Рівненський державний гуманітарний університет

ВОЛИНСЬКИЙ МАТЕМАТИЧНИЙ ВІСНИК

СЕРІЯ ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

Збірник наукових праць

Випуск 10 (19)

Рівне-2013

“Волинський математичний вісник. Серія прикладна математика” публікує результати досліджень з математичного моделювання і обчислювальних методів та суміжної проблематики в галузі математики, інформатики, механіки. Розрахований на наукових працівників, викладачів ВНЗ, аспірантів та студентів старших курсів.

“Волынский математический вестник. Серия прикладная математика”.
The “Volyn Mathematical Bulletin. Applied Mathematics Series”.

Редакційна колегія

Барановський С.В.
Бейко І.В.
Бомба А.Я. *(головний редактор)*
Булавацький В.М.
Бурак Я.Й.
Власюк А.П.
Войтович М.М.
Гаращенко Ф.Г.
Гарбарчук В.І.
Джунь Й.В.
Каштан С.С.
Климюк Ю.Є. *(технічний секретар)*
Кратко М.І.
Кузьменко А.П.
Кундрат М.М.
Ляшенко І.М.
Недашковський М.О.
Новіков О.М.
Петрівський Я.Б.
Пригорницький Д.О. *(секретар)*
Присяжнюк І.М.
Савула Я.Г.
Свідзинський А.В.
Скопецький В.В. *(консультант)*
Сяський А.О.
Турбал Ю.В.
Чикрій А.О.
Шваб’юк В.І.
Янчук П.С.
Новаковські А.

Видається у Рівненському державному гуманітарному університеті при сприянні Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, навчальних закладів та наукових товариств Волинського регіону. Друкується за ухвалою Вченої ради РДГУ (протокол № від листопада 2013 р.).

Адреса редакції: 33028, Україна, м. Рівне, вул. Остафова, 31,
Рівненський державний гуманітарний університет,
кафедра інформатики та прикладної математики, редакція ВМВ.
Тел.: +380362260444. E-mail: vmvspm@ukr.net.

ISBN 966-7281-02-8
© РДГУ, 2013

У цьому випуску друкуються статті, підготовлені на основі матеріалів Всеукраїнської наукової конференції «Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів» (22 – 23 лютого 2013 року, РДГУ-НУВГП).

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- **Сергієнко І.В.** – голова організаційного комітету
- **Дейнека В.С.** – голова програмного комітету
- **Кушнір Р.М.** – співголова
- **Бомба А.Я.** – заступник голови
- **Власюк А.П.** – заступник голови
- **Базилевич Р.П.**
- **Булавацький В.М.**
- **Воробель Р.А.**
- **Гаращенко Ф.Г.**
- **Куссуль Н.М.**
- **Литвин О.М.**
- **Ляшко С.І.**
- **Нагірний Т.С.**
- **Наконечний О.Г.**
- **Петрівський Я.Б.**
- **Провотар О.І.**
- **Савула Я.Г.**
- **Сяський А.О.**
- **Тадеєв П.О.**
- **Чапля Є.Я.**
- **Чернуха О.Ю.**
- **Чикрій А.О.**

Зміст

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Бомба А. Я., Сінчук А. М. *Метод комплексного аналізу дослідження процесу багатофазної фільтрації у випадку площадного заводнення за умов гідророзриву* 6

Власюк А. П., Дроздовський Т. А. *Математичне моделювання впливу масопереносу на зміну напружено-деформованого стану ґрунтового масиву при наявності еволюціонуючої каверни* 21

Давидок А. Є., Чернуха О. Ю. *Моделювання потоків маси у двофазній шаруватій смузі з ймовірною приповерхневою неоднорідністю за нульової початкової концентрації* 38

Климюк Ю. Є., Пригорницький Д. О. *Математичне моделювання просторових процесів фільтрації рідин у одного класу двошарових кусково-однорідних насичених пористих середовищах* 49

Присяжнюк І. М., Крока Л. Л. *Математичне моделювання одного класу процесів конвективного масопереносу в багатозв'язних областях з керуванням* 66

Мічута О. Р. *Математичне моделювання консолідації ґрунтів із врахуванням неізотермічних умов та впливу багатокомпонентних хімічних розчинів в одновимірному випадку* 75

Dushkin V. D. *Electromagnetic waves scattering of on a multilayer shielded periodic system of impedance tapes* 87

Golenia J., Zverkova T. S., Prykarpatsky A. K. *On some generalizations of the boole transformation and their ergodic properties* 97

ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ

Бомба А. Я., Гладка О. М., Кузьменко А. П. *Синтез числових методів комплексного аналізу і сумарних зображень розв'язання модельних крайових задач для областей з вільними межами* 105

Власюк А. П., Багнюк О. М. *Знаходження невідомих параметрів джерела забруднення в одновимірних нестаціонарних задачах масопереносу* 117

Громадченко Т. В., Мартинюк П. М. *Порівняння чисельних*

розв'язків задачі вологоперенесення методами скінченних елементів та радіальних базисних функцій 128

Лукашів Т. О., Ясинський В. К. *Стійкість за ймовірністю в цілому стохастичних динамічних систем випадкової структури з постійним запізненням* 140

Мартинюк П. М. *Структури даних та порівняння наближених розв'язків крайових задач сітковими і безсітковими методами* 152

Турбал Ю. В., Турбал М. Ю. *Про наближені та точні розв'язки характеристичної системи, що визначає існування солітонних розв'язків рівнянь руху для анізотропних пружних тіл* 167

Янчук П. С. *Поліноміальна апроксимація розв'язків крайової задачі Стокса* 172

Ящук Ю. О. *Дослідження апостеріорного оцінювача похибки скінченно-елементних апроксимацій, основаного на методі граничних елементів* 185

Косолап А. И. *Максимизация нормы вектора на выпуклом множестве* 199

Пашко А. А. *Оценка точности моделирования однородных и изотропных случайных полей на сфере в нормах пространств Орлича* 209

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

Базилевич Р. П., Кузь Б. О., Кутельмах Р. К., Базилевич Л. В. *Методологія та алгоритми розв'язування задачі комівояжера великої розмірності* 227

Власюк А. П., Остапчук О. П. *Числове моделювання локалізації радіонуклідів за допомогою дрен-вловлювачів при плоско-вертикальній напірній фільтрації* 235

Іванова О. А. *Застосування атомарного узагальненого ряду тейлора до розв'язання задачі коші для звичайних диференціальних рівнянь* 246

Никонов О. Я., Маций О. Б. *Подход к решению симметричной задачи коммивояжера* 253

Lavreniuk A. M., Lavreniuk M. S. *Selection algorithm of GPU in GPU cluster and grid for optimization computing* 258

УДК 517.955; 519.673

Присяжнюк І. М., Крока Л. Л.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОГО КЛАСУ ПРОЦЕСІВ КОНВЕКТИВНОГО МАСОПЕРЕНОСУ В БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ ОБЛАСТЯХ З КЕРУВАННЯМ

Розглядається і вирішується модельна задача конвективного масопереносу при фільтрації в пористому середовищі - тризв'язній області, обмеженій еквіпотенціальними лініями, у випадку автоматизованого керування параметром потужності фільтра з метою забезпечення необхідного розподілу розчиненої речовини по заданій ділянці зовнішнього контуру. Проведено числові розрахунки.

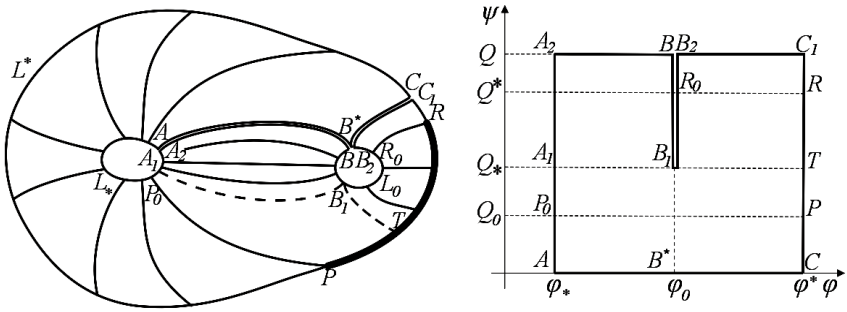
Вступ. Використання методики переходу від фізичної області до відповідної області комплексного потенціалу разом з числово-аналітичними методами дозволило знайти розв'язки задач конвективного масопереносу при фільтрації в областях складної геометрії, обмежених лініями течії та еквіпотенціальними лініями [1-3]. У випадку сталих значень граничних потенціалів на контурах, що обмежують область, для побудови динамічної сітки (у тому числі ліній розділу течії) і поля швидкості з паралельним розрахунком інших характеристик (витрат, величин перетоків і т.п.) потенціальних і квазіпотенціальних полів у роботах [4-6] розроблений метод розв'язання відповідних обернених крайових задач на конформні і квазіконформні відображення. З урахуванням цього в [7] отримані формули для наближеного розв'язку задач конвективного масопереносу на даному фільтраційному полі.

На даний час залишається малодослідженою проблема математичного моделювання такого роду процесів за умов автоматизованого керування. Вирішення цієї проблеми дозволить отримувати наперед заданий розподіл концентрації розчиненої речовини або її кількість вздовж певної ділянки зовнішнього контуру чи всередині досліджуваної області в результаті спеціального впливу на

© М.І. Присяжнюк, Л.Л. Крока, 2013

граничну вхідну умову, параметри масообміну. У даній роботі розроблено методику такого впливу на розподіл концентрації розчиненої речовини на виході з розглядуваної області за допомогою параметра фільтра, встановленого на обмежуючому внутрішньому контурі, який поповнює вихідний потік.

1. Загальна постановка задачі. Розглянемо процес конвективного масопереносу в тризв'язній області (пористому пласті) G_z, обмеженій трьома замкнутими гладкими контурами L^*, L_0, L_* комплексної площини (z) (рис. 1, *а*)). Нехай басейн L_0 можна розташувати лише у такому положенні, що до водозабору PR частково потраплятиме і неочищена вода, яка поступатиме з ділянки P_0A_1 контуру L_*, обминаючи L_0.



а) *б)*

Рис. 1. Фізична область G_z (а) та відповідна область комплексного потенціалу G_ω (б)

Керуючи параметром $\overline{\lambda}(K,t), K \in B_1R_0B_2$ (потужність фільтра, встановленого на обмежуючому внутрішньому контурі $B_1R_0B_2$, який поповнює вихідний потік, $\overline{\lambda}(K,t) \in [\lambda_0;1],\ K \in B_1R_0B_2, 0 < \lambda_0 < 1$), необхідно отримувати на виході в кожен момент часу таку кількість розчиненої речовини вздовж PTR, яка б не перевищувала допустимого значення c_{gr}. Для отримання єдиного розв'язку вимагатимемо, щоб в кожен момент часу концентрація розчиненої речовини вздовж TR була сталою.

Відповідну задачу представимо у вигляді [7]:

$$-v_x u_x - v_y u_y = \sigma u_t\,, \tag{1}$$

$$u\big|_{t=0} = u_0^0(x,y),\ u\Big|_{L_*} = u_*(M,t)\,,\ u\,|_{L_0^*} = \frac{\overline{\lambda}(K,t)}{\ell}\int\limits_{L_0^0} u(M,t)dl\,,\ M \in L_0^0, \tag{2}$$

$$\Delta\varphi = 0\,,\ \varphi\Big|_{L_*} = \varphi_*\,,\ \varphi\Big|_{L_0} = \varphi_0\,,\ \varphi\Big|_{L^*} = \varphi^*\,, \tag{3}$$

$$\int\limits_{PTR} u(M,t)dl \le c_{gr};\ u(M,t) = u(t), M \in TR,$$

де $u = u(x,y,t)$ – концентрація розчинної речовини у фільтраційній течії речовини в точці (x,y) у момент часу t, $z = x + iy \in G_z, 0 \le t < \infty$, $(v_x, v_y) = grad\varphi$ – вектор швидкості фільтраційної течії, а φ – потенціал фільтрації, $\varphi_* \le \varphi_0 \le \varphi^*$, M – біжуча точка відповідної ділянки границі даної області, σ - коефіцієнт пористості середовища ($0 \le \sigma \le 1$), u_*, u_0^0 – задані достатньо гладкі та узгоджені функції, $L_0^* = \{z = x + iy \in L_0 : \dfrac{\partial\varphi(x,y)}{\partial n} > 0\}$, $L_0^0 = \{z = x + iy \in L_0 : \dfrac{\partial\varphi(x,y)}{\partial n} \le 0\}$, $L_0 = L_0^0 \bigcup L_0^*$, $Q = \int\limits_{L_0} -v_y dx + v_x dy$, $\vec{n}$ – вектор внутрішньої нормалі до ∂G_z, ℓ – довжина ділянки L_0^* [7]. Вважаємо, що басейн, обмежений контуром L_0, миттєво розчиняє та перерозподіляє речовину, яка поступає до нього через ділянку L_0^0, а, отже, має місце її рівномірний розподіл вздовж L_0^*. Таким чином, гранична умова на контурі L_0^* залежить від розподілу концентрації розчиненої речовини в області A_1B_1BA.

2. Пошук значень параметра керування. У [6] наведено алгоритми розв’язання модельних задач на конформні відображення для тризв’язних областей, обмежених еквіпотенціальними лініями. Тому вважатимемо фільтраційну задачу (3) розв’язаною, зокрема, розраховане поле швидкостей $\vec{v} = (v_x(x,y), v_y(x,y))$, значення витрат

Q, Q_*, Q^*, координати точок $A, A_1, A_2, B, B_1, B_2, B^*, C, C_1, T$.

Перейшовши від змінних (x, y) фізичної області G_z до змінних (φ, ψ) області комплексного потенціалу G_ω, задачу (1)-(2) зведемо до відповідної задачі [7]:

$$-v^2(\varphi,\psi)c_\varphi = \sigma c_t,\ (\varphi,\psi,t) \in G_\omega \times (0,\infty) \overset{df}{=} \Omega;$$

$$v^2(\varphi,\psi) = \vec{v}\vec{v} = v_x^2 + v_y^2;\ \ c(\varphi,\psi,t) = u(x(\varphi,\psi), y(\varphi,\psi), t); \tag{4}$$

$$\lambda(\psi,t), = \overline{\lambda}(x(\varphi_0,\psi), y(\varphi_0,\psi), t),\ c|_{t=0} = c_0^0(\varphi,\psi);\ c|_{\varphi=\varphi_*} = c_*(\psi,t),$$

$$c|_{\substack{\varphi=\varphi_0,\\ \psi\in(Q_*,Q)}} = (Q-Q_*)^{-1}\lambda(\psi,t)\int_{Q_*}^{Q} c(\varphi_0,\psi,t)d\psi, (\varphi,\psi) \in G_\omega^2.$$

Розв'язок задачі конвективного масопереносу (4) знайдемо методом характеристик [7] в області $G_\omega = G_\omega^1 \cup G_\omega^2 \cup G_\omega^3$, де $G_\omega^1 = \{(\varphi,\psi) : \varphi_* < \varphi < \varphi_0, Q_* < \psi \le Q\}, G_\omega^2 = \{(\varphi,\psi) : \varphi_0 < \varphi < \varphi^*, Q_* < \psi \le Q\}$, $G_\omega^3 = \{(\varphi,\psi) : \varphi_* < \varphi < \varphi^*, 0 < \psi \le Q_*\}$ у вигляді

$$c(\varphi,\psi,t) = \begin{cases} c_1(\varphi,\psi,t), (\varphi,\psi) \in G_\omega^1 \cup G_\omega^3, \\ c_2(\varphi,\psi,t), (\varphi,\psi) \in G_\omega^2. \end{cases}$$

$$c_1(\varphi,\psi,t) = \begin{cases} c_0^0(f_1^{-1}(f_1(\varphi,\psi) - t, \psi), \psi), t < f_1(\varphi,\psi), \\ c_*(\psi, t - f_1(\varphi,\psi),), t \ge f_1(\varphi,\psi), \end{cases} \tag{5}$$

$$c_2(\varphi,\psi,t) = \begin{cases} c_0^0(f_2^{-1}(f_2(\varphi,\psi) - t, \psi), \psi), t < f_2(\varphi,\psi), \\ (Q-Q_*)^{-1}\lambda(\psi,t)\int_{Q_*}^{Q} c_0(\varphi_0,\psi,t - f_2(\varphi,\psi))d\psi,\ t \ge f_2(\varphi,\psi), \end{cases} \tag{6}$$

де $f_1(\varphi,\psi) = \int_{\varphi_*}^{\varphi} \frac{\sigma d\varphi}{v^2(\varphi,\psi)}$ - час проходження виділеної частинки вздовж відповідної лінії течії $\psi(x,y) = \tilde{\psi}$ від точки $(x(\varphi_*,\tilde{\psi}), y(\varphi_*,\tilde{\psi}))$ до точки $(x(\varphi,\tilde{\psi}), y(\varphi,\tilde{\psi}))$, $(\varphi,\psi) \in G_\omega^1 \cup G_\omega^3$, $f_1^{-1}(t,\psi)$ - функція, обернена до

$f_1(\varphi,\psi)$, $f_2(\varphi,\psi)=\int\limits_{\varphi_0}^{\varphi}\frac{\sigma d\varphi}{v^2(\varphi,\psi)}$, $(\varphi,\psi)\in G_\omega^2$, $f_2^{-1}(t,\psi)$ - функція, обернена до $f_2(\varphi,\psi)$.

Для існування функції $\lambda(\psi,t)$ вимагатимемо виконання наступних умов:

$$\int\limits_{Q_0}^{Q^*} c_1(\varphi^*,\psi,t)\,\mathrm{d}\psi < c_{gr}, \qquad \frac{Q-Q_*}{Q^*-Q_*}\frac{c_{gr}-\int\limits_{Q_0}^{Q_*} c_1(\varphi^*,\psi,t)\,\mathrm{d}\psi}{\int\limits_{Q_*}^{Q} c_1(\varphi_0,\psi,t-f_2(\varphi,\psi))\,\mathrm{d}\psi} > \lambda_0.$$

Очевидно, що для $t\in[0;\min f(\varphi^*,\psi)],\psi\in[Q_*;Q^*]$ концентрація розчиненої речовини на ділянці TR залежить виключно від початкової умови. Момент часу t_0 ($t_0\in(\min f_2(\varphi^*,\psi);\max f_2(\varphi^*,\psi)),\psi\in[Q_*;Q^*]$), в який на виході з тризв'язної області отримаємо необхідну концентрацію розчиненої речовини, знайдемо з наступної умови:

$$\frac{\lambda_0}{Q-Q_*}\int\limits_{\psi_1}^{\psi_2}\int\limits_{Q_*}^{Q} c_1(\varphi_0,\overline{\psi},t-f_2(\varphi^*,\psi))\,\mathrm{d}\overline{\psi}\,\mathrm{d}\psi \le \tilde{c}_{gr}(t),$$

$$t=f_2(\varphi^*,\psi_1)=f_2(\varphi^*,\psi_2),\ \psi_2(t)>\psi_1(t),$$

$$\tilde{c}_{gr}(t)=c_{gr}-\int\limits_{Q_0}^{Q_*} c_1(\varphi^*,\psi,t)\,\mathrm{d}\psi-\int\limits_{Q_*}^{\psi_1} c_0^0(f_2^{-1}(f_2(\varphi^*,\psi)-t,\psi),\psi)\,\mathrm{d}\psi-$$

$$-\int\limits_{\psi_2}^{Q^*} c_0^0(f_2^{-1}(f_2(\varphi^*,\psi)-t,\psi),\psi)\,\mathrm{d}\psi.$$

Зауважимо, що починаючи з моменту часу $t=\max f_2(\varphi^*,\psi)$ $\psi_1=Q_*,\ \psi_2=Q^*$. Час, для якого варто розпочати процес фільтрування на ділянці L_0^* контуру L_0^*, з метою забезпечення необхідної кількості розчиненої речовини на контурі PTR у момент часу t_0, виражається функцією $t(\psi)=t_0-f_2(\varphi^*,\psi)$.

Параметр керування λ пов'язаний зі значеннями концентрацій на контурах, що обмежують тризв'язну область, співвідношенням:

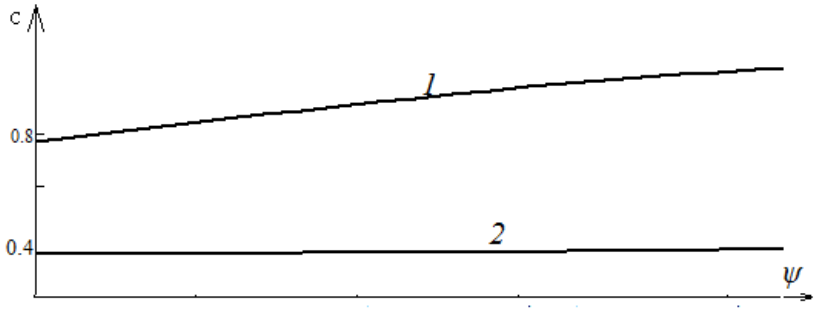
$$(Q-Q_*)\int_{Q_*}^{Q^*}\lambda(\psi,t-f_2(\varphi^*,\psi))\int_{Q_*}^{Q^*}c_2(\varphi^*,\overline{\psi},t)\,\mathrm{d}\overline{\psi}\,\mathrm{d}\psi=\tilde{c}_{gr}(t)\,. \qquad (7)$$

Рівняння (7) є інтегральним рівнянням першого роду, яке в загальному випадку або не має розв'язків взагалі, або розв'язок є не єдиним [8]. Умвою єдиності розв'язку і є умова рівномірного розподілу концентрації розчиненої речовини вздовж ділянки RT контуру L^*. Тоді розв'язок $\lambda(\psi,t)$ отримуємо у вигляді:

$$\lambda(\psi,t)=\frac{\tilde{c}_{gr}(t+f_2(\varphi^*,\psi))}{\int_{Q_*}^{Q^*}c_2(\varphi_0,\overline{\psi},t)\,\mathrm{d}\overline{\psi}}\,.$$

За умови збоїв в роботі очисних споруд на контурі L_0, час, впродовж якого варто припинити водозабір на ділянці PR контуру L^*, знайдемо з умови $t=\min\{f_2(\varphi^*,\psi)-f_2(\varphi_0,\psi)\,|\,\psi\in[Q_0,Q^*]\}$.

4. Результати числових експериментів. Наведемо результати числових розрахунків описаного вище процесу на ідеальному фільтраційному фоні, породженому двома особливими точками $z_1=-1$ та $z_2=1$. На рис. 2 зображено розподіл концентрації розчинної речовини на ділянці TR при вимкнутому фільтрі (крива 1) і у випадку врахування роботи фільтра (крива 2) для $c|_{L_0^*}=1.1^{\psi}(0,2\sin(3^{-1}\psi\pi)\sin(2\pi t)+0.793)$, $c_{gr}=0,4$, $c|_{L_*}=0.2\times\sin(3^{-1}\psi\pi)\sin(2\pi t)+0.793$. Зокрема, на рис. 2, а) показано розподіл концентрації розчиненої речовини вздовж усієї ділянки TR у фіксований момент часу $t=0.4$, на рис. 2, б) представлено залежність концентрації розчиненої речовини від часу вздовж лінії течії $\psi=0.235$. На рис. 3 проілюстровано розподіл значень параметра фільтра вздовж контуру B_1R_0 у моменти часу t=0.137 (крива 1), t=0.392 (крива 2). Зміну значень параметра фільтра з часом у фіксованих точках контуру B_1R_0 (кривій 1 відповідає ψ =0.733, 2 - ψ =0.6, 3 - ψ =0.467, 4 - ψ =0.333) представлено на рис. 4.



а)

б)

Рис. 2. Розподіл концентрації розчинної речовини

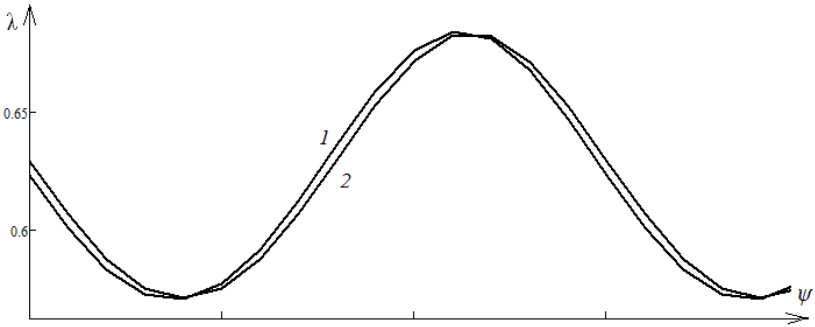


Рис. 3. Розподіл значень параметра фільтра вздовж контуру B_1R_0 *у фіксовані моменти часу*

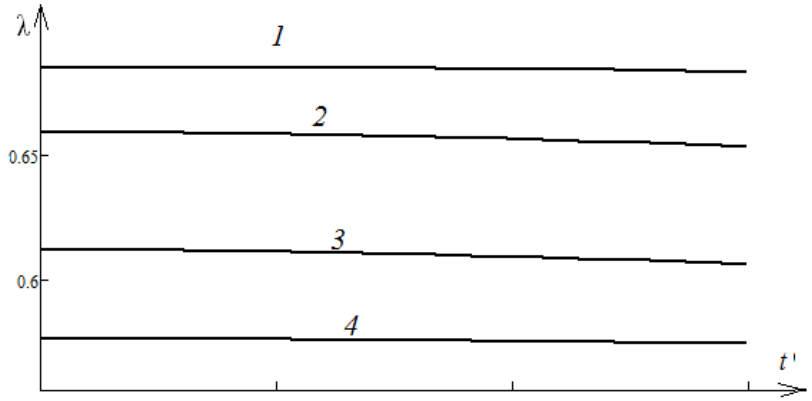


Рис. 4. Зміна значень параметра фільтра з часом у фіксованих точках контуру B_1R_0

Висновки. За умови фіксування значень граничних потенціалів на контурах, що обмежують область, з'являється можливість автоматизованого керування значенням концентрації розчиненої речовини на окремих ділянках зовнішнього контуру, що обмежує розглядувану область, зокрема за допомогою параметра фільтра, встановленого на одному з внутрішніх обмежуючих контурів, що поповнює вихідний потік. В процесі розв'язання такого роду задач виникає потреба задання додаткових умов з метою вибору єдиного розв'язку.

1. *Бомба А. Я.* Об асимптотическом методе приближенного решения одной задачи массопереноса при фильтрации в пористой среде // Укр. матем. журн. – 1982. – Т.4, №4. – С. 493-496.
2. *Васильева А.Б., Бутузов В.Ф.* Асимптотические методы в теории сингулярных возмущений. - М.: Высшая школа, 1990. – 208 с.
3. *Лаврик В.И., Бомба А.Я., Власюк А.П.* Об асимптотическом приближении решений некоторых задач массопереноса при фильтрации в неоднородной анизотропной среде. - К.:Ин-т математики АН УССР. – 1985. - 17 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т математики; 85.72).

4. *Бомба А.Я., Каштан С.С.* Нелінійні обернення крайових задач на конформні відображення у многозв'язних областях з потенціалом керування // Вісник Львівського університету. Серія: Прикладна математика та інформатика. – 2003. – Вип. 6. – С. 18–27.

5. *Бомба А.Я., Каштан С.С.* Про нелінійні обернення крайових задач на конформні відображення у многозв'язних областях // Вісник Львівського університету. Серія: Прикладна математика та інформатика.– 2000.– Вип. 2.– С.3–15.

6. *Бомба А.Я., Пригорницький Д.О.* Наближення розв'язків одного класу обернених крайових задач на конформні відображення в багатозв'язних областях з потенціалом керування // Математичні методи та фізико-механічні поля. – 2003. – 46, № 4. – С. 155-162.

7. *Бомба А.Я.* Нелінійні сингулярно збурені задачі типу "конвекція-дифузія". Монографія / А.Я. Бомба, С.В. Барановський, І.М. Присяжнюк. – Рівне: НУВГП, 2008. – 252 с.

8. *Васильева А.Б., Тихонов Н.А.* Интегральние уравнения. / А.Б. Васильева, Н.А. Тихонов. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2002. – 160с.

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

E-mail: igor_pri@mail.ru, l_kroka@ukr.net

Присяжнюк И. М., Крока Л. Л. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОГО КЛАССА ПРОЦЕССОВ КОНВЕКТИВНОГО МАССОПЕРЕНОСА В МНОГОСВЯЗНЫХ ОБЛАСТЯХ С УПРАВЛЕНИЕМ // *Рассматривается и решается модельная задача конвективного массопереноса при фильтрации в пористой среде - тризвьязний области, ограниченной эквипотенциальными линиями, в случае авто-автоматизированного управления параметром мощности фильтра с целью обеспечения необходимого распределения растворенного вещества по заданному участку внешнего контура. Проведены численные расчеты.*

Prysiazhnyuk I. M., Kroka L. L. MATHEMATICAL MODELING OF A CLASS OF PROCESSES CONVECTIVE MASS TRANSFER IN THREE-COHERENT CURVILINEAR AREA // *Is solved a problem the convective mass transfer in porous media filtration in three-coherent area, which limited the equipotential lines, in the case of auto-automated parameter control power filter to ensure adequate distribution of a solute from a given portion of the outer area. The results of numerical researches are given.*

Наукове видання

ВОЛИНСЬКИЙ МАТЕМАТИЧНИЙ ВІСНИК

серія прикладна математика

Збірник наукових праць

Випуск 10 (19)

Відповідальний за випуск
Бомба А. Я.

Підписано до друку __.__.2013 р.
Папір офсет. Формат 60/84 1/16.
Ум. друк. арк. 11,7. Тираж 100. Зам. № ___/1.

Редакційно-видавничий відділ
Рівненського державного гуманітарного університету
Україна, м. Рівне, 33028, вул. С. Бандери, 12