

Кузьменко А. П., к.ф.-м.н., доцент (Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука, м. Рівне), **Бомба А. Я., д.т.н., професор** (Рівненський державний гуманітарний університет), **Гладка О. М., к.т.н., ст. викладач, Кузьменко В. М., ст. викладач** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СИНТЕЗ МЕТОДІВ СУМАРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ І КВАЗІКОНФОРМНИХ ВІДОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ НЕЛІНІЙНИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Важливим завданням при моделюванні складних фільтраційних процесів, зокрема, у нафтогазових пластах, є розробка методів оцінювання основних параметрів цих процесів. Не зважаючи на велику кількість наукових досліджень останніх років у цьому напрямку, а саме, підходи, що базуються на принципі регуляризації А. Н. Тихонова [1–4], градієнтні методи ідентифікації параметрів багатокомпонентних розподілених систем, що полягають у побудові градієнтів квадратичних функціоналів-нев'язок на основі розв'язання прямих і обернених задач, викладені у роботах В. С. Дейнеки, І. В. Сергієнка та ін. [5–6], методи граничних інтегральних рівнянь [7] тощо, спеціальні класи задач ідентифікації параметрів фільтраційних процесів, що описуються еліптичними системами диференціальних рівнянь, залишилися недослідженими.

Запропонований авторами новий конструктивний підхід (див., напр. [8–9]) до моделювання процесів фільтрації для криволінійних шаруватих пластів, обмежених лініями течії і еквіпотенціальними лініями, що полягає у поєднанні методів квазіконформних відображень [10] та сумарних зображень Г. М. Положого [11] з декомпозицією задачі по прошарках сталості коефіцієнта проникності може бути успішно використаний не лише для дослідження і числового розв'язання прямих задач на побудову динамічної сітки, знаходження поля швидкості, витрат та інших характерних параметрів моделі, а і для числового знаходження розв'язків певного класу обернених задач [12].

У даній роботі на основі синтезу числових методів комплексного аналізу та сумарних зображень розроблено метод числового розв'язання нелінійних модельних задач ідентифікації значень кусково-сталого коефіцієнта проникності у підобластях сталості з урахуванням зворотного впливу на конфігурацію цих підобластей потенціалу поля і функції течії, а також характерних значень потенціалу на еквіпотенціальних лініях розділу цих підобластей і значень локальних витрат через ділянки границі, обмежені лініями течії, що розділяють ці підобласті у криволінійних

нелінійно двояко-шаруватих областях. Тут під нелінійно двояко-шаруватими маємо на увазі середовища із кусково-сталім коефіцієнтом проникності, підобласті сталості якого визначаються відповідними шуканими еквіпотенціальними лініями і лініями течії [9]. Такого типу задачі виникають, зокрема, при моделюванні зворотнього впливу процесу витіснення вуглеводнів із неоднорідних нафтогазових покладів на вихідні характеристики середовища. Так, в окремих зонах пори породи можуть закупорюватися механічними домішками, парафінами чи смолистими речовинами, проходить процес утворення і накопичення осаду завислих частинок (кольматаж), що призводить до зменшення коефіцієнта проникності і пористості середовища. Як правило, у навколосвердловинних зонах є багато тріщин, розміри яких у значній мірі залежать від режиму роботи свердловин і суттєво впливають на проникність пласта. Окрім цього, у присвердловинних зонах може відбуватися зміна фільтраційних характеристик породи за рахунок переміщення (вимивання) дрібних її частинок (суфозії), що також зумовлює зміну проникності середовища.

У презентованій тут роботі вищезгадана методика застосована для ідентифікації характерних параметрів процесу стаціонарної ізотермічної фільтрації рідини, що не стискається, (нафти) у горизонтальному неоднорідному елементі нафтового пласта-колектора за жорсткого водонапірного режиму, який містить одну діючу експлуатаційну свердловину і кілька випадковим чином розміщених не діючих свердловин, з яких отримуються необхідні дані. Вважається, що на стадії проектування і початковому етапі розробки родовища був встановлений ймовірнісний закон розподілу проникності продуктивного пласта, який в процесі експлуатації покладу у зв'язку із отриманими новими даними та через зміни фільтраційних характеристик породи потребує уточнення.

Параметри фільтраційного потоку в елементі нафтового пласта обчислюються з використанням методу Р-трансформацій (сумарних зображень) [11], який має низку переваг. При розв'язанні задач з використанням методів сумарних зображень більшість невідомих, що входять у різницеву задачу, у безпосередньому рахунку участі не беруть, що забезпечує зменшення обсягу обчислювальної роботи. Розв'язок задачі отримується у закінченому аналітичному вигляді – у вигляді, так званих, формул сумарних зображень, більшість даних у яких обчислюються явно і лише відносно незначна кількість невідомих параметрів визначаються із відповідно згенерованих систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Формули сумарних зображень забезпечують можливість вибіркового обчислень у певних фрагментах розрахункової області, що дозволяє, зокрема, уникати накопичення обчислювальних похибок. Ці методи є стійкими і добре адаптованими до комп'ютерної реалізації, а аналітична форма розв'язку

дозволяє також проводити деякі якісні дослідження без знаходження чисельних значень.

Таким чином, розроблено обчислювальну технологію, в якій методи сумарних зображень застосовані як компонента розроблених у [10] обчислювальних процедур, внаслідок чого отримані їх суттєві вдосконалення. Оскільки, при ітераційних наближеннях внутрішніх вузлів динамічної сітки в [10] використовувались лише навколишні вузли, в результаті чого, в процесі ітерацій шукані функції, хоча і ставали все більш “гармонічними”, але не комплексно-спряженими. Використання методів сумарних зображень дало можливість в комплексі (сумарно) на кожному ітераційному кроці враховувати вплив граничних і навколишніх внутрішніх вузлів, що пришвидшило досягнення спряженості шуканих гармонічних функцій. Ця технологія успішно застосовується як для розв'язання прямих фільтраційних задач, так і для знаходження розв'язків деякого класу обернених задач фільтрації.

1. Тихонов А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М. : Наука, 1986 – 288с.
2. Vogel C. R. Computational methods for inverse problems / C. R. Vogel – Philadelphia : SIAM, 2002. – 183 p.
3. Алифанов О. М. Экстремальные методы решения некорректных задач / О. М. Алифанов, Е. А. Артохин, С. В. Румянцев. – М. : Наука, 1988. – 288 с.
4. Kabanikhin S.I. Numerical analysis of inverse problems / S. I. Kabanikhin // Journal of Inverse Ill-posed Problems. – 1995.– 3, No. 4. – P. 278–304.
5. Сергиенко И.В. Идентификация параметров системы конвективно-диффузионного переноса / И. В. Сергиенко, В. С. Дейнека // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 1. – С. 42–63.
6. Дейнека В. С. Оптимальное управление эллиптическими многокомпонентными распределенными системами / В. С. Дейнека – К : Наукова думка. – 2005. – 364 с.
7. Pomp A. The boundary-domain integral method for elliptic system. With application in shells / A. Pomp // Lecture Notes in Mathematics – Vol. 1683 – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. – 163 p.
8. Бомба А. Я. Синтез числовых методов конформных отображений та сумарних зображень при моделюванні ідеальних полів для криволінійних областей / А. Я. Бомба, А. П. Кузьменко, О. М. Гладка // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Серія: фіз.-мат. науки. – Київ, 2012.– № 2. – С. 87–94.
9. Бомба А. Я. Методи комплексного аналізу і сумарних зображень моделювання нелінійних процесів витіснення для системи двох свердловин у двояко-шаруватому нафтогазовому пласті / А. Я. Бомба, О. М. Гладка, А. П. Кузьменко // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2014. – Вип. 1 (73). – С. 238–251.
10. Бомба А. Я. Методи комплексного аналізу : Монографія / С. С. Кашган, Д. О. Пригорницький, С. В. Ярошак. – Рівне : НУВГП, 2013. – 415 с.
11. Ляшко И. И. Численно-аналитическое решение краевых задач теории фильтрации / И. И. Ляшко, И. М. Великоиваненко. – К : Наукова думка. – 1973. – 264 с.
12. Hladka O. The complex analysis method of numerical identification of parameters of quasiideals processes in doubly-connected nonlinear-layered curvilinear domains/ O. Hladka, A. Bomba // Journal of Mathematics and System Science (USA). – 2014. – Vol. 4, № 7 (Ser. No. 29). – P. 514–521.