



УДК 539.3

## РЕГУЛЯРИЗАЦІЯ РОЗВ'ЯЗКУ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ ГЕОМЕХАНІКИ

**Бобилєв Д.Є., Масько Л.В., Шкутник М.В.**

Криворізький державний педагогічний університет, [bob\\_d@i.ua](mailto:bob_d@i.ua)

Однією із актуальних обчислювальних проблем моделювання є розрахунок властивостей тіл з малими і тонкими елементами структури. Останнім часом значно розширилось і коло практичних питань, пов'язаних з проведенням таких розрахунків, що обумовлено розширенням областей застосування і використання в сучасній техніці і технологіях малих і тонких елементів структури в тілах (композиційні, наноструктурні матеріали та ін.). Одним із перспективних є підхід, що базується на застосуванні теорії інтегральних рівнянь до опису напружено-деформованого стану таких структур та його чисельна реалізація методом граничних елементів (МГЕ).

Перевага МГЕ в тому, що дискретизація потрібна тільки на границі досліджуваної області. Це приводить до систем істотно більш низького порядку, ніж в інших методах. Розв'язання задач при наявності малих і тонких областей зазвичай пов'язано з появою обчислювальної нестійкості і втратою точності [1]. МГЕ не є виключенням. При його використанні можливе виникнення нестійкості, що пов'язана з близькістю границі тонких елементів структури і використанням інтегральних рівнянь для переміщень. В більшості роботах використовується метод усереднення, а також гіпотези теорії пластин. У той же час потужні методи регуляризації не використовуються в повній мірі.

Досліджувалось багатозв'язне кусково-однорідне тіло з отворами та тонкими елементами структури. На основі рівнянь класичної двовимірної теорії пружності, побудовано математичну модель, який описує напружено-деформований стан вказаного тіла в такій формі, що дозволяє розв'язати дану задачу за допомогою МГЕ та провести регуляризацію МГЕ-розв'язку (метод Тихонова, градієнтний метод); розроблено ефективний підхід до регуляризації градієнтним методом розв'язання задач для тіл з тонкими елементами структури, що дозволяє отримати стійкий чисельний метод для розв'язання двовимірної крайової задачі.

На основі розробленого ефективного алгоритму, який реалізовано в програмному комплексі на мовах Microsoft Visual Basic 6.0 та Microsoft Visual C++ 6.0 для ПК, розв'язано ряд задач геомеханіки для виробки з розвантажувальною щільною. Проведено аналіз напружено-деформованого стану гірських масивів вказаного класу в залежності від зміни геометричних, механічних параметрів та навантаження. Можливість керування гірським тиском представляє великий практичний інтерес. Одним з перспективних напрямків

у питанні охорони гірських вироблень є локальна зміна напруженого стану масиву з метою штучного керування гірським тиском і деформаційними процесами в околі гірської виробки. За останні роки накопичений значний виробничий досвід застосування різних способів розвантаження масиву гірських порід навколо виробки (розвантаження за рахунок порожнин в околі виробки, камуфлетне висадження, щілинне розвантаження і т. ін.). Усі ці способи пов'язані з утворенням у приконтурному масиві гірської виробки порожнин. Вплив цих порожнин на зміну напружень в околиці виробки в основному досліджувався тільки за допомогою моделювання електричними полями [2]. Одним зі шляхів оптимізації даного методу розвантаження є підбір конфігурації щілини [3]. Отримані нами результати можуть бути використані в науково-дослідних організаціях і конструкторських бюро для проведення розрахунків та оцінки надійності розвантажувальних щілин.

1. *Бормотин К.С., Олейников А.И.* Эффективная регуляризация метода граничного элемента при моделировании изделий с покрытиями // Информатика и системы управления. – 2004. – 2. – С. 19 – 26.
2. *Городничено В.И.* Образование полостей для снижения напряжений в приконтурном массиве горных пород // Известия вузов. Горный журнал – 1988. – 7. – С. 44 – 49.
3. *Полухин В.А., Хатилова И.С.* Зависимость длины разгрузочных полостей от глубины проведения горных выработок // Известия вузов. Горный журнал. – 1989. – 12. – С. 14 – 19.

#### **REGULARIZING ALGORITHMS BOUNDARY-ELEMENT MODELING OF STRESS-STRAINED STATE OF ZONALLY-HOMOGENEOUS SOLIDS**

*The numerical calculation of elastic bodies with incommensurably thin and small elements of structure is usually integrated to the very high order and poor conditionality of an appropriate system of algebraic equations. These circumstances can result in to loss of accuracy, computing instability and, in the issue, to an incorrectness of calculation. Different designs regularizing of algorithms finite- and boundary- element solution sequentially are analyzed and their efficiency for the considered class of the tasks is investigated.*