

QATLAMLI G'OVAK-ELASTIK MUHIT UCHUN A_μ^1 VA A_μ^2 TESKARI

DINAMIK MASALASI YECHISH ALGORITMI

Xo'jayev L.H., Saipnazarov J.M., Marqayeva D.A.

QDTU dotsenti, f-m.f.f.d (PhD). lochin-x@mail.ru.

QDTU dotsenti, f-m.f.f.d (PhD). jonibeksaipnazarov@gmail.com.

Axborot texnologiyalari va menejment universiteti magistranti

dilafruzmarqayeva2@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ishda qatlamlı g'ovak-elastik muhit uchun teskari dinamik masala o'rganiladi. Tadqiqotda muhitning fizik xossalarini tavsiflovchi matematik model tahlil qilinib, noma'lum parametrlarni kuzatuv ma'lumotlari asosida aniqlash masalasi ko'rib chiqiladi. Masalaning yechimi mavjudligi, yagonaligi va berilgan ma'lumotlarga bog'liqligi tahlil qilinadi hamda turg'unlik shartlari aniqlanadi. Olingan natijalar seysmologiya, geofizika hamda neft va gaz konlarini qidirish jarayonlarida qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar. qatlamlı muhit, g'ovak-elastik muhit, teskari dinamik masala, giperbolik tenglamalar, matematik model, turg'unlik, yagonalik, seysmologiya, geofizika.

KIRISH. Bir jinsli yarim fazoda izotrop qatlamlı g'ovak-elastik muhitda to'liqin tarqalishini ifodalaydigan masalani o'rganamiz. Tekis parallel qatlamni qaraymiz. Qatlamlı muhit uchun dissipativ yaqinlashishdagi g'ovak elastik muhitning bir o'lchovli teskari dinamik masalalarini qaraymiz.

MASALANI QO'YILISHI VA YECHISH METODIKASI.

x o'zgaruvchi bo'yicha bir jinsli bo'lmagan yarim fazoda tebranishlarning tarqalish jarayonini ifodalovchi quyidagi

$$\rho_s(x) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \rho_l(x) b(x) \left(\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial v}{\partial t} \right), \quad x \geq 0, t \geq 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = b(x)(u - v), \quad x \geq 0, \quad t \geq 0 \quad (2)$$

tenglamalar sistemasi quyidagi nol boshlang'ich shartlarni [1]

$$u|_{t=0} = 0, \quad u_t|_{t=0} = 0, \quad v|_{t=0} = 0, \quad x \geq 0 \quad (3)$$

va chegaraviy shartlarni

$$u_x|_{x=0} = H(t), \quad (4)$$

qanoatlantiruvchi masalani qaraymiz.

(1)-(4) masalaning klassik yechimi muhim, ya'ni $u \in C^2(x \geq 0, t \geq 0)$, $v \in C^1(x \geq 0, t \geq 0)$. Yana u , u_t va v , v_t funksiyalar $L_2(t \geq 0)$ ga tegishli deb faraz qilamiz. u va v funksiyalarni $t < 0$ uchun nol bilan davom ettiramiz. $H(t) \in C^2(t \geq 0) \cap L_2(t \geq 0)$ berilgan funksiyada $H(0) = 0$ $H'(0) = 0$ muvofiqlashtirish shartlari bajarilsin deb faraz qilamiz.

(1) va (2) formulalarda $\mu(x)$ funksiya bo'lakli-o'zgaras va $a_1 < a_2 < \dots < a_k$, nuqtalarda uzilishga ega bo'lib, $\rho_l(x)$, $\rho_s(x)$, $b(x)$ funksiyalarni $a_0 = 0$ da quyidagi tengliklar orqali yozishimiz mumkin:[2]

$$\mu(x) = \begin{cases} \mu_m \text{ uchun } x \in (a_{m-1}, a_m), m = 1, \dots, k \\ \mu_{k+1} \text{ uchun } x > a_k \end{cases} \quad (5)$$

$$\rho_l(x) = \begin{cases} \rho_{lm} \text{ uchun } x \in (a_{m-1}, a_m), m = 1, \dots, k \\ \rho_{lk+1} \text{ uchun } x > a_k \end{cases} \quad (6)$$

$$\rho_s(x) = \begin{cases} \rho_{sm} \text{ uchun } x \in (a_{m-1}, a_m), m = 1, \dots, k \\ \rho_{sk+1} \text{ uchun } x > a_k \end{cases} \quad (7)$$

$$b(x) = \begin{cases} b_m \text{ uchun } x \in (a_{m-1}, a_m), m = 1, \dots, k \\ b_{k+1} \text{ uchun } x > a_k \end{cases} \quad (8)$$

$$b_m, \mu_m, \rho_{lm}, \rho_{sm} = \text{const.}$$

$\mu(x)$ koeffitsiyentning a_m uzilish nuqtalarida (3), (4) shartlarga qo'shimcha qatlamdan-qatlama o'tish shartlarini kiritamiz.

$$[u]_{x=a_m} = [\mu(x)u_x]_{x=a_m} = 0, \quad m = 1, \dots, k \quad (9)$$

(5) - (8) ko'rinishdagi $b(x)$, $\mu(x)$, $\rho_l(x)$, $\rho_s(x)$ funksiyalar uchun (1) - (4), (9) tengliklarni qanoatlantiruvchi $u(x, t)$ va $v(x, t)$ funksiyalarni aniqlash masalasi to'g'ri masala deyiladi.

SONLI NATIJALAR VA TAHLILI.

Quyidagi teskari masalalar o'rganiladi:

A_μ^1 teskari masalasi.

(1) tenglamadan, ya'ni $2k+1$ ta $\{\mu_1, \dots, \mu_{k+1}; a_1, \dots, a_k\}$ sonli to'plamdan, (1) - (4), (9) masalaning yechimi bo'yicha quyidagi[3]

$$\Phi(\omega) = - \int_{-\infty}^{\infty} u_t(0, t) e^{-i\omega t} dt, \quad \omega \in \Omega, \quad (10)$$

ma'lum bo'lsa, $\mu(x)$ ko'effitsiyentni topish masalasini qaraymiz. Bu yerda Ω – nol bilan ajratilgan chekli interval va $b(x)$, $\rho_l(x)$, $\rho_s(x)$ berilgan funksiyalar. Sodda uchun $b(x)$, $\rho_l(x)$, $\rho_s(x)$ funksiyalarni berilgan o'zgarmas deb faraz qilamiz.

$$\tau = \frac{a_1 - a_0}{c_1} = \frac{a_2 - a_1}{c_2} = \dots = \frac{a_k - a_{k-1}}{c_k} \quad (11)$$

deb faraz qilamiz va τ qiymati berilgan, $c_k = \sqrt{\mu_k / \rho_{sk}}$. Yuqorida qayd etilganidek, ba'zi hollarda (11) faraz Gupilla gipotezasiga ekvivalent bo'ladi. $|\Omega| > \pi / \tau$ bo'lsin. Bunda $|\Omega|$ - nol bilan ajratilgan chekli interval o'lchovi.

Shunga e'tibor berishimiz kerakki, tayinlangan k da (2.2.11) tenglik A_μ^1 teskari masalani yechishda $k+1$ o'zgarmasni tiklash imkonini beradi. Faraz qilaylik $\{c_1, \dots, c_{k+1}\}$ bo'lsin.

Ma'lumki (1), (4), (9) to'g'ri masala qatlamli muhit bo'lgan holda parametrli Helmgolts tenglamasi uchun quyidagi masala bilan bog'liq:[4]

$$U_{xx} + \omega^2 \tilde{B}^2(x, \omega) U = 0, \quad (12)$$

$$U_x(0, \omega) = h(\omega), \quad U_x - i\tilde{B}\omega U \rightarrow 0 \quad x \rightarrow \infty \text{ da}, \quad (13)$$

$$[U]_{x=a_m} = [\mu U_x]_{x=a_m} = 0, \quad m = 1, \dots, k. \quad (14)$$

Bu yerda $U(x, \omega)$, $h(\omega)$ mos ravishda u va H funksiyalarning Furye tasvirlaridir.

$$U(x, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(x, t) e^{-i\omega t} dt, \quad h(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} H(t) e^{-i\omega t} dt,$$

$$\tilde{B}(x, \omega) = \frac{\sqrt{(1 + \rho_l(x) / \rho_s(x)) b(x) - i\omega}}{c(x) \sqrt{b(x) - i\omega}}.$$

$\mu(x)$ koefitsiyentni aniqlash A_μ^1 teskari masala uchun (10) quyidagi tenglikka mos keladi.

$$\Phi(\omega) = i\omega U(0, \omega), \quad \omega \in \Omega. \quad (15)$$

Bunday holatda A_μ^1 teskari masalani yechish quyidagi masalani yechish bilan bog'liq bo'ladi.

A_μ^2 teskari masalasi.

Agar (12) - (14) masalani yechishda (15) ma'lum bo'lsa, (12) tenglamaning (5) - (8) ko'rinishdagi $\mu(x)$ koefitsiyentini aniqlang.

1-ta'rif. (11) gipoteza doirasidagi (10) qo'shimcha ma'lumotlarga ko'ra (5) ko'rinishdagi $\mu(x)$ funksiyani aniqlashga oid A_μ^2 teskari masala k-qatlamli deb ataladi.

$\mu(x)$ funksiyaning (a_{m-1}, a_m) o'zgaras sohalarida (12) tenglamaning umumiy yechimi uchun aniq formulalardan foydalanamiz:[5]

$$U(x, \omega) = A_1^m(\omega)e^{i\tilde{B}_m\omega x} + A_2^m(\omega)e^{-i\tilde{B}_m\omega x}. \quad (16)$$

$x \rightarrow \infty$ da (13) chegaraviy shart cheksizlikdan keladigan to'lqinlarning yo'qligini anglatadi, ya'ni $A_2^{k+1} = 0$. $x > a_k$ yarim fazo uchun

$$U(x, \omega) = Ae^{i\tilde{B}_{k+1}\omega x}, \quad (17)$$

tenglik bajariladi, bu yerda $A(\omega)$ parametr keyinchalik aniqlanadi.

(16) ga asosan (14) tengliklarni quyidagicha yozish mumkin:

$$A_1^m e^{i\tilde{B}_m\omega a_m} + A_2^m e^{-i\tilde{B}_m\omega a_m} = A_1^{m+1} e^{i\tilde{B}_{m+1}\omega a_m} + A_2^{m+1} e^{-i\tilde{B}_{m+1}\omega a_m},$$

$$\mu_m \left(A_1^m e^{i\tilde{B}_m\omega a_m} - A_2^m e^{-i\tilde{B}_m\omega a_m} \right) = \mu_{m+1} \left(A_1^{m+1} e^{i\tilde{B}_{m+1}\omega a_m} - A_2^{m+1} e^{-i\tilde{B}_{m+1}\omega a_m} \right)$$

Bunda quyidagi belgilashlardan foydalanamiz[6]

$$B_j^m = A_j^m e^{(-1)^{j-1} i\omega \tilde{B}_m a_m}. \quad (18)$$

(11) ga binoan

$$B_1^m + B_2^m = B_1^{m+1} e^{-i\omega \tilde{b}\tau} + B_2^{m+1} e^{i\omega \tilde{b}\tau},$$

$$B_1^m - B_2^m = \frac{\mu_{m+1}}{\mu_m} (B_1^{m+1} e^{-i\omega\tilde{b}\tau} - B_2^{m+1} e^{i\omega\tilde{b}\tau}) \quad (19)$$

tengliklar o‘rinli. Bu yerda

$$\tilde{b} = \sqrt{\frac{(1 + \rho_l / \rho_s)b - i\omega}{b - i\omega}}$$

(19) sistemaga

$$\lambda_m^\pm = 1 \pm \frac{\mu_{m+1}}{\mu_m} \quad (20)$$

belgilash kiritilishi

$$B_1^m = \frac{1}{2} (\lambda_m^+ B_1^{m+1} e^{-i\omega\tilde{b}\tau} + \lambda_m^- B_2^{m+1} e^{i\omega\tilde{b}\tau}),$$

$$B_2^m = \frac{1}{2} (\lambda_m^- B_1^{m+1} e^{-i\omega\tilde{b}\tau} + \lambda_m^+ B_2^{m+1} e^{i\omega\tilde{b}\tau}), \quad m = 1, \dots, k-1 \quad (21)$$

tengliklarga ekvivalentligini anglatadi. B_j^k miqdorlarni hisoblash uchun (13) tenglikning $x = a_k$ nuqtadagi qiymatidan, (17) tenglik va (11), (16), (20) formulalardan foydalanamiz. $\alpha = e^{i\omega\tilde{B}_{k+1}a_k}$ deb faraz qilib[7]

$$B_1^k = \frac{1}{2} A\alpha\lambda_k^+, \quad B_2^k = \frac{1}{2} A\alpha\lambda_k^- \quad (22)$$

ni topamiz. $A(\omega)$ funksiya (13) chegaraviy shartning $x=0$ dagi qiymatidan topiladi. (11), (16), (18) ga asosan

$$i\omega\tilde{B}_1(A_1^1 - A_2^1) = i\omega\tilde{B}_1(B_1^1 e^{-i\omega\tilde{b}\tau} - B_2^1 e^{i\omega\tilde{b}\tau}) = h(\omega) \quad (23)$$

tenglikka ega bo‘lamiz.

(21), (22) formulalarni qo‘llab, quyidagi xulosaga kelishimiz mumkin:

$$B_j^1 = \frac{A\alpha}{2^k} P_j^{k-1}(e^{i\omega\tau}, e^{-i\omega\tau}). \quad (24)$$

Bu yerda $P_j^{k-1}(\xi, \eta) - \xi, \eta$ o‘zgaruvchilarning darajalari bo‘yicha bir jinsli ko‘phadlardir. Bu ko‘phadlarning koeffitsiyentlari, o‘z navbatida, $\lambda_1^\pm \lambda_2^\pm \dots \lambda_k^\pm$ ko‘rinishdagi hadlardan tashkil topgan k -darajali bir jinsli ko‘phadlardir.

(23), (24) ga binoan tenglikning analogi uchun

$$\frac{A\alpha}{2^k} = \frac{h(\omega)}{i\omega\tilde{B}_1} \left(P_1^{k-1} e^{-i\omega\tilde{b}\tau} - P_2^{k-1} e^{i\omega\tilde{b}\tau} \right)^{-1},$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi. Biroq u holda (16) qo‘shimcha ma’lumot uchun $\Phi(\omega) = i\omega U(0, \omega) = i\omega(A_1^1 + A_1^1)$ funksiyaning quyidagi ko‘rinishiga ega bo‘lamiz:

$$\Phi(\omega) = \frac{h(\omega)}{\tilde{B}_1} \frac{P_1^{k-1} e^{-i\omega\tilde{b}\tau} + P_2^{k-1} e^{i\omega\tilde{b}\tau}}{P_1^{k-1} e^{-i\omega\tilde{b}\tau} - P_2^{k-1} e^{i\omega\tilde{b}\tau}}. \quad (25)$$

Funksiya $h(\omega)$ ga chegaralanganlik qo‘yamiz ((1)-(4) dinamik masaladagi $H(t)$ funksiya uchun). Biror $\omega_0 > 0$ uchun $h(\omega)$ funksiya $[\omega_0, \omega_0 + \pi / \tau] \subset \Omega$ kesmada nolga aylanmasin. Xususan, agar $H(t) = e^{-t^2/2}$ va $\Omega = R$, bo‘lsa, u holda $h(\omega) = e^{-\omega^2/2} > 0$ bo‘ladi va yuqorida keltirilgan shart biror ω_0, τ da bajariladi.

Quyidagi $\Phi(\omega) / h(\omega)$ funksiyaning Furrye koeffitsiyentlarini ko‘rib chiqamiz:

$$\varphi_m = \int_{\omega_0}^{\omega_0 + \pi/\tau} \Phi(\omega) h^{-1}(\omega) e^{-2i\omega m\tau} d\omega \quad (26)$$

A_μ^2 teskari masalaning μ_m parametrlari bilan φ_m sonlar o‘rtasidagi bog‘lanishni o‘rnatamiz.

(26) integrallarni hisoblash uchun $z = e^{2i\omega\tau}$ ($dz = 2i\tau z d\omega$) o‘zgaruvchilarni almashtirishdan foydalanamiz, bu ω kompleks tekislikdagi $[\omega_0, \omega_0 + \pi / \tau]$ yarim intervalni z kompleks tekislikdagi $|z|=1$ birlik aylanada o‘zaro bir qiymatli akslantiradi (integrallash $\arg z$ ni o‘rish yo‘nalishi bo‘yicha olinadi).

(25) tenglikning o‘ng tomoni surat va maxrajini $e^{ki\omega\tau} = z^{k/2}$ funksiya ko‘paytirsak, $\tilde{B}_1 \Phi(\omega) / h(\omega)$ funksiya z o‘zgaruvchini $F_k(z)$ funksiya orqali ifodalasak, u k -darajali ikkita ko‘phadning nisbati ko‘rinishda hosil bo‘ladi:

$$F_k(z) = \frac{f_0^{(k)} + f_1^{(k)} z + \dots + f_k^{(k)} z^k}{g_0^{(k)} + g_1^{(k)} z + \dots + g_k^{(k)} z^k}. \quad (27)$$

Bu yerda $F_k(z)$ funksiyaning quyi indeksi va $f_j^{(k)}, g_j^{(k)}$ koeffitsiyentlarning yuqori indeksi masalaning “qatlamli” ekanligini bildiradi.

(26) tenglik bu belgilanishlardan keyin quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\varphi_m = \frac{1}{2i\tau\tilde{B}_1} \int_{|z|=1} F_k(z) \frac{dz}{z^{m+1}}, \quad m=0, \dots, k \quad (28)$$

$F_k(z)$ funksiyaning maxrajidagi ko‘phadning barcha ildizlari z tekislikning birlik doirasidan tashqarida bo‘lgan holda (28) ko‘rinishdagi integrallari kompleks o‘zgaruvchili funksiyalar nazariyasi usullari yordamida nisbatan oson hisoblanadi. Keyingi barcha hisoblashlar yuqoridagi faraz ostida, ya’ni $g_0^{(k)} + g_1^{(k)}z + \dots + g_k^{(k)}z^k$ ko‘phad $|z| \leq 1$ doirada ildizlarga ega emas deb amalga oshiriladi. Rushe teoremasi bu farazning to‘g‘riligi uchun yetarli shart hisoblangandan quyidagi tengsizlik o‘rinli:

$$|g_0^{(k)}| > \sum_{j=1}^k |g_j^{(k)}|. \quad (29)$$

Demak, (28) tenglikdagi integral ostidagi funksiya $z=0$ nuqtada $m+1$ tartibli qutbga mos maxsus nuqta kabi $|z| < 1$ integrallash sohasini chegaralab turgan konturning ichida yagona maxsus nuqtaga ega. Bu esa quyidagi tenglikka asosan chegirma haqidagi teoremadan foydalanishga imkon beradi:

$$\varphi_m = \frac{\pi}{\tau\tilde{B}_1} \operatorname{Res}_{z=0} \frac{F_k(z)}{z^{m+1}}.$$

Yuqorida aytib o‘tilganidek, $z=0$ nuqta ko‘rib chiqilayotgan funksiya uchun $m+1$ tartibli qutb bo‘lganligi sababli (2.2.28) Furrye koeffitsiyentlarini quyidagi formulalar yordamida hisoblash mumkin:

$$\varphi_m = \frac{1}{m!} \frac{\pi}{\tau\tilde{B}_1} F_k^{(m)}(0). \quad (30)$$

Ushbu tadqiqot ishining asosiy natijasini ko‘rsatishdan oldin ba’zi belgilashlarni kiritamiz (qarang: (20)):

$$\gamma_m = \frac{\lambda_m^-}{\lambda_m^+} = -\frac{\mu_{m+1} - \mu_m}{\mu_{m+1} + \mu_m}, \quad m=1, \dots, k; \quad (31)$$

$$h_p^m = h_{m-1}^m h_{m-p-1}^{m-1} + h_p^{m-1}, \quad p=0, \dots, m-2, m=2, \dots, k$$

$$h_{m-1}^m = -\gamma_m, \quad m=2, \dots, k$$

$$h_0^1 = h_m^m = 0, \quad m = 1, \dots, k. \quad (32)$$

Teorema. (11) tengliklar bajarilgan bo'lsin. (27) $g_0^{(k)} + g_1^{(k)}z + \dots + g_k^{(k)}z^k$ ko'phad $|z| \leq 1$ doirada ildizlarga ega bo'lmasin va $H(t)$ funksiyaning $h(\omega)$ Furye tasviri $\omega \in [\omega_0, \omega_0 + \pi/\tau] \subset \Omega$ uchun nolga aylanmasin. U holda (12) - (14) masalaning yechimi bo'yicha $F_k(z)$ funksiya uchun quyidagi formulalar o'rinli:

$$F_k^{(m)}(0) = m! \left[2\gamma_m \prod_{p=1}^{m-1} (1 - \gamma_p^2) - \sum_{p=1}^{m-1} \frac{h_p^m}{(m-p)!} F_k^{(m-p)}(0) \right] \quad (33)$$

Bundan tashqari γ_m , h_p^m koeffitsiyentlar (31), (32), $m = 2, \dots, k$ formulalar bo'yicha hisoblanadi.

Teoremani bir nechta lemmalarga bo'lgan holda yordamchi konstruksiyalar bilan isbotlaymiz.

Yuqorida ta'kidlanganidek, $F_k(z)$ funksiyaning $f_j^{(k)}$, $g_j^{(k)}$ koeffitsiyentlari $\lambda_1^\pm \lambda_2^\pm \dots \lambda_k^\pm$ ko'rinishdagi qo'shiluvchilarga ega bo'lgan bir jinsli ko'phadlardan iborat. Shuning uchun $F_k(z)$ funksiyaning surat va maxrajini nolga teng bo'lmagan $\lambda_1^+ \lambda_2^+ \dots \lambda_k^+$ qiymatlarga bo'lgandan so'ng ko'phadlarning yangi koeffitsiyentlarini olamiz. Ular uchun oldingi $f_j^{(k)}$, $g_j^{(k)}$ belgilarini saqlab qolamiz, ular $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k$ parametrlariga bog'liq bo'lib, $F_k(z)$ funksiyaning surat va maxrajida har bir γ_m chiziqli ravishda qatnashadi.

Quyidagi ifodani qaraylik:

$$F_k(z) = \frac{Q_k(z) + \gamma_k R_k(z)}{S_k(z) + \gamma_k D_k(z)}. \quad (34)$$

Bu yerda Q_k, R_k, S_k, D_k ko'phadlarning koeffitsiyentlari (z ning darajasini ko'rsatadigan pastki belgisi bilan mos keladigan kichik harflar bilan belgilaymiz) γ_k ga bog'liq emas.

(20) - (22), (25), (27) formulalar yordamida ba'zi hisob-kitoblarni amalga oshirib, quyidagilarni isbotlash murakkab emas:

$$F_1(z) = \frac{1 + \gamma_1 z}{1 - \gamma_1 z},$$

$$F_2(z) = \frac{1 + \gamma_1 z + \gamma_1 \gamma_2 z + \gamma_2 z^2}{1 - \gamma_1 z + \gamma_1 \gamma_2 z - \gamma_2 z^2}.$$

A_μ^1 teskari masala (A_μ^2 teskari masala) ni yechish algoritmi

A_μ^2 teskari masalaning yechish algoritmini qurish uchun (33) formulalardan foydalanamiz va shu yo‘l bilan A_μ^1 teskari masalaning ham yechish algoritmini qurishimiz mumkin.

1-Natija. $F_k^{(m)}(0)$ ($m \leq k$) hosila faqat (31) dagi $\gamma_1, \dots, \gamma_m$ sonlarga bog‘liq.

Natijaga ko‘ra, teskari masalani yechish algoritmining rekurrent formulasini tuzamiz.

2-Natija. Barcha natural k sonlar uchun

$$F_k(0) = 1, \quad F'_k(0) = 2\gamma_1 \quad (35)$$

tenglik o‘rinli.

Bu natijalarning isboti to‘g‘ridan to‘g‘ri (35) formulalarni hisoblashdan kelib chiqadi.

Teskari masala algoritmini tavsiflashdan oldin uning qo‘llanilish shartlarini esga olamiz.

1. Lane tenglamalar sistemasida to‘lqinning qatlamlardan bir xil vaqtda o‘tishi uchun Gupilla gipotezasining to‘g‘riligini bildiruvchi (11) tenglik bajarilishi shart.

2. (27) dagi $g_0^{(k)} + g_1^{(k)}z + \dots g_k^{(k)}z^k$ ko‘phad $|z| \leq 1$ doirada ildizlarga ega bo‘lmasligi kerak. Qaralayotgan masalada μ_m koeffitsiyentlari bo‘yicha ushbu shartlarning bajarilishi uchun yetarli shart bu qatlamlardagi tezliklarning “kuchsiz” farq qilishi hisoblanadi.

3. Berilgan (4) dagi $H(t)$ funksiyaning $h(\omega)$ Furrye obrazi Ω da joylashgan $\pi / \tau : \omega \in [\omega_0, \omega_0 + \pi / \tau]$ uzunlikdagi segmentda nolga aylanmasligi kerak.

Misol: $H(t) = e^{-t^2/2}$ va $\Omega = R$ bo'lsa, u holda $h(\omega) = e^{-\omega^2/2} > 0$ $\Omega = (0.5, k \cdot \pi)$,
 k - natural son, $|\Omega| > \pi / \tau$ - k tanlash hisobida.

XULOSA

Yuqoridagi barcha keltirilgan farazlarga ko'ra teskari masalaning $(\mu_1, \dots, \mu_{k+1})$ yechimini quyidagi algoritm yordamida topish mumkin:

1. (26) dagi $\varphi_0, \dots, \varphi_k$ $k+1$ ta integrallarni hisoblang.
2. (30), (2.3.1) lardan ketma-ket $\gamma_1, \dots, \gamma_k$ sonlarni aniqlang.

$$\gamma_1 = \varphi_1 / 2\varphi_0, \quad (36)$$

(30), (33) ga muvofiq

$$\gamma_m = \frac{1}{2\varphi_0} \frac{\varphi_m + \sum_{p=1}^1 h_p^m \varphi_{m-p}}{\prod_{p=1}^{m-1} (1 - \gamma_p^2)}. \quad (37)$$

Bu yerda h_p^m koeffitsiyentlari (32) rekurrent formulalar bilan hisoblanadi.

3. Teskari masala yechimini toping: (30), (33) larga ko'ra

$$\mu_1 = \pi / \tau\varphi_0, \quad (38)$$

(31) ga muvofiq

$$\mu_{m+1} = \frac{1 - \gamma_m}{1 + \gamma_m} \mu_m \quad (39)$$

bo'ladi.

Demak, yuqoridagi faraz qilingan (26), (32) formulalarga ko'ra (2) - (2.3.5) formulalar A_μ^2 teskari masala yechimini beradi. Bu formulalarning sonli bajarilishi faqat (26) integrallarni va (2)-(5), (32) algebraik almashtirishlarni hisoblash talab etiladi.

(26) momentlarni noldan ajratilgan ω o'zgarish oralig'ida hisoblash mumkinligi muhimdir.

Algoritm $\mu_m = \mu_{m+1}$ aniq qatlamlarning mavjudlik imkonini beradi, bu esa uni qo'llash imkoniyatini kengaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Янгибоев З.Ш. Одномерные обратные динамические задачи для уравнения SH волн в пористых средах с неизвестным источником. Дис-я. 2019 г. 113 с.
2. Imomnazarov Kh.Kh., Khujaev L.Kh., Yangiboev Z.Sh. The inverse problem for a system of poroelasticity equations: the case with an unknown Darcy time-dependent coefficient. // European Journal of Research 5(7), 2020, pp. 3-17. (3. Journal SJIF:6.22).
3. Янгибоев З.Ш. Об устойчивости одной обратной динамической задачи для уравнения SH волн в пористом полупространстве. //УзМУ хабарлари» 2012 г. №4. сс. 11-16.
4. Белишев М. И., Благовещинский А.С. Динамические обратные задачи теории волн. СПб. Изд-во СПб.ун-та. 1999. 234 с.
5. Имомназаров Х. Х., Имомназаров Ш. Х., Рахмонов Т. Т., Янгибоев З. Ш. Регуляризация в обратных динамических задачах для уравнения SH волн в пористой среде // Владикавказский математический журнал, 2013, т.15. №2. с. 46-58.
6. Жабборов Н.М., Имомназаров Х.Х. Некоторые начально-краевые задачи механики двухскоростных сред. Ташкент, 2012. 212с.
7. Blokhin A.M., Dorovsky V.N. Mathematical modelling in the theory of multivelocity continuum. –New York: Nova Science, 1995, 192p.