

УДК 519.7::532.5+556:517.9

Каишан С.С., к.т.н., доцент
 Національний університет водного господарства та
 природокористування

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КВАЗІДЕАЛЬНИХ ТЕЧІЙ У СКЛАДНИХ ГІДРОСИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ

Сучасний стан водних ресурсів планети вимагає розробки систем моніторингу та прогнозування гідрологічного режиму, що є критично важливим для екологічної безпеки та раціонального природокористування. Особливої ваги ці питання набувають при дослідженні течій у складних гідрологічних системах – напр., річках з притоками та водосховищах, де взаємодія поверхневих, ґрунтових і підземних вод формує специфічну кінематичну структуру потоку.

Теоретичне підґрунтя моделювання таких процесів (для нестисливої квазіідеальної рідини) базується на законі Дарсі $\vec{v} = \text{grad } \varphi(x, y)$ та рівнянні потенціальних течій $\text{div } \vec{v} = 0$, що детально висвітлено у класичній праці [1]. Проте, математичний опис рухів у водоймах зі складною геометрією часто призводить до виникнення значних обчислювальних труднощів. Одним із найбільш ефективних способів вирішення цієї проблеми є застосування методів комплексного аналізу, зокрема апарату конформних відображень, який дозволяє трансформувати складні фізичні області, обмежені лініями течії та еквіпотенціальними лініями (див. рис. 1) у канонічні області, обмежені горизонтальними та вертикальними ділянками границі – області квазікомплексного потенціалу (див. рис. 2) [2, 3].

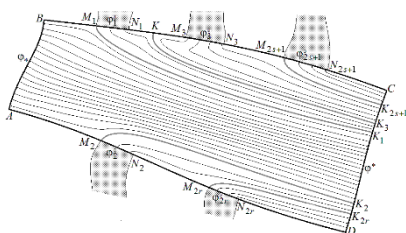


Рис. 1. Фізична область –
 водойма з притоками

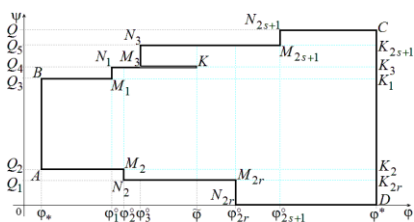


Рис. 2. Область квазі-
 комплексного потенціалу

Незважаючи на значний досвід використання прямих методів конформних відображень, актуальною залишається задача переходу до

обернених крайових задач. Такий підхід дозволяє визначати параметри течії за заданими характеристиками потенціального поля, що є базою для керування водним об'єктом. На основі комбінації і модифікації методів квазіконформного відображення та поетапної фіксації характеристик середовища і процесу розроблено підхід до розв'язання відповідних крайових задач. Зокрема, у працях [2 – 4] запропоновано методи розв'язання задач на конформне відображення криволінійних чотирикутників, які є основою для побудови гідродинамічних сіток руху у реальних водних об'єктах.

Окремим аспектом, що потребує поглибленого вивчення, є ідентифікація ліній розділу потоків як основного індикатора стану гідросистеми. Розуміння взаємодії між різними джерелами збурень у гідрологічних моделях є вирішальним для прогнозування перетоків [3, 4]. У цій роботі пропонується застосовувати числові методи комплексного аналізу до розв'язання відповідних задач, коли вплив поверхневих, ґрунтових і підземних вод на початковому етапі моделюється як ділянки (джерела) поперечних збурень базового стоку. Це дозволяє не лише розраховувати поле швидкостей, а й моделювати структуру течії; знаходити функцію течії та комплексний потенціал; розраховувати витрати, перетоки, детально аналізувати зони впливу різних гідродинамічних факторів через положення ліній розділу течії, що відкриває нові можливості для створення систем підтримки прийняття рішень у водному господарстві.

Список використаних джерел:

1. Darcy H. Les fontains publiques de la ville de Dijon. Paris: Victor Dalmont, 1856. 647 p.
2. Бомба А.Я., Каштан С.С., Пригорницький Д.О., Ярошак С.В. Методи комплексного аналізу. Рівне: НУВГП, 2013. 415 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2803>
3. Бомба А.Я., Каштан С.С. Методи комплексного аналізу прогнозування керованих рухів поверхневих та фільтраційних вод. Кібернетика та системний аналіз. 2025. Т.61, №5. С. 39-54. URL: <https://doi.org/10.34229/KCA2522-9664.25.5.4>
4. Бомба А.Я., Каштан С.С. Математичне моделювання та прогнозування керованих рухів поверхневих та підземних вод. Моделювання, керування та інформаційні технології (МСІТ-2025): матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (6-8 листопада 2025 р., м.Рівне). Рівне: НУВГП, 2025. С. 295-298. URL: <https://doi.org/10.31713/МСІТ.2025.092>