

Порівняльний аналіз програмного забезпечення для моделювання деформацій ґрунту

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.010>

Владислав Жильчук

Національний університет водного господарства та природокористування, НУВГП

Рівне, Україна

v.yu.zhylchuk@nuwm.edu.ua

Наталія Жуковська

Національний університет водного господарства та природокористування, НУВГП

Рівне, Україна

n.a.zhukovska@nuwm.edu.ua

Анотація — У статті проведено детальний порівняльний аналіз сучасних програмних комплексів для чисельного моделювання напружено-деформованого стану ґрунтів, зокрема PLAXIS 2D/3D, GeoStudio (SIGMA/W), FLAC3D та MIDAS GTS NX. Розглянуто їхні ключові технічні та функціональні характеристики, включно з методами чисельного моделювання, точністю розрахунків, підтримкою 3D-моделювання, інтеграцією гідрогеологічних процесів, складністю навчання, зручністю інтерфейсу, масштабованістю моделей та економічними аспектами, такими як вартість ліцензії та ресурсні вимоги. Проведено систематизацію інформації щодо можливостей моделювання деформацій кожного програмного комплексу. Матеріали статті демонструють, як порівняння основних характеристик програмних систем дозволяє інженерам, науковцям і освітнім установам обирати оптимальні інструменти для геотехнічного моделювання та планування інфраструктурних об'єктів. Публікація підкреслює значення системного підходу до оцінки функціональних можливостей програмного забезпечення та забезпечення більш ефективного використання цифрових технологій у геотехнічних дослідженнях, проектуванні та наукових розробках.

Ключові слова — геотехнічне моделювання, чисельний аналіз, напружено-деформований стан.

I. ЗНАЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ДЕФОРМАЦІЙ ҐРУНТУ

Здатність передбачати поведінку ґрунтів під дією навантажень є одним із найважливіших завдань сучасної цивілізації. Умови, в яких працює інженерна інфраструктура, стають дедалі складнішими: підвищується щільність міської забудови, зростає кількість висотних споруд, збільшується інтенсивність транспортних потоків. У таких умовах навіть незначна похибка в оцінці деформацій може спричинити ланцюгові наслідки [6], які в свою чергу призводять до просідання фундаментів або руйнування несучих елементів споруд.

У XXI столітті геотехнічне моделювання стало не лише інженерною потребою, а й частиною глобальної стратегії сталого розвитку. Програмні засоби прогнозування деформацій ґрунту допомагають не лише зменшити ризики під час будівництва, а й оптимізувати використання ресурсів і скоротити витрати матеріалів та енергії.

II. ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У цьому розділі розглядаються чотири популярні програми: PLAXIS 2D/3D, GeoStudio SIGMA/W, FLAC3D та MIDAS GTS NX. Ми виділили основні аспекти, які допомагають зрозуміти, де кожна програма сильна і чим відрізняється від інших.

Перший аспект стосується способу розрахунків і можливостей роботи з ґрунтом. Програми використовують різні методи, що впливає на точність результатів. Важливо також, наскільки програма здатна враховувати складну поведінку ґрунту, наприклад, як він деформується під навантаженням або поступово осідає.

Другий аспект пов'язаний з підтримкою тривимірного моделювання та врахуванням води в ґрунті. Деякі системи дозволяють працювати повністю в 3D, а інші обмежені двовимірним простором. Крім того, можливість моделювати рух підземних вод і поровий тиск дуже важлива для безпечного проектування споруд.

Третій аспект оцінює здатність працювати з великими проектами та динамічними процесами. Це означає, чи можна моделювати великі котловани, тунелі або швидкі зміни, наприклад сейсмічні події. Тут важливі швидкість роботи програми і її здатність справлятися з великими обсягами даних.

Четвертий аспект стосується зручності користування і можливості інтеграції з іншими системами. Це включає легкість навчання,

інтуїтивність інтерфейсу та сумісність з CAD і BIM. Ці фактори визначають комфорт роботи інженера і ефективність використання програми на практиці. Надалі будуть представлені таблиці, які показують оцінку кожної програми за цими критеріями і демонструють їхні відмінності та особливості для різних задач.

Дані в таблиці представлено за наступною шкалою: 5 – найвищий бал, найкращий показник, коли як 0 – найнижча оцінка, найгірший результат.

ТАБЛИЦЯ І. ПОРІВНЯЛЬНА ТАБЛИЦЯ
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Програма	3D	Вода	Динаміка	Великі проекти	Зручність	Вартість
PLAXIS 2D/3D	5	4	4	4	4	4
GeoStudio SIGMA/W	0	0	0	0	0	5
FLAC3D	5	3	0	5	5	2
MIDAS GTS NX	5	4	4	4	4	4

III. ПОРІВНЯННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Наведений нижче аналіз є результатом власного порівняльного огляду, заснованого на відкритих джерелах, технічній документації та загальних характеристиках програмних продуктів. Варто зазначити, що це дослідження не претендує на повну технічну чи експериментальну достовірність, а радше відображає узагальнене бачення функціональних відмінностей між програмами на основі доступних даних і практичного досвіду використання.

PLAXIS 2D/3D забезпечує високу точність розрахунків та підтримує широкий набір ґрунтових моделей. Програма [1] дозволяє моделювати нелінійну поведінку ґрунту та враховувати процеси осідання і консолідації. Підтримується тривимірне моделювання та моделювання впливу води на ґрунт. Інтерфейс програми інтуїтивно зрозумілий, можливе підключення до інших систем, що зменшує час на освоєння і підвищує ефективність роботи.

GeoStudio SIGMA/W відзначається простотою навчання та швидкістю виконання базових розрахунків. Програма [2] інтегрується з іншими модулями пакету (SEEP/W, SLOPE/W). Можливості тривимірного моделювання та врахування води обмежені, а підтримка великих об'єктів і динамічних процесів менш розвинена. Програма застосовується переважно для навчання та невеликих інженерних проєктів.

FLAC3D [3] призначена для моделювання великих деформацій та динамічних процесів, включно з сейсмічними навантаженнями та вибухами. Програма дозволяє працювати з глибокими котлованами та тунелями. Підтримка тривимірного моделювання середня, моделювання води обмежене. Інтерфейс вимагає додаткового часу на навчання та навичок роботи зі сценаріями.

MIDAS GTS NX поєднує можливості тривимірного моделювання та врахування води з роботою над великими інженерними об'єктами і динамічними процесами. Програма [4] має CAD-подібний інтерфейс, підтримує інтеграцію з BIM-системами. Застосовується для проєктів інфраструктури, де важливі точність розрахунків та ефективність робочого процесу.

IV. ВИСНОВКИ

PLAXIS 2D/3D найкраще використовувати для професійних інженерів, які працюють над складними 3D-проєктами з водою та великими спорудами. Програма демонструє високу універсальність і точність розрахунків, але висока вартість може бути обмежуючим фактором для невеликих компаній або навчальних закладів.

GeoStudio SIGMA/W оптимальна для навчальних цілей та невеликих проєктів, де не потрібна робота з динамічними процесами, великими об'єктами чи складним 3D-моделюванням. Програма доступна за ціною і проста у використанні, що робить її зручною для студентів та інженерів-початківців.

FLAC3D краще підходить для великих і динамічних геотехнічних проєктів, таких як тунелі, котловани або об'єкти, що піддаються сейсмічним або вибуховим навантаженням. Інтерфейс складний, а підтримка води обмежена, тому користувач повинен мати досвід роботи з командними сценаріями.

MIDAS GTS NX програма універсальна для інфраструктурних і будівельних проєктів, де потрібне повноцінне 3D-моделювання та підтримка води. Вона поєднує зручність використання з можливістю інтеграції в BIM-середовище, роблячи її оптимальною для компаній, що працюють з великими і комплексними проєктами.

REFERENCES

- [1] Bentley Systems, *PLAXIS 2D/3D Software – Geotechnical Finite Element Analysis*, 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.bentley.com/software/plaxis-2d/>
- [2] Seequent, *GeoStudio SIGMA/W – Stress and Deformation Modeling*, 2025. <https://www.seequent.com/products-solutions/geostudio-2d/>
- [3] Itasca Consulting Group, *FLAC3D – Three-Dimensional Numerical Modeling Software for Geotechnical Analysis*, 2025. <https://www.itascacg.com/software/flac3d>
- [4] MIDAS IT, *MIDAS GTS NX – Geotechnical and Tunnel Analysis System*, 2025. <https://www.midasuser.com/en/product/gts-nx>
- [5] N. Zhukovska, V. Moshynskiy, V. Zhukovskyy, A. Sverstiuk, O. Pinchuk, «Development of Model Predictive Control Algorithm for Managing Deformation of Multilayered Soil Massif under Mass and Heat Transfer», *Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI'2023)*, 14–16 червня 2023 р., Тернопіль, Україна.
- [6] M. Kuzlo, V. Moshynskiy, N. Zhukovska та V. Zhukovskyy, «Deformations of soil masses under the action of human-induced factors», *Informatyka, Automatyka, Pomiarowy Gospodarce i Ochronie Środowiska*, vol. 14, no. 1, pp. 111–114, 2024. <https://ph.pollub.pl/index.php/iapgos/article/view/5824>