

Ідентифікація координат імпульсних джерел забруднень стічних вод в кусково-однорідних середовищах числовими методами квазіконформних відображень

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.088>

Андрій Бомба

Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
a.ya.bomba@nuwm.edu.ua

Михайло Бойчура

Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
m.v.boichura@nuwm.edu.ua

Сергій Шатний

Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
s.v.shatnyi@nuwm.edu.ua

Ольга Багнюк

Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
o.m.bahniuk@nuwm.edu.ua

Наталія Іванчук

Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
n.v.medvid@nuwm.edu.ua

Анотація – Підхід до ідентифікації імпульсних точкових джерел забруднень перенесено на випадок кусково-однорідного середовища за заданими координатами виявлення домішкової речовини та моментами часу її появи.

Ключові слова – математичне моделювання; кусково-конформні відображення; нелінійні задачі; числові методи; точкове джерело.

I. ВСТУП

Розглядається процес фільтрації в однозв'язній криволінійній області, обмеженій лініями течії та екіпотенціальними лініями за умови, що досліджуване середовище є кусково-однорідним (рис. 1). Припускається, що окремі наперед невідомі криві виступають у якості імпульсних джерел забруднень. При цьому вважаємо, що їх поширення відбувається лише за рахунок конвективної складової, суттєво не впливаючи на фільтраційний фон. Для ідентифікації координат джерел забруднень запропоновано використовувати метод характеристик щодо розв'язання рівняння конвекції. У такому випадку в якості апріорних даних можуть виступати квазіпотенціали на ділянках входу та виходу рідини на границі області, координати точок виявлення забруднення та час його руху по течії. Загальний алгоритм передбачає адаптацію

числового методу квазіконформних відображень для побудови гідродинамічної сітки, на основі чого – ідентифікацію координат джерел забруднень.

Проведено числові експерименти та здійснено їх аналіз (рис. 2). Зокрема підкреслено, що при достатньому розбитті сітки максимальні нев'язки між апріорно відомими даними та розрахунковими є невеликими у порівнянні з розмірами досліджуваної області. Це свідчить про ефективність розробленого алгоритму ідентифікації джерел забруднень у випадку кусково-однорідного середовища. У якості додаткових мір для зниження величини нев'язок пропонується використовувати більш точні схеми наближення окремих виразів. З іншого боку, спостерігається збільшення обчислювальної складності в порівнянні з випадком неперервного задання коефіцієнта фільтрації. Враховуючи порівняно високу точність розрахунків вбачається за доцільне подальший розвиток розробленого підходу на більш масштабні, в порівнянні із точковими джерелами забруднень, та просторовий простір випадок.

Враховуючи чутливість розв'язків до розриву значень коефіцієнта фільтрації варто також у перспективі вводити додаткові умови на контакті однорідних середовищ.

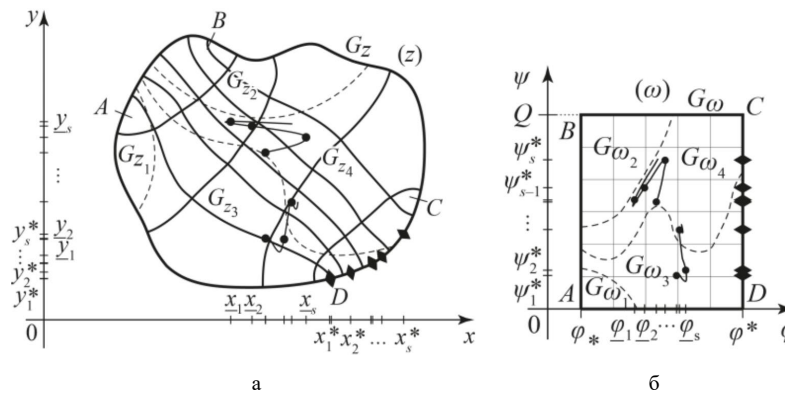


Рисунок 1. Фізична область G_z (а) та відповідна область комплексного квазіпотенціалу G_ω (б); штрихами позначено лінії розділу однорідностей; крапками та ромбами – джерела забруднень і точки їх виявлення, відповідно

II. МЕТА

Метою роботи є перенесення розробленого (на основі числових методів квазіконформних відображень та характеристик) комбінованого підходу до ідентифікації координат точкових імпульсних джерел (забруднень, теплових, вибухів тощо) за даними їх спостережень на певних проміжках часу у характерних точках на випадок кусково-однорідних середовищ [1 – 7].

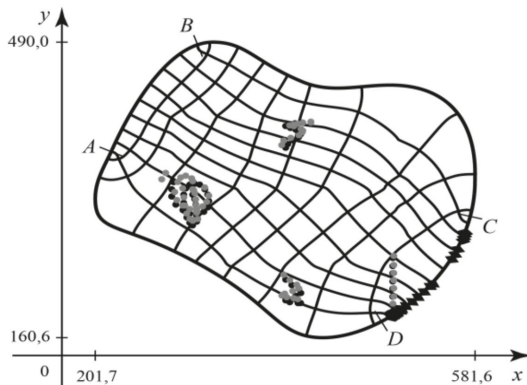


Рисунок 2. Гідродинамічна сітка з розрахунковими та еталонними координатами джерел забруднень (зображені, відповідно, сірим та чорним кольорами); ромбами позначено апріорно відомі заміри

III. ВИСНОВКИ

Розроблено алгоритм, який передбачає числове моделювання руху частинок та використання методу характеристик щодо розв’язання рівняння конвекції. У результаті проведення числових експериментів показано ефективність розробленого алгоритму. Найбільші нев’язки між апріорно відомими даними та розрахунковими виявлені в близькості тих ліній течії, які проходять через застійні зони чи зони великих градієнтів. Суттєві неточності також виникають на ділянках контакту середовищ із різними значеннями коефіцієнта фільтрації. Варто також врахувати, що інтегральне рівняння для ідентифікації джерел забруднень розв’язувалося за допомогою формули лівих прямокутників.

Зменшити похибки розрахунків можливо за рахунок використання більш точних схем наближення формул, збільшення кількості вузлів розбиття та задання додаткових умов на ділянках контакту середовищ з різними коефіцієнтами фільтрації.

У перспективі: врахування дифузійної складової [4], моделювання тонких включень виду [7], ідентифікація масштабніших, в порівнянні з точковими джерелами забруднень, перенесення алгоритму на простір та врахування множинності ділянок прикладання квазіпотенціалів [5].

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Бомба А.Я., Бойчура М.В., Шатний С.В., Багнюк О.М., Іванчук Н.В. Ідентифікація координат імпульсних джерел забруднень стічних вод в кусково-однорідних середовищах числовими методами квазіконформних відображень. Математичне та комп’ютерне моделювання. Серія: Технічні науки. Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2024. С. 10–21.
- [2] Власюк А.П., Багнюк О.М. Знаходження невідомих параметрів джерела забруднення в одновимірних нестационарних задачах масопереносу. Математичне та комп’ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. праць. Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. Вип. 11. С. 29–36.
- [3] Бомба А. Я., Бойчура М.В., Багнюк О.М., Абдулалі А.А. Ідентифікація координат імпульсних джерел числовими методами квазіконформних відображень. Математичне та комп’ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. праць. Кам’янець-Подільський: Кам’янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2022. Вип. 23. С. 20–30.
- [4] Бомба А.Я., Присяжнюк І.М., Присяжнюк О.В. Методи теорії збурень прогнозування процесів тепломасоперенесення в пористих та мікропористих середовищах: монографія. Рівне: НУВГП, 2017. 292 с.
- [5] Бомба А.Я., Каштан С.С., Пригорницький Д.О., Ярошак С.В. Методи комплексного аналізу: монографія. Рівне: НУВГП, 2013. 430 с.
- [6] Бомба А.Я., Бойчура М.В. Методи комплексного аналізу в задачах ідентифікації: монографія. Рівне: НУВГП, 2020. 188 с.
- [7] O. Michuta, N. Ivanchuk, P. Martyniuk and O. Ostapchuk, “A finite-element study of elastic filtration in soils with thin inclusions,” Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, Vol. 5 (5), pp. 41–48.