_{k1_-}^6 = [V_k(I + A_-)^{-1}]_-(I + A_-), \\ A_{k5_+}^6 = [V_k(I + A_-)^{-1}]_+(I + A_+), \ k = \overline{1,5} , \end{cases} \tag{22}$$

$$\begin{cases} A_{i2}^6 = f_i - A_{i5_+}^6[S_{22}^1 + (I + M)S_{12}^1], \ i = \overline{1,4}, \\ A_{52}^6 = f_5 - (I + A_{55_+}^6)[S_{22}^1 + (I + M)S_{12}^1], \end{cases} \tag{23}$$

$$\begin{cases} A_{i3}^6 = A_{i_+}^4 - g_{i_+}S_{13}^1 - A_{i5_+}^6[S_{23}^1 + (I + M)S_{13}^1], \ i = \overline{1,3}, \\ A_{43}^6 = A_{1_+}^4 + A_{2_+}^4 - (I + g_{4_+})S_{13}^1 - A_{45_+}^6[S_{23}^1 + (I + M)S_{13}^1], \\ A_{53}^6 = I + A_{3_+}^4 + (I - g_{5_+})S_{13}^1 - (I + A_{55_+}^6)[S_{23}^1 + (I + M)S_{13}^1], \end{cases} \tag{24}$$

$$\begin{cases} A_{i4}^6 = A_{i5_+}^6(I + M) + g_{i_+}, \ i = \overline{1,4}, \\ A_{54}^6 = (I + A_{55_+}^6)(I + M) - I + g_{5_+}, \end{cases} \tag{25}$$

burada $V_k, f_k, g_{k_+} \ (k = \overline{1,5})$, $A_{i_+}^4 \ (i = \overline{1,3})$ operatorları, həmçinin (13)-(20) faktorizasiya elementlərinin köməyi ilə tapılır.

Baxılan hiperbolik tənliklər sistemi üçün $n \geq 3$ olduqda qeyri – stasionar düz və tərs səpilmə məsələləri L.P.Nijnik və V.Q.Tarasov tərəfindən öyrənilmişdir.

Ona görə, birtərtibli hiperbolik tənliklər üçün yarımoxda $x \geq 0$, tərs səpilmə məsələsinin həllinə görə aşağıdakı nəticəyə gəlirik.

Teorem 5. Tutaq ki, (1) sisteminin əmsalları (2) şərtini ödəyirlər. Onda $C_{ij}(x,t) \ \ (i,j = 1,\ldots,5)$ əmsalları yarımoxda verilmiş S səpilmə operatoruna görə birqiymətli təyin olunurlar.

Yarımoxda S operatoruna görə (1) sisteminin əmsallarının tapılması alqoritmi aşağıdakı kimidir:

1. S operatoruna görə Qoxberq-Kreyn nəzəriyyəsinin köməyi ilə $G_+, \ K_+, N_-, A_-, \ A_+, \ \alpha_+, \beta_+, \alpha_-, \ \beta_-, \gamma_+, \gamma_-$ volter operatorları tapılır.

2. $S, R_1^k, R_2^k, R_3^k \ (k = 1,2,3)$ operatorlarına və yuxarıda göstərilən operatorlara görə Π operatorunu qururuq.

3. Π operatoru (1) sistemində $x \to -t,\ t \to x$ əvəz etməklə və $x < 0$ üçün əmsalları sıfırla davam etdirməklə bütün oxda səpilmə operatoru ilə üst-üstə düşür.

Ona görə burada bütün oxda tərs səpilmə məsələsinin həlli alqoritmi tətbiq edilir.

Altıncı bölmədə yarımoxda birtərtibli hiperbolik tənliklər sistemində identifikasiya haqqında tərs məsələ, matris potensialın bir sətri sıfır olduqda hiperbolik tənliklər sistemi üçün yarımoxda tərs səpilmə məsələsinə gətirilir.

Baxılan halda müəyyən əvəzləmənin köməyi ilə bu məsələ, iki məsələyə birlikdə baxıldıqda birtərtibli dörd hiperbolik tənliklər sistemi üçün yarımoxda tərs səpilmə məsələsinə gəlir. Bu məsəslə isə M.İ.İsmayılovun işlərində öyrənilmişdir.

İkinci fəsil üç gələn dalğa halında beş adi diferensial tənliklər sistemi üçün yarımoxda səpilmə məsələsinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Bu sistem üçün tərs məsələnin öyrənilməsi Riman-Hilbert məsələsinə gəlir.

Birinci bölmədə

$$-i\frac{dy_k(x)}{dx} + \sum_{j=1}^{5} c_{kj}(x)y_j(x) = \lambda\xi_k y_k(x),\ k = \overline{1,5},\ i^2 = -1, \qquad (26)$$

adi diferensial tənliklər sistemi üçün yarımoxda düz məsələ həll edilir, burada $\left\|c_{kj}(x)\right\|_{k,j=1}^{5}$ - diaqonal elementləri sıfır olan matrisdir. Onun elementləri kompleks qiymətli ölçülən funksiyalardır və aşağıdakı şərtləri ödəyirlər

$$\left|c_{kj}(x)\right| \le ce^{-\varepsilon x},\ c > 0,\ \varepsilon > 0 \text{ sabitlərdir}, \qquad (27)$$

λ -spektral parametrdir, $\xi_1 > \xi_2 > \xi_3 > 0 > \xi_4 > \xi_5$.

(26) sisteminin həlli dedikdə sanki-hər yerdə (26) tənliklər sistemini ödəyən mütləq-kəsilməz vektor-funksiya başa düşülür.

(27) şərtlərini ödəyən (26) sisteminin istənilən məhdud $\{y_1(x,\lambda),\dots,$ $y_5(x,\lambda)\}$ həlli həqiqi λ -lar üçün yarımoxda $x \ge 0$ aşağıdakı asimptotik göstərilişə malikdir:

$$y_j(x,\lambda) = A_j e^{i\lambda\xi_j x} + 0(1),\ \ j = 1,2,3, \qquad (28)$$

$$y_j(x,\lambda) = B_j e^{i\lambda\xi_j x} + 0(1),\ j = 4,5,\ x \to +\infty. \qquad (29)$$

(26) sistemi üçün üç məsələyə birlikdə baxılır.

Birinci məsələdə, verilmiş $A_1 e^{i\lambda\xi_1 x}, A_2 e^{i\lambda\xi_2 x}, A_3 e^{i\lambda\xi_3 x}$ asimptotikasına və

$$\begin{aligned} &y_4^1(0,\lambda) = y_1^1(0,\lambda) + y_2^1(0,\lambda), \\ &y_5^1(0,\lambda) = y_3^1(0,\lambda) \end{aligned} \qquad (30)$$

sərhəd şərtlərinə görə (26) sisteminin həlli axtarılır.

İkinci məsələdə (26) sisteminin

$$\begin{aligned} &y_4^2(0,\lambda) = y_1^2(0,\lambda) + y_3^2(0,\lambda), \\ &y_5^2(0,\lambda) = y_2^2(0,\lambda), \end{aligned} \qquad (31)$$

sərhəd şərtlərini ödəyən, üçüncü məsələdə isə

$$\begin{aligned} &y_4^3(0,\lambda) = y_2^3(0,\lambda) + y_3^3(0,\lambda), \\ &y_5^3(0,\lambda) = y_1^3(0,\lambda), \end{aligned} \qquad (32)$$

sərhəd şərtlərini ödəyən və (28) asimptotikalarına malik həllər axtarılır.

Bu üç məsələnin birlikdə baxılması (26) sistemi üçün yarımoxda səpilmə məsələsi adlanır.

Teorem 6. Tutaq ki, (26) sisteminin $c_{kj}(x)$ $(k,j = \overline{1,5})$ əmsalları (27) şərtlərini ödəyirlər və λ - həqiqi ədəddir. Onda (26) sistemi üçün verilmiş gələn $A_1 e^{i\lambda\xi_1 x}, A_2 e^{i\lambda\xi_2 x}, A_3 e^{i\lambda\xi_3 x}$ dalğaları üçün yarımoxda səpilmə məsələsinin yeganə məhdud həlli var.

Məhdud funksiyalar sinfində (27) münasibətindən

$$y_m^k(x,\lambda) = B_m^k e^{i\lambda\xi_m x} + 0(1), x \to +\infty,\ m = 4,5;\ k = 1,2,3 \qquad (33)$$

asimptotikası alınır.

(33) asimptotikasından teorem 6-ya görə

$$S_k(\lambda) : (A_1, A_2, A_3)^t \to (B_4^k, B_5^k)^t, k = 1,2,3$$

matris funksiyaları təyin olunur (t - transponirə işarəsidir). Bu matris gələn dalğaları səpilən dalğalara keçirir. $S_k(\lambda)$ matrisi

$$S_k(\lambda) = \begin{pmatrix} S_{11}^k(\lambda) & S_{12}^k(\lambda) & S_{13}^k(\lambda) \\ S_{21}^k(\lambda) & S_{22}^k(\lambda) & S_{23}^k(\lambda) \end{pmatrix},\ k = 1,2,3$$

şəklindədir.

$S(\lambda)=(S_1(\lambda),S_2(\lambda),S_3(\lambda))$ matris finksiyasına (26) sistemi üçün yarımoxda səpilmə matrisi deyəcəyik.

İkinci fəslin ikinci bölməsində (26) sistemi üçün həllin 10 sayda inteqral göstərilişi yazılır (Lemma 2.1).

Üçüncü bölmədə həllin inteqral göstərilişinin köməyi ilə həllin asimptotikası və həllin sıfırdakı qiyməti arasında əlaqə düsturları tapılır.

İkinci fəslin dördüncü bölməsində səpilmə matrisinin elementlərinin analitiklik və faktorizasiya xassələri müəyyən edilir.

Teorem 7. Tutaq ki, (26) sisteminin əmsalları (27) şərtlərini ödəyirlər. Onda

$$R_1^k(\lambda)=\begin{pmatrix} S_{21}^k(\lambda) & S_{22}^k(\lambda) & S_{23}^k(\lambda) \\ S_{11}^2(\lambda)-S_{11}^1(\lambda) & S_{12}^2(\lambda)-S_{12}^1(\lambda) & S_{13}^2(\lambda)-S_{13}^1(\lambda) \\ S_{11}^3(\lambda)-S_{11}^1(\lambda) & S_{12}^3(\lambda)-S_{12}^1(\lambda) & S_{13}^3(\lambda)-S_{13}^1(\lambda) \end{pmatrix},$$

$$R_2^k(\lambda)=\begin{pmatrix} S_{21}^k(\lambda) & S_{22}^k(\lambda) & S_{23}^k(\lambda) \\ S_{11}^2(\lambda)-S_{11}^1(\lambda) & S_{12}^2(\lambda)-S_{12}^1(\lambda) & S_{13}^2(\lambda)-S_{13}^1(\lambda) \\ S_{11}^2(\lambda)-S_{11}^3(\lambda) & S_{12}^2(\lambda)-S_{12}^3(\lambda) & S_{13}^2(\lambda)-S_{13}^3(\lambda) \end{pmatrix},\ k=1,2,3$$

matrislərinin, sonlu sayda nöqtələrdən başqa tərsləri var

$$[R_1^k(\lambda)]^{-1}=\left\|t_{ij}^{1k}(\lambda)\right\|_{i,j=1}^3,\ [R_2^k(\lambda)]^{-1}=\left\|t_{ij}^{2k}(\lambda)\right\|_{i,j=1}^3,$$

Həmçinin, aşağıdakı bərabərliklər doğrudur:

$$S_{13}^2(\lambda)-S_{13}^1(\lambda)=1+G_-(\lambda), \tag{34}$$

$$S_{13}^3(\lambda)-S_{13}^1(\lambda)=1+\widetilde{G}_-(\lambda), \tag{35}$$

$$S_{21}^k(\lambda)+(I+M(\lambda))S_{11}^k(\lambda)=(1+A_-(\lambda))^{-1}(1+A_+(\lambda)), \tag{36}$$

$$S_{22}^k(\lambda)+(1+M(\lambda))S_{12}^k(\lambda)=(1+A_-(\lambda))^{-1}(1+A_1(\lambda)), \tag{37}$$

$$S_{23}^k(\lambda)+(1+M(\lambda))S_{13}^k(\lambda)=(1+A_-(\lambda))^{-1}(1+A_2(\lambda)), \tag{38}$$

$$S_{11}^1(\lambda)t_{13}^{11}(\lambda)+S_{12}^1(\lambda)t_{23}^1(\lambda)+S_{13}^1(\lambda)t_{33}^1(\lambda)= \\ =-(1+\alpha_+(\lambda))^{-1}(1+\alpha_-(\lambda)), \tag{39}$$

$$S_{11}^3(\lambda)t_{12}^{23}(\lambda)+S_{12}^3(\lambda)t_{22}^{23}(\lambda)+S_{13}^3(\lambda)t_{32}^{23}(\lambda)= \\ =-(1+\beta_+(\lambda))^{-1}(1+\beta_-(\lambda)), \tag{40}$$

$$S_{11}^2(\lambda)t_{12}^{22}(\lambda)+S_{12}^2(\lambda)t_{22}^{22}(\lambda)+S_{13}^2(\lambda)t_{32}^{22}(\lambda)= \\ =-(1+\gamma_+(\lambda))^{-1}(1+\gamma_-(\lambda)), \tag{41}$$

burada $\widetilde{G}_+(\lambda), G_+(\lambda)$ - dördüncü və beşinci, $A_+(\lambda)$, $A_-(\lambda)$, $A_1(\lambda)$, $A_2(\lambda)$ - altıncı, $\alpha_+(\lambda),\alpha_-(\lambda),\beta_-(\lambda)$, $\beta_+(\lambda)$, $\gamma_+(\lambda)$, $\gamma_-(\lambda)$ funksiyaları isə, dördüncü və doqquzuncu inteqral göstərilişlər vasitəsilə ifadə olunurlar.

Burada "+" indeksli funksiyalar yuxarı, "–" indeksli funksiyalar isə aşağı yarımmüstəvidə analitik funksiyalardır və fərz edək ki, analitik oblastlarında bu funksiyalar heç yerdə sıfra çevrilmirlər (məsələnin sıfırları iştirak etmir).

Altıncı inteqral göstərilişinin elementlərini bağlayan tənliklər sistemi yazılmış (Lemma 2.6) və onun köməyi ilə beşinci bölmədə (26) sistemi üçün yarımoxda tərs səpilmə məsələsi həll edilmişdir.

(26) sistemi üçün $S(\lambda)$ səpilmə matrisinə görə onun əmsallarının tapılması (məsələnin sıfırları yoxdur) tərs səpilmə məsələsi adlanır.

Bu məqsədlə yarımoxda $S(\lambda)$ matrisi ilə, bütün oxda $\{A_1,A_2,A_3,B_4,B_5\}^t$ vektorunu həllin $\{y_1(0,\lambda),\ldots,y_5(0,\lambda)\}^t$ qiyməti ilə əlaqələndirən $\widetilde{S}(\lambda)$ keçid matrisi arasında əlaqə qurulur ($c_{ij}(x)=0$, $x<0$).

Daha dəqiq desək qarşılıqlı təsir dalğalarından hər hansı biri iştirak etmədikdə (yəni sətirlərdən biri sıfırdır), $S(\lambda)$ matrisinə görə, $\widetilde{S}(\lambda)$ birqiymətli bərpa edilir, A.B.Şabatın, D.Kaupun işlərində müəyyən edilmişdir ki, (sıfırlar olmadığı halda) $\widetilde{S}(\lambda)$ keçid matrisinə görə (26) sisteminin əmsalları birqiymətli təyin edilir.

Teorem 8. Tutaq ki, (26) tənliklər sisteminin əmsalları (27), $c_{11}(x)=\ldots=c_{15}(x)=0$ ($c_{k1}(x)=\ldots=c_{k5}(x),\ k=\overline{2,5}$) şərtlərini ödəyirlər və məsələnin sıfrı yoxdur. Onda yarımoxda səpilmə matrisinə görə sistemin digər əmsalları birqiymətli təyin edilir.

Uçüncü fəsildə birtərtibli beş hiperbolik tənliklər sistemi üçün fərqli sərhəd şərtləri daxilində yarımoxda birinci yaxınlaşmaya görə düz və tərs səpilmə məsələləri öyrənilir.

Yarımoxda (1) şəklində olan tənliklər sisteminə baxılır və sistemin əmsalları (2) şərtini ödəyirlər.

(1) sisteminə üç müxtəlif sərhəd şərtləri daxilində baxılır:

$$\begin{cases} U_4^1(0,t) = U_3^1(0,t), \\ U_5^1(0,t) = U_1^1(0,t), \end{cases} \qquad (42)$$

$$\begin{cases} U_4^2(0,t) = U_1^2(0,t), \\ U_5^2(0,t) = U_2^2(0,t), \end{cases} \qquad (43)$$

$$\begin{cases} U_4^3(0,t) = U_2^3(0,t), \\ U_5^3(0,t) = U_3^3(0,t). \end{cases} \qquad (44)$$

(1) sistemi üçün yarımoxda $x \geq 0$ istənilən gələn a_1, a_2, a_3

$$U_i^k(x,t) = a_i(t + \xi_i; x) + o(1),\ x \to +\infty,\ i,k = 1,2,3 \qquad (45)$$

dalğaları üçün səpilmə məsələsinin yeganə həlli var, üstəlik

$$U_i^k(x,t) = b_i^k\left(t + \xi_i x\right) + o(1), \quad x \to +\infty,\ i = 4,5; k = 1,2,3 \qquad (46)$$

asimptotikası doğrudur.

Analoji şəkildə birinci fəsildə olduğu kimi $S = \left(S^1, S^{2,}, S^3\right)$ səpilmə operatoru təyin olunur, belə ki, S^k operatoru $(a_1(t), a_2(t), a_3(t))^t$ vektorunu $(b_4^k, b_5^k)^t$ vektoruna çevirir, burada

$$S^k = \begin{pmatrix} S_{11}^k & S_{12}^k & S_{13}^k \\ S_{21}^k & S_{22}^k & S_{23}^k \end{pmatrix},\ k = 1,2,3.$$

Göstərilir ki, birinci yaxınlaşmaya görə qurulmuş S operatoruna görə, sistemin əmsalları aşağıdakı kimi bərpa olunur:

$$C(x,t) = \begin{pmatrix} 0 & C_{12}^1(x,t) & C_{13}^2(x,t) & C_{14}^2(x,t) & C_{15}^1(x,t) \\ C_{21}^{2,3}(x,t) & 0 & C_{23}^3(x,t) & C_{24}^{2,3}(x,t) & C_{25}^2(x,t) \\ C_{31}^{1,3}(x,t) & C_{33}^{1,3}(x,t) & 0 & C_{34}^{1,3}(x,t) & C_{35}^2(x,t) \\ C_{41}^2(x,t) & C_{42}^3(x,t) & C_{43}^2(x,t) & 0 & C_{45}^{2,3}(x,t) \\ C_{51}^1(x,t) & C_{52}^{1,2}(x,t) & C_{53}^3(x,t) & C_{54}^{1,3}(x,t) & 0 \end{pmatrix}, \qquad (47)$$

burada üst indekslər sistemin əmsallarını bərpa edən məsələnin nömrəsini göstərir.

Qeyd edək ki, S operatorunun nüvələri arasında aşağıdakı münasibətlər doğrudur:

$$F_{21}^2(t,\tau) = F_{12}^3(t,\tau),\ \tau < t;\ \ F_{22}^1(t,\tau) = F_{22}^2(t,\tau),\ \tau > t;$$

$$F_{13}^1(t,\tau) = F_{22}^3(t,\tau),\ \tau < t;\ \ F_{23}^1(t,\tau) = F_{11}^2(t,\tau) + F_{13}^2(t,\tau),\ \tau < t;$$

$$F_{12}^2(t,\tau) = F_{22}^1(t,\tau) + F_{21}^1(t,\tau),\ \ \tau < t;$$

$$F_{21}^2(t,\tau) = F_{11}^3(t,\tau) - F_{11}^2(t,\tau) - F_{22}^1(t,\tau) - F_{23}^1(t,\tau) + F_{23}^3(t,\tau),\ \tau > t;$$

$$F_{13}^2(t,\tau) = F_{23}^2(t,\tau) + F_{22}^2(t,\tau) + F_{13}^2(t,\tau) - F_{12}^2(t,\tau) - F_{12}^3(t,\tau),\ \tau < t;$$

$$F_{22}^3(t,\tau) = F_{12}^1(t,\tau) - F_{12}^3(t,\tau) + F_{22}^1(t,\tau) + F_{23}^1(t,\tau) - F_{23}^3(t,\tau),\ \tau > t. \qquad (48)$$

S səpilmə operatoru bütün oxda 18 elementdən, yarımoxda 36 elementdən ibarətdir. 36 elementdən (47) düsturuna görə (1) sisteminin 20 əmsalı tapılır, 16 artıq element isə bütün oxda (48) düsturu ilə bağlıdır (16 element yarımoxda).

Bu münasibətlərdən, həmçinin görünür ki, (1) sistemi üçün hökmən üç məsələyə baxılmalıdır.

Müəllif elmi rəhbəri f.-r.e.d., prof.N.Ş.İsgəndərova dəyərli məsləhətlərinə və dissertasiya işinə daimi diqqətinə görə dərin minnətdarlığını bildirir.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı işlərdə dərc edilmişdir:

1. Искендеров Н.Ш., Мамедов А.А. Задача рассеяния для гиперболической системы уравнений первого порядка на полуоси с тремя падающими волнами / BDU-nun Hesablama riyaziyyatı kafedrsının 50 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransın materialları, Bakı, 2012, с.152-155.
2. Искендеров Н.Ш., Мамедов А.А. Обратная нестационарная задача рассеяния на полуоси / Неньютоновские системы в

нефтегазовой отрасли, Материалы Международной конференции, посвященной 85-летнему юбилею академика А.М.Мирзаджанзаде, Баку, 2013, с.126-127.

3. Искендеров Н.Ш., Мамедов А.А. Некоторые свойства оператора рассеяния на полуоси для гиперболической системы уравнений первого порядка / Материалы Международной конференции, посвященной 55-летию Института математики и Механики НАНА «Актуальные проблемы математики и механики», Баку, 2014, с.182-184.
4. İsgəndərov N.Ş., Məmmədov A.A. Birtərtibli adi diferensial tənliklər sistemi üçüm yarımoxda səpilmə məsələsi / “Riyaziyyat və Mexanikanın aktual problermləri” adlı Respublika Elmi konfransının materialları, Bakı, 2015, c.50-51.
5. Мамедов А.А. Задача рассеяния на полуоси для системы гиперболических уравнений первого порядка // Вестник Бакинского университета, 2015, №1, с.59-65.
6. Iskenderov N.Sh., Mamedov A.A. Inverse scattering problem on a semi-axis // Azerbaijan-Turkey-Ukrainian International conference Mathematical Analysis, Differential Equations and their Applicatios abstracts, Baku-2015, p.76.
7. Искендеров Н.Ш., Мамедов А.А. Задача рассеяния для системы пяти обыкновенных дифференциальных уравнений на полуоси // Вестник Бакинского университета, 2016, №2, с.5-18.
8. Искендеров Н.Ш., Мамедов А.А. Прямая и обратная задачи рассеяния для гиперболической системы уравнений первого порядка на полуоси с тремя падающими волнами // Известия Педагогического университета, 2016, т.64, №1, с.22-27.
9. Iskenderov N.Sh., Mamedov A.A. Inverse scattering problem for a hyperbolic system of first order equations on a semi-axis on a first approximation // Transactions of National Academy of Sciences of Azerbaijan, 2016, №4 (v.XXXVI), p. 114-121.
10. Iskenderov N.Sh., Mamedov A.A. Inverse scattering problem for hyperbolic system of five equations on semi-axis // International Journal of Pure and Applied Mathematics, vol.117, №4, 2017, p.675-684.

АНАР АКИФ оглы МАММЕДОВ

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА РАССЕЯНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

РЕЗЮМЕ

Основные результаты. В диссертации получены следующие основные результаты:

- изучена прямая задача рассеяния для системы пяти гиперболических уравнений первого порядка на полуоси с тремя заданными падающими волнами;

- установлены вольтеровские и факторизационные свойства оператора рассеяния для рассматриваемой системы;

- на полуоси по оператору рассеяния решена обратная задача рассеяния;

- решены прямая и обратная задачи рассеяния на полуоси для системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка в случаях отсутствия какой-нибудь взаимодействующих волн;

- найдены правильные постановки прямых и обратных задач для системы пяти гиперболических уравнений первого порядка на полуоси с тремя заданными падающими волнами.

MAMMADOV ANAR AKIF oqlu

THE INVERSE SCATTERING PROBLEM FOR A SYSTEM OF HYPERBOLIC EQUATIONS OF THE FIRST ORDER

RESUME

Main results. In the thesis, the following results are obtained:

- the direct scattering problem for a system of five hyperbolic equations of the first order on a half-axis with three given incident waves is studied;

- the Volterian and factorization properties of the scattering operator for the considered system is established;

- on the semi-axis with respect to the scattering operator, the inverse scattering problem is solved;

- solved the direct and inverse scattering problems on the semi-axis for a system of ordinary differential equations of the first order in the absence of any interacting waves;

- the correct statements of direct and inverse problems for a system of five hyperbolic equations of the first order on a semi-axis with three given incident waves are found.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

АНАР АКИФ оглы МАММЕДОВ

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА РАССЕЯНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА НА ПОЛУОСИ

1211.01 – Дифференциальные уравнения

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание учёной степени доктора философии по математике

БАКУ - 2018