



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

**77-ї НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ПРОФЕСОРІВ,  
ВИКЛАДАЧІВ, НАУКОВИХ ПРАЦІВНИКІВ,  
АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

**16 травня – 22 травня 2025 р.**

# СЕКЦІЯ БУРІННЯ ТА ГЕОЛОГІЇ

УДК 622.24

*Винников Ю.Л., д.т.н., професор  
Харченко М.О., к.т.н., доцент  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Аніскін А., к.т.н., доцент  
Університет North, Вараждин, Хорватія*

## ДО МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ОСАДОВИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Винайти строгі аналітичні рішення кожної з великої кількості задач прогнозу напружено-деформованого стану (НДС) масивів з ущільненням осадових гірських порід через: притаманні їм нелінійну залежність між напруженнями і деформаціями, неоднорідність середовища (наявність зон і шарів порід з різними фізико-механічними властивостями), одночасність існування в них областей, що перебувають у дограничному й граничному за міцністю стані, границь шарів і зон порід, – практично неможливо. Тому в інженерній практиці користуються методами, основаними на введенні спрощуючих передумов, насамперед методі скінченних елементів (МСЕ).

За підходом до врахування наведених параметрів порід навколо інденторів (штампів) з ущільненою основою в задачах моделювання МСЕ їх НДС виділимо [1, 2] окремі групи методик:

– у методиках групи 1 використовують лише природні параметри порід;

– за методиками другої групи параметри природних масивів, що працюють на різні види навантажень, ураховують відповідно коефіцієнтами постелі і жорсткості;

– підходи групи 3 ураховують зміцнення ґрунту лише на контакті з індентором;

– четверта група об'єднує напрями, де використовують природні характеристики породи, а її наведені параметри навколо інденторів можуть бути задані окремим елементам чи цілим групам елементів;

– у п'ятій групі методи, за якими розміри ущільнених зон та зміна характеристик порід в них приймають за експериментальними рішеннями.

Проблема цих груп – складні методики одержання наведених параметрів порід. Можливість одержання наведених характеристик середовища після занурення в нього індентору відкрило моделювання МСЕ швидкоплинних процесів. Найбільші труднощі числових досліджень пов'язані зі:

– значною фізичною нелінійністю (головним чином, стисливістю)

осадових порід, у т. ч. через проблеми врахування характеру та швидкості їх навантаження. Це ускладнює вибір адекватної феноменологічної моделі механічної поведінки середовища, а звідси й відносно простої (бажано лабораторної) методики визначення її параметрів;

– суттєвою геометричною нелінійністю (великі незворотні деформації й локальні зміщення порід), через яку числова реалізація задач супроводжується значним спотворенням скінченоеlementної сітки, звідси виникає необхідність її нерегулярної перебудови, що створює технічні труднощі та підвищує похибки числових рішень;

– невідомістю подекуди області контакту індентору з породою.

Через ці причини рішення, що базуються на традиційній у геомеханіці мірі малих деформацій, непридатні до моделювання швидкоплинних процесів.

У даному випадку рішення реалізовано МСЕ у межах вісесиметричної просторової задачі. При цьому порода представляють однофазним ізотропним пружно-пластичним середовищем. За феноменологічною моделлю породи в задачах ущільнення масиву (перший етап моделювання) враховується як геометрична, так і фізична нелінійність її роботи, а для наступної роботи масиву під статичним навантаженням (другий етап) – лише фізична нелінійність. Після першого етапу напруження релаксуються, а наведені характеристики породи зберігаються. Особливість моделі за значної геометричної й фізичної нелінійності – опис у явній формі зміни характеристик при незворотних об’ємних деформаціях породи залежно від зміни пористості та швидкості передачі на неї тиску. Особливість моделі за малих деформацій – у тому, що загальні деформації включають лінійну й пластичну складові, причому пластична виникає з досягненням НС межі міцності відповідно до умови Мізеса–Шлейхера–Боткіна. Враховується і зміцнення породи як на першому етапі.

Параметри моделі встановлюють інтерпретацією логарифмічною функцією даних компресійних випробувань породи відповідно до швидкості передачі тиску. Співвідношення дотичного й нормального напруження визначають за прямим зрушенням породи в діапазоні нормальних напружень, аналогічному одноосьовому стисненню.

#### *Література:*

1. Винников Ю.Л. *Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі: Монографія / Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2016. – 280 с., видання друге, перероблене і доповнене.*

2. Vynnykov Yu.L. *Practical problems of anisotropic soil mechanics: Monograph / Yu.L. Vynnykov, A. Aniskin. – Varazdin: University North, Croatia, 2019. 157 p.*