УДК:517.928

λ-KOMPLEKS PARAMETRİNDƏN ASILI DÖRDÜNCÜ TƏRTİB TƏNLİYİN FUNDAMENTAL HƏLLƏRİNİN ASİMPTOTİKASININ QURULMASI

S.Z.ƏHMƏDOV, S.T.ƏLƏSGƏROVA
Bakı Dövlət Universiteti
s.ahmedov1973@gmail.com

İş dördüncü tərtib diferensial tənliyin fundamental həllərinin asimptotikasının tapılmasına həsr olunmuşdur. Tənliyin xətti asılı olmayan xüsusi həllərinin asimptotikası λ-kompleks müstəvisində $|\lambda|$-nın böyük qiymətlərində tapılmışdır. Tənliyin xətti asılı olmayan xüsusi həllərinin asimptotikası bir çox tədqiqatçılar tərəfindən araşdırılmışdır. Bu işdə fərqli cəhət ondan ibarətdir ki, fundamental həllərin asimptotikasını taparkən tənliyə daxil olan baş hissə ilə yanaşı kiçik tərtib törəmələrin əmsallarından da istifadə edilmişdir. Bu cür qurulmuş asimptotikaya daxil olan λ parametrinin müsbət qüvvətləri ilə yanaşı , mənfi qüvvətlərinin əmsalları üçün dəqiq düsturlar alınmışdır.

Açar sözlər: fundamental həllər, asimptotika, analitik funksiya, kəsilməz diferensiallanan funksiya, Vronski determinantı, asimptotik düstur.

Təqdim olunan məqalədə λ-kompleks parametrindən asılı dörd tərtibli adi diferensial tənliyin fundamental həllərinin asimptotikası qurulmuşdur. Bu tip tənliklərin xətti asılı olmayan xüsusi həllərinin asimptotikası bir çox tədqiqatçılar tərəfindən araşdırılmışdır ([1-4]) . Bu tədqiqatçılar tənliyin baş hissəsindən istifadə etmişlər. Baxılan məqalədə fərqli cəhət ondan ibarətdir ki, fundamental həllərinin asimptotikasını taparkən tənliyin bütün hədlərindən istifadə olunaraq daha dəqiq hesablamalar aparmaq mümkün olmuşdur.

Məsələnin qoyuluşu

İstilikkeçirmə və diffuziya proseslərinin tədqiqi zamanı aşağıdakı dörd tərtibli adi diferensial tənliyin xüsusi həllərinin asimptotikalarının qurulması mühüm əhəmiyyət kəsb edir:

$$qy^{IV}+p\lambda^2y''-b(x)y''-a(x)\lambda^2y+\lambda^4y=0,\ 0\le x\le 1\ , \qquad (1)$$

burada p və q həqiqi ədədlər olmaqla $p<0,\ 4q-p^2>0,\ a(x)$ və $b(x)$

kompleks qiymətli funksiyalardır, $\lambda -$kompleks parametrdir.

Məqsədimiz (1) tənliyinin fundamental həllərinin asimptotikasının qurmaqdır.

Həll üsulları

(1) tənliyinin xüsusi həllərinin asimptotikalarını tapmaq üçün λ kompleks müstəvini aşağıdakı şəkildə $S_k(k=\overline{1,8})$ sektorlarına bölək:

$$S_1 = \left\{ \lambda \mid Re\lambda > 0;\ Im\lambda > Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)\right\},$$

$$S_2 = \left\{ \lambda \mid Im\lambda < Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right);\ Im\lambda > 0\right\},$$

$$S_3 = \left\{ \lambda \mid Im\lambda < 0;\ Im\lambda > -Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)\right\},$$

$$S_4 = \left\{ \lambda \mid Im\lambda < -Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right);\ Re\lambda_1 > 0\right\},$$

$$S_5 = \left\{ \lambda \mid Re\lambda < 0;\ Im\lambda < Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)\right\}, \qquad (2)$$

$$S_6 = \left\{ \lambda \mid Im\lambda > Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right);\ Im\lambda < 0\right\},$$

$$S_7 = \left\{ \lambda \mid Im\lambda > 0;\ Im\lambda < -Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)\right\},$$

$$S_8 = \left\{ \lambda \mid Im\lambda > -Re\lambda \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right);\ Re\lambda < 0\right\},$$

burada $\varphi = -2arctg\dfrac{\sqrt{4q-p^2}}{p}$.

Teorem. Tutaq ki, (1) tənliyinin əmsalları aşağıdakı şərtləri ödəyir:

$$p<0,\ 4q-p^2>0,\ a(x)\in C^1[0,1],\ b(x)\in C^1[0,1].$$

Onda hər bir $\lambda \in S_k\ (k=\overline{1,8})$ üçün (1) tənliyinin $[0,1]$ parçasında dörd xətti asılı olmayan $y_p(x,\lambda)\ (p=\overline{1,4})$ həlləri var və bu həllər aşağıdakı asimptotik göstərişə malikdirlər.

$$\frac{d^k y_m(x,\lambda)}{dx^k} = (\lambda\omega_m)^k \left[1 + \frac{1}{\lambda}S_m(x) + \frac{E(x,\lambda)}{\lambda^2}\right]\exp[\lambda, \omega_{mx}] \quad (m=\overline{1,4},\quad k=\overline{0,3}), \quad (3)$$

burada

$$S_1(x)=\frac{1}{2\omega_1\omega_2(\omega_1^2-\omega_3^2)}\left[\omega_3\int_0^x A(\eta)d\eta+\omega_1^2\omega_3\int_0^x B(\eta)d\eta\right],$$

$$S_3(x)=-\frac{1}{2\omega_1\omega_3(\omega_1^2-\omega_3^2)}\left[\omega_1\int_0^x A(\eta)d\eta+\omega_1\,\omega_3^2\int_0^x B(\eta)d\eta\right], \qquad (4)$$

$$S_2(x)=-S_{11}(x),\;\; S_4(x)=-S_{33}(x),$$

$$A(x)=\frac{1}{q}a(x), \qquad B(x)=-\frac{1}{q}b(x),$$

$$\omega_1=\sqrt{\frac{1}{2q}\left[-p+\sqrt{p^2-4q}\right]},\;\; \omega_3=\sqrt{\frac{1}{2q}\left[-p-\sqrt{p^2-4q}\right]},$$

$$\omega_2=-\omega_1, \qquad \omega_4=-\omega_3\;\;, \qquad (5)$$

$E(x,\lambda)$ funksiyası $|\lambda|$-nın böyük qiymətlərində məhdud və analitik funksiyadır.

İsbatı

$$y(x,\lambda)=y_1(x,\lambda),\, y_1'(x,\lambda)=\lambda y_2(x,\lambda),$$
$$y_2'(x,\lambda)=\lambda y_3(x,\lambda),\, y_3'(x,\lambda)=\lambda y_4(x,\lambda),$$

əvəzləmələrini (1) tənliyində nəzərə alsaq aşağıdakı sistemi alarıq:

$$\begin{cases}\dfrac{dy_1(x,\lambda)}{dx}=\lambda\, y_2(x,\lambda),\\[2mm] \dfrac{dy_2(x,\lambda)}{dx}=\lambda\, y_3(x,\lambda),\\[2mm] \dfrac{dy_3(x,\lambda)}{dx}=\lambda\, y_4(x,\lambda),\\[2mm] \dfrac{dy_4(x,\lambda)}{dx}=\lambda\left(\left(-\dfrac{1}{q}y_1(x,\lambda)-\dfrac{p}{q}y_3(x,\lambda)\right)+\dfrac{1}{\lambda}\left(\dfrac{a(x)}{q}y_1(x,\lambda)+\dfrac{b(x)}{q}y_3(x,\lambda)\right)\right).\end{cases} \qquad (6)$$

(6) sistemini matris şəklində yazaq,

$$\frac{dy(x,\lambda)}{dx}=\lambda\,A\,y(x,\lambda)+\frac{1}{\lambda}R(x)y(x,\lambda), \qquad (7)$$

burada

$$y(x,\lambda)=\begin{pmatrix}y_1(x,\lambda)\\ y_2(x,\lambda)\\ y_3(x,\lambda)\\ y_4(x,\lambda)\end{pmatrix},\quad A=\begin{pmatrix}0&1&0&0\\0&0&1&0\\0&0&0&1\\-\frac{1}{q}&0&-\frac{p}{q}&0\end{pmatrix},\; R(x)=\begin{pmatrix}0&0&0&0\\0&0&0&0\\0&0&0&0\\\frac{a(x)}{q}&0&\frac{b(x)}{q}&0\end{pmatrix}. \qquad (8)$$

(7) matris sisteminin həllini aşağıdakı şəkildə axtaraq:

$$y(x,\lambda)=B\left[E+\frac{1}{\lambda}S(x)+\frac{1}{\lambda^2}\Phi(x)\right]\beta(x,\lambda)exp[\lambda\,\omega\,x], \tag{9}$$

burada E-vahid matris , ω - elementləri $\omega_1,\omega_2,\omega_3$ və ω_4 olan diaqonal matris, $S(x)=\left(S_{ij}(x)\right)_{i,j=\overline{1,4}}$; $\Phi(x)=\left(\varphi_{ij}(x)\right)_{i,j=\overline{1,4}}$ və $\beta(x,\lambda)=\left(\beta_{ij}(x)\right)_{i,j=\overline{1,4}}$ funksiyaları naməlum matrislərdir.

$$B=\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ \omega_1 & -\omega_1 & \omega_3 & -\omega_3 \\ \omega_1^2 & \omega_1^2 & \omega_3^2 & \omega_3^2 \\ \omega_1^3 & -\omega_1^3 & \omega_3^3 & -\omega_3^3 \end{pmatrix}$$

(7) matris tənliyinin həllini əvvəlcə aşağıdakı şəkildə axtaraq:

$$y(x,\lambda)=B\cdot M(x,\lambda) \tag{10}$$

(10)-u (7)-də nəzərə alaq və $A\cdot B=B\cdot\omega$ bərabərliyindən istifadə etsək alarıq:

$$\frac{dM(x,\lambda)}{dx}=\left[\lambda\omega+\frac{1}{\lambda}B^{-1}R(x)B\right]\cdot M(x,\lambda), \tag{11}$$

burada

$$B^{-1}R(x)B=\frac{1}{2\omega_1\omega_3(\omega_1^2-\omega_3^2)}\cdot$$

$$\cdot\begin{pmatrix} A\omega_3+B\omega_1^2\omega_3 & A\omega_3+B\omega_1^2\omega_3 & A\omega_3+B\omega_3^3 & A\omega_3+B\omega_3^3 \\ -A\omega_3-B\omega_1^2\omega_3 & -A\omega_3-B\omega_1^2\omega_3 & -A\omega_3-B\omega_3^3 & -A\omega_3-B\omega_3^3 \\ -A\omega_1-B\omega_1^3 & -A\omega_1-B\omega_1^3 & -A\omega_1-B\omega_1\omega_3^2 & -A\omega_1-B\omega_1\omega_3^2 \\ A\omega_1+B\omega_1^3 & A\omega_1+B\omega_1^3 & A\omega_1+B\omega_1\omega_3^2 & A\omega_1+B\omega_1\omega_3^2 \end{pmatrix}$$

(11) tənliyinin həllini aşağıdakı şəkildə axtaraq:

$$M(x,\lambda)=\left[E+\frac{1}{\lambda}S(x)+\frac{1}{\lambda^2}\Phi(x)\right]Z(x,\lambda), \tag{12}$$

(12) – ni (11)-də nəzərə alsaq $Z(x,\lambda)$ matrisi üçün aşağıdakı tənliyi alarıq:

$$\left[E+\frac{1}{\lambda}S(x)+\frac{1}{\lambda^2}\Phi(x)\right]\frac{dZ(x,\lambda)}{dx}=\left[\lambda\omega+\omega S(x)+\frac{1}{\lambda}\left(\omega\Phi(x)-S'(x)+B^{-1}R(x)B\right)+\right.$$
$$\left.+\frac{1}{\lambda^2}\left(B^{-1}R(x)BS(x)-\Phi'(x)+\frac{1}{\lambda}B^{-1}R(x)B\Phi(x)\right)\right]Z(x,\lambda), \tag{13}$$

$S(x)$ matrisini elə seçək ki, onun elementləri kəsilməz diferensiallanan olmaqla aşağıdakı şərtləri ödəsin:

$$\begin{cases}\omega S(x)=S(x)\omega \\ \omega\Phi(x)-S'(x)+B^{-1}R(x)B=\Phi(x)\omega.\end{cases} \tag{14}$$

$\omega S(x)=S(x)\omega$ şərtlərindən alınır ki, $S(x)$ matrisi baş diaqonal elementləri $S_1(x)$, $S_2(x)$, $S_3(x)$ və $S_4(x)$ olan diaqonal matrisdir. (13) sistemin ikinci tənliyindən istifadə etsək alarıq:

$$S_1(x) = \frac{1}{2\omega_1\omega_3(\omega_1^2-\omega_3^2)}\cdot\left[\omega_3\int_0^x A(\eta)d\eta + \omega_1^2\omega_3\int_0^x B(\eta)d\eta\right],$$

$$S_3(x) = -\frac{1}{2\omega_1\omega_3(\omega_1^2-\omega_3^2)}\cdot\left[\omega_1\int_0^x A(\eta)d\eta + \omega_1\omega_3^2\int_0^x B(\eta)d\eta\right],$$

$$S_2(x) = -S_1(x), \qquad S_4(x) = -S_3(x).$$

$\Phi(x)$ matrisin elementlərini tapmaq üçün köməkçi $N(x) = (n_{ij}(x))_{i=\overline{1,4}}$ matrisini daxil edək:

$$N(x) = S'(x) - B^{-1}R(x)B \tag{15}$$

(15) əvəzləməsini (14) sisteminin ikinci bərabərliyində nəzərə alsaq alarıq:

$$\omega\Phi(x) - \Phi(x)\omega = N(x). \tag{16}$$

Buradan alırıq ki,

$$\varphi_{ij}(x) = \frac{n_{ij}(x)}{\omega_i - \omega_j},\; i \neq j;\; i,j = \overline{1,4}.$$

$\Phi(x)$ matrisinin baş diaqonal elementlərini kəsilməz törəməyə malik ixtiyari funksiyalar olduqlarından $\varphi_{ii}(x) = 0,\;\; i = \overline{1,4}$ seçə bilərik.

(15) və (16) –nı (13)-də nəzərə alsaq, eyni zamanda (13)-ün hər tərəfini soldan $\left(E + \frac{1}{\lambda}S(x) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi(x)\right)^{-1}$ matrisinə vursaq alarıq:

$$\frac{dz(x,\lambda)}{dx} = \lambda\omega Z(x,\lambda) + \frac{1}{\lambda^2}C(x,\lambda)Z(x,\lambda), \tag{17}$$

burada

$$S(x,\lambda) = \left(E + \frac{1}{\lambda}S(x) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi(x)\right)^{-1}\left(B^{-1}R(x)B\left(S(x) - \frac{1}{\lambda}\Phi(x)\right) - \Phi'(x)\right) \tag{18}$$

$c_{ij}(x,\lambda)\;(i,j = \overline{1,4})$ funksiyaları ilə $C(x,\lambda)$ matrisinin elementlərini işarə edək. (18) ifadəsindən görünür ki, $c_{ij}(x,\lambda)\;(i,j = \overline{1,4})$ funksiyaları $S_p\;(p = \overline{1,8})$ sektorlarının hər birində $|\lambda|$-nın böyük qiymətlərində məhdud və analitik funksiyalardır. (17) matris tənliyinin həllini aşağıdakı şəkildə axtaraq:

$$Z(x,\lambda) = \beta(x,\lambda)exp[\lambda\omega x], \tag{19}$$

(19)-u (17)-də nəzərə alsaq və alınmış matris tənliyi koordinatlarla yazsaq alarıq:

$$\frac{d\beta_{ij}z(x,\lambda)}{dx} = \lambda[\omega_i - \omega_j]\beta_{ij}(x,\lambda) + \frac{1}{\lambda^2}\sum_{m=1}^{4} C_{im}(x,\lambda)\beta_{mj}(x,\lambda), \tag{20}$$

$$0 \le x \le 1; \quad \lambda \in S_p \; (p = \overline{1,8}); \quad i, j = \overline{1,4}. \tag{20}$$

diferensial tənliklər sistemini inteqrallasaq $\beta_{ij}(x,\lambda)$ $(i, j = \overline{1,4})$ funksiyaları üçün aşağıdakı kimi inteqral tənliklər sistemini alarıq:

$$\beta_{ij}(x,\lambda) = \delta_{ij} + \frac{1}{\lambda^2} \int_{\tau_{i,j}}^{x} exp\left[\lambda G_{ij}(\xi, x)\right] \sum_{m=1}^{4} C_{im}(\xi,\lambda) \beta_{mj}(\xi,\lambda) d\xi \tag{21}$$

$$0 \le x \le 1; \quad \lambda \in S_p \; (p = \overline{1,8}); \quad i, j = \overline{1,4},$$

burada $\tau_{ij} \in \{0,1\}$ və δ_{ij} - Kronekker simvoludur,

$$G_{ij}(\xi, x) = (\omega_i - \omega_j)(x - \xi), \quad i, j = \overline{1,4},$$

τ_{ij} $\left(i, j = \overline{1,4}\right)$ ədədlərini elə seçmək lazımdır ki, S_p $(p = 1,8)$ sektorlarının hər birində $Re\, \lambda\, G_{ij}(\xi, x) \le 0$ $\left(i, j = \overline{1,4}\right)$ bərabərsizliyi ödənilsin.

S_1, S_5-sektorlarında

$$\tau_{12} = \tau_{13} = \tau_{41} = \tau_{23} = \tau_{42} = \tau_{43} = \frac{k-1}{4}, k = 1,5;$$

$$\tau_{21} = \tau_{31} = \tau_{14} = \tau_{32} = \tau_{24} = \tau_{34} = \frac{5-k}{4}, k = 1,5;$$

S_2, S_6-sektorlarında

$$\tau_{21} = \tau_{13} = \tau_{41} = \tau_{23} = \tau_{42} = \tau_{43} = \frac{k-2}{4}, k = 2,6;$$

$$\tau_{12} = \tau_{31} = \tau_{14} = \tau_{32} = \tau_{24} = \tau_{34} = \frac{6-k}{4}, k = 2,6;$$

S_3, S_7-sektorlarında

$$\tau_{21} = \tau_{31} = \tau_{41} = \tau_{23} = \tau_{24} = \tau_{43} = \frac{k-3}{4}, k = 3,7;$$

$$\tau_{12} = \tau_{13} = \tau_{14} = \tau_{32} = \tau_{42} = \tau_{34} = \frac{7-k}{4}, k = 3,7;$$

S_4, S_8-sektorlarında

$$\tau_{21} = \tau_{31} = \tau_{41} = \tau_{23} = \tau_{24} = \tau_{34} = \frac{k-4}{4}, k = 4,8;$$

$$\tau_{12} = \tau_{13} = \tau_{14} = \tau_{32} = \tau_{42} = \tau_{43} = \frac{8-k}{4}, k = 4,8;$$

τ_{ij}-ların bu qayda ilə seçilmiş qiymətlərini (21)-də yerinə yazsaq hər bir S_p $(p = 1,8)$ sektorda inteqral tənliklər sistemi alarıq. Bu inteqral tənliklər sistemini $\lambda \in S_p(R) = \{\lambda \mid \lambda \in S_p, |\lambda| > R\}$ ($p = \overline{1,8}$, $R > 0$ - kifayət qədər böyük ədəddir) çoxluqlarında ardıcıl yaxınlaşma üsulu ilə həll etsək alarıq:

$$\beta_{ij}(x,\lambda)=\delta_{ij}+O\left(\frac{1}{\lambda^2}\right), \quad \lambda\in S_p(R),\ 0\le x\le 1 \qquad (22)$$

(22) asimptotik düsturunu (19)-da , (19)-u (12)-də və (12)-ni (10)-da nəzərə alsaq (3) düsturunun doğruluğunu almış olarıq.

İndi isə (1) tənliyi üçün (3) düsturu ilə tapılmış xüsusi həllərdən düzəldilmiş Vronski determinantını hesablasaq, aşağıdakı asimptotik düsturu almış olarıq:

$$V(x,\lambda)=\left(4\omega_1^2\omega_3^2\left(\omega_1^2+\omega_3^2\right)-8\omega_1^3\omega_3^3\right)\lambda^6\left[1+O\left(\frac{1}{\lambda}\right)\right],\ \lambda\in S_p(R),\ 0\le x\le 1.$$

Bu isə onu göstərir ki, (3) düsturu ilə tapdığımız xüsusi həllər xətti asılı deyillər. Teorem isbat olundu.

Nəticə. Teoremin isbatı zamanı belə nəticəyə gəlirik ki, tənliyin fundamental həllərinin asimptotikasını taparkən tənliyə daxil olan baş hissənin əmsalları ilə yanaşı kiçik tərtib törəmənin əmsallarından da istifadə olunmuşdur. Bu nəticələr istilikkeçirmə və diffuziya proseslərini xarakterizə edən (1) şəkilli tənlik üçün sanki requlyar sərhəd şərtli məsələlərin araşdırılmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Мамедов Ю.А. О задаче Штурма-Лиувилля в случае комплексной плотности // Вестник Бакинского Государственного Университета, сер., физ.-мат. наук, 1988, №1, с. 133-142.
2. Федорюк М.В. Асимптотические методы для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1983, 352 с.
3. Мамедов Ю.А., Масталиев В.Ю. О разрешимости смешанных задач для одного нового класса уравнений, могущих перейти с параболического типа на антипараболический //Вестник БГУ, сер., физ.-мат. наук, 2002, №4, с. 93-104.
4. Мамедов Ю.А., Ахмедов С.З. Исследование характеристического определителя, связанного с решением спектральной задачи Вестник БГУ, сер., физ.-мат. наук, 2005, №2, с. 5-12.

ПОСТРОЕНИЕ АСИМПТОТИКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА, ЗАВИСЯЩЕГО ОТ КОМПЛЕКСНОГО ПАРАМЕТРА λ

С.З.АХМЕДОВ, С.Т.АЛЕСКЕРОВА

РЕЗЮМЕ

Работа посвящена нахождению асимптотики фундаментальных решений дифференциального уравнения четвёртого порядка. Найдена асимптотика линейно-независимых частных решений уравнения в комплексной плоскости λ при больших значениях λ. Асимптотика линейно-независимых частных решений уравнения была исследована многими учеными. Отличительной особенностью представленной работы является то, что при нахождении асимптотики фундаментальных решений наряду с коэффициента-

ми старшей части были использованы и коэффициенты младшей части уравнения. Получены точные формулы как для коэффициентов положительных степеней, так и для отрицательных степеней параметра λ, входящих в асимптотику.

Такой подход к нахождению асимптотики фундаментальных решений имеет важное значение для более точных исследований граничных задач.

Ключевые слова: фундаментальные решения, асимптотика, аналитические функции, непрерывно дифференцируемые функции, детерминант Вронского, асимптотическая формула.

CONSTRUCTION OF THE ASYMPTOTICS OF THE FUNDAMENTAL SOLUTIONS OF THE FOURTH ORDER EQUATION WHICH DEPEND ON COMPLEX PARAMETER-λ

S.Z.AHMADOV, S.T.ALASGAROVA

SUMMARY

The work deals with the establishment of the asymptotics of fundamental solutions of differential equations. The asymptotics of the linearly independent particular solution of the complex plane- λ for the large values of $|\lambda|$ was found. Asymptotics of linearly independent particular solutions has been investigated by many scientists. A distinctive feature of the present work is that in determining the asymptotic behavior of the fundamental solutions, the coefficients of the low derivative parts of the equation were also used alongside with the highest ratios. Exact formulas for the coefficient of positive and negative powers of the parameters – λ appearing in the asymptotics constructed in such a way have been obtained.

Keywords: fundamental solution, asymptotics, analytic function, continuous differentiable function, Wronsky determinant, asymptotic formula.

Поступила в редакцию: 26.10.2011 г.
Принята к печати: 05.03.2012 г.