

## Аннотація

Петруня О.М., Київський національний університет будівництва і архітектури.

**Автосервис современности и будущего.**

В современных градостроительных условиях появляются новые тенденции развития автомобильного рынка страны. Меняются архитектурно-композиционные подходы к проектированию автосервисов и автоцентров как в Украине так и за рубежом. Разрабатываются качественные идеи с целью улучшения системы технического обслуживания легковых автомобилей индивидуального пользования в будущем.

Ключевые слова: автосервис; автомобильный парк; развитие автосервиса; критерии эффективности; инфраструктура.

## Annotation

Olga Petrunia, Kyiv National University of Construction and Architecture.

**Car service of the present and the future.**

In modern urban development, new trends in the development of the country's automobile market are emerging. The architectural and compositional approaches to designing car-care centers and auto centers both in Ukraine and abroad are changing. Qualitative ideas are being developed to improve the system of maintenance of cars for individual use in the future.

Keywords: car service; car park; development of car-care center; efficiency criteria; infrastructure.

УДК 69.05:699.8

*к.т.н., доцент Чернишев Д.О.,*

*taqm@ukr.net, orcid.org/ 0000-0002-1946-9242,*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕГРУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ  
МОДЕЛЕЙ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЕКОЛОГО-  
ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ БУДІВНИЦТВА**

Анотація: статтю присвячено інтеграції математичних моделей екологічних процесів у геоінформаційні системи моніторингу та еколого-інженерного захисту територій морського та річкового узбережжя при їх забудові. Описано комплекс методів, прийомів, алгоритмів та програмного забезпечення, яке було апробовано та впроваджено на практиці для розв'язання важливих прикладних

задач обґрунтування змісту та регламенту організаційно-технологічних заходів забезпечення біосферосумісного будівництва з врахуванням особливостей механічних, гідродинамічних та сейсмічних властивостей ґрунтів та моделювання екологічних процесів у водних екосистемах в Україні. Отримані результати дозволять підвищити ефективність використання математичних моделей екологічних процесів, розширити аналітичні можливості геоінформаційних систем моніторингу та покращити візуалізацію результатів математичних досліджень при моделюванні напружено-деформованого стану системи “основа – захисна споруда” в широкому діапазоні навантажень, як на етапі будівництва так і на етапі експлуатації.

Ключові слова: біосферосумісне будівництво, зсувонебезпечність територій, організаційно-технологічна надійність

### **Постановка проблеми досліджень**

Захист берегів від розмиву і, пов'язаного з ним, зсувного руйнування берегових територій – найгостріша соціально-економічна та екологічна проблема, що стримує освоєння рекреаційних та інших ресурсів прибережної смуги України.

Основними причинами недосконалості діяльності в галузі захисту морського узбережжя є: недостатня вивченість природних берегоформуючих процесів та недосконалість засобів спостереження за ними; здійснення робіт щодо захисту морського узбережжя без достатнього наукового обґрунтування; недостатнє врахування закономірностей природних процесів у прибережній смузі моря при формуванні складу проектних рішень; некомплексність ведення робіт та незавершеність формування берегозахисних та берегорегулюючих споруд у локальні комплекси, що повністю охоплюють берегові природні системи, в яких існує високий рівень взаємозв'язків природних процесів, що не забезпечувало їх проектну ефективність.

У розв'язанні цих питань велике значення мають сучасні теоретичні розробки з регулювання берегових процесів, моделювання напружено-деформованого стану (НДС) морського узбережжя, застосуванню енергоефективного інженерного захисту та ін. Реалізація методики передбачає проведення розрахунків на базі методу скінченних елементів засобами автоматизованої системи наукових досліджень «VESNA».

*Мета статті* полягає у створенні нових теоретичних основ для розробки енергоефективних інженерних заходів для захисту прибережних районів від руйнівних геодинамічних процесів шляхом створення та реалізації апарату чисельного моделювання для визначення напружено-деформованого стану ґрунтового масиву при статичних і динамічних навантажень.

**Виклад основного матеріалу.** Основними проблемами екологічного стану української акваторії є руйнування берегів, зумовлених активною дією хвиль і, як наслідок, інтенсифікація негативних геологічних процесів, деградація земель прибережної смуги внаслідок несанкціонованого будівництва. Тому однією з пріоритетних задач державного значення захисту території України є забезпечення стабільності території та надійності інженерного захисту.

Морське узбережжя Чорного і Азовського морів займає значну частину південного кордону України. Воно охоплює п'ять адміністративних одиниць - Донецьку, Запорізьку, Херсонську, Миколаївську та Одеську області, а також Автономну Республіку Крим. Загальна довжина берегової лінії перевищує 3000 км. Окрім цього значну частину території займають береги штучних морів Київського, Канівського, Кременчуцького, Дніпродзержинського, Каховського водосховищ.

Аналіз вітчизняних та закордонних літературних джерел показує, що на сучасному етапі розвитку науки і техніки недостатньо мати лише кількісну оцінку процесу деформування НДС ґрунтового масиву, а треба ще мати якісний прогноз розвитку небезпечних геодинамічних процесів. Крім цього, особливу увагу приділяється застосуванню екологічних систем інженерного захисту прибережних територій шляхом використання конструкцій та превентивних заходів із забезпечення стабільності узбережжя [2-6].

Одним з основних природних факторів, що формують берегову зону, є дія хвиль. Результатом такого впливу є абразія берегів (механічне руйнування берегів в результаті дії хвиль і прибою), що призводить до поширення небезпечних геологічних процесів уздовж усього узбережжя. Слід додати значний вплив наносів і виносів сезонними течіями, що призводить до тотального зменшення пляжів і, таким чином, підсилюють дію хвиль на стабільність прибережних територій. Таким чином, понад 100 га землі втрачається для різного використання щороку. Це призводить до зменшення території для містобудування і розвитку туризму, має згубний вплив на берегову екосистему [7-8].

Для вирішення даної задачі необхідно мати методика для розв'язку задач взаємодії ґрунтового масиву з конструкціями захисту від небезпечних геологічних процесів.

Використання сучасних розрахункових комплексів дозволяє користуватися новими можливостями проектування інженерних конструкцій для захисту узбереж, яка дозволяє моделювати напружено-деформований стан системи "основа – захисна споруда" в широкому діапазоні навантажень, як на етапі будівництва так і на етапі експлуатації. Таким чином, проектувальник на різних

стадіях прогнозує вид небезпечного стану (значення осідання, зсув) або характер “відмови” одного з елементів системи “основа – захисна споруда”. Потім за допомогою інженерних заходів, наприклад, поліпшенням будівельних властивостей ґрунтів або зміною геометричних розмірів інженерних конструкцій, підвищити надійність варіанту [9-10]. Часто з'являється можливість економії матеріалів або підвищити ефективність інженерних заходів.

Методика чисельного моделювання НДС схилу з урахуванням нелінійного деформування, що пропонується, побудована на застосуванні моментної схеми методу скінчених елементів [6].

Повні деформації ґрунтового середовища представляються у вигляді суми пружних  $\partial \varepsilon_{\alpha\beta}^e$  та пластичних  $\partial \varepsilon_{\alpha\beta}^p$  деформацій.

$$\partial \varepsilon_{\alpha\beta} = \partial \varepsilon_{\alpha\beta}^e + \partial \varepsilon_{\alpha\beta}^p \quad (1)$$

Для визначення  $\partial \varepsilon_{\alpha\beta}^p$  використовується теорія пластичної течії у формі неасоційованого закону:

$$\partial \varepsilon^p = d\lambda \frac{\partial F_p}{\partial \hat{\sigma}} \varepsilon_{\alpha\beta}^e + \partial \varepsilon_{\alpha\beta}^e \quad \text{уточнити запис формули} \quad (2)$$

де  $d\lambda$  - малий скалярний множник;  $F_p$  - пластичний потенціал. За критерій граничного стану приймається модифікований критерій Кулона-Мора:

$$\tau_{\max} - \sigma \operatorname{tg} \varphi_1 - c_1 \leq 0 \quad \text{при} \quad \sigma \leq p_0 \quad (3)$$

де  $\tau_{\max}$  - максимальні дотичні напруження;  $\sigma$  - нормальні напруження на площадці, де діє  $\tau_{\max}$ ;  $\varphi_1$  - розрахункове значення кута внутрішнього тертя для першої групи граничних станів;  $c_1$  - розрахункове значення ґрунту для першої групи граничних станів;  $p_0$  - мінімальний тиск, при якому ґрунту втрачає свою макроструктуру (структурна міцність ґрунту).

За умову пластичної течії  $f$  прийнятий модифікований критерій Мізеса-Губера.

Граничний стан настає по досягненню умови  $f=0$ , де  $f$  приймає вигляд:

$$\begin{cases} f = T + \sigma_m \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0, & \text{при} \quad \sigma_m \geq P_0 \\ f = T + P_0 \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0, & \text{при} \quad \sigma_m < P_0 \end{cases} \quad (4)$$

Інваріанти  $\sigma_m$  та  $T$  тензора напружень  $\hat{\sigma}$  обчислюються за формулами:

$$\sigma_m = \frac{1}{3} \sigma_{ij} g^{ij}; \quad T = \sqrt{\frac{1}{2} s^{ij} s_{ij}}; \quad s^{ij} = \sigma_{ij} - \frac{1}{3} \sigma_m g^{ij} \quad (5)$$

В якості пластичного потенціалу використовується функція  $F$

$$F = T^2 - \Lambda \operatorname{tg} \psi (\sigma_m + H)^2, \quad (6)$$

де  $g^{ij}$  - метричний тензор,  $\operatorname{tg} \psi$  і  $\tau_s$  - параметри, які визначаються через механічні властивості ґрунтів;  $\psi$  - кут на октаедричній площадці,  $T$  - інтенсивність дотичних напружень,  $\sigma_m$  - гідростатичний тиск,  $P_0$  - рівень гідростатичного тиску, що визначає перехід від конічної поверхні до циліндричної ( $P_0 = -2 \text{ МПа}$ ),  $\Lambda$  - коефіцієнт дилатансії, значення якого визначається різними функціями.

Граничний опір всебічному обтисненню  $H$

$$H = \frac{\tau_s}{\operatorname{tg} \psi} \quad (7)$$

$\tau_s$  - константа аналогічна щепленню в ґрунтовому середовищі.

Для побудови розрахункових співвідношень користуємося відомою залежністю:

$$d\varepsilon^p = \Lambda(\chi) d\gamma^p, \quad (8)$$

де  $d\varepsilon^p$  - приріст об'ємної пластичної деформації,  $\Lambda$  - коефіцієнт дилатансії,  $d\gamma^p$  - приріст інтенсивності пластичних деформацій зсуву,  $\chi$  - параметр зміцнення, значення якого залежить від співвідношення поточної щільності  $\rho_i$  і критичної щільності  $\rho_{cr}$  та характеризує розрихлення (дилатансія) або ущільнення (контрактансія).

У роботі [ ] запропоновано в якості параметра зміцнення використовувати значення залишкової щільності  $\rho^*$ .

Замикати співвідношення дилатансійної теорії запропоновано у вигляді:

$$\varphi_i = \varphi_{cr} + \arcsin \Lambda, \quad (9)$$

$$\Lambda = \sqrt{1 - \left(\frac{\rho_{cr}}{\rho_i}\right)^2} \quad \text{при } \rho_i \geq \rho_{cr} \quad (10)$$

$$\Lambda = -\sqrt{1 - \left(\frac{\rho_i}{\rho_{cr}}\right)^2} \quad \text{при } \rho_i < \rho_{cr} \quad (11)$$

де  $\varphi_{cr}$  - кут внутрішнього тертя при досягненні критичної щільності  $\rho_{cr}$ ,  $\varphi_i$  - поточне значення кута внутрішнього тертя ґрунту.

При чисельному розв'язанні нелінійних задач використовується ітераційний алгоритм методу продовження за параметром. Його особливістю є методика корекції тензора напружень, одержаного з умов лінійної роботи ґрунту на поточному кроці інтегрування. У попередніх працях було показано,

що ця методика зводиться до знаходження коефіцієнта корекції для девіатора дійсного тензора напружень.

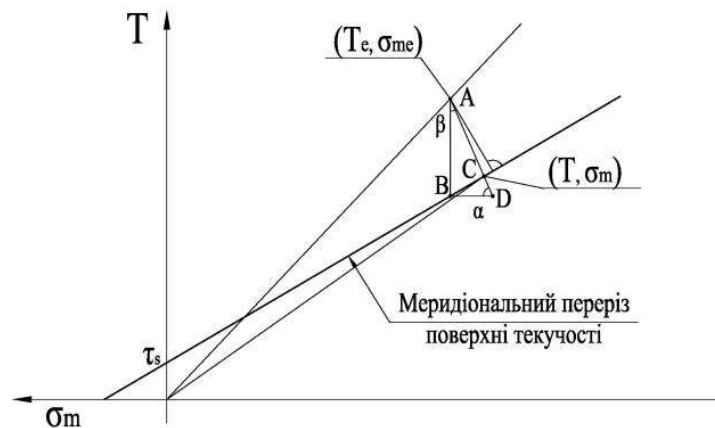


Рис. 1. Особливості реалізації підходу до розв'язання нелінійних задач

Таким чином:

$$tg\alpha = \frac{AB}{BD} = \frac{G}{KL} \quad (12)$$

Цим забезпечується симетрія лінеаризованої матриці жорсткості ансамблю скінчених елементів, що приводить до істотного зменшення потрібних ресурсів пам'яті та часу ЕОМ у порівнянні з випадком використання змінної матриці жорсткості.

При побудові СЕМ ступінь дискретизації приймався шляхом зіставлення результатів за послідовного згущення сітки та зменшені кроку навантаження.

Параметрами реалізованої нами математичної моделі ґрунтового середовища є щільність  $\rho$ , коефіцієнт Пуассона  $\nu$ , зчеплення  $c_1$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi_1$ , модуль деформації ґрунту  $E$ , причому для визначення останнього, як правило, використовується гілка розвантаження або його ідентифікація. Вказані параметри мають чітке фізичне значення й визначаються у стандартних приладах за відомими методиками.

Приклад ідентифікації параметрів піщаної основи на березі р. Дніпро проведено за спеціальною методикою. Раніше проблеми випробування ґрунтів в польових умовах полягали в відсутності устаткування та приладів, які визначали однозначно навантаження та переміщення в заданий час. Така методика дозволяє наприклад виявити характер взаємодії конструкцій з ґрунтовим середовищем.

В подальшому, при визначенні напруженого-деформованого стану та зсувної стійкості узбережжя (тобто знаходження рівноважного стану схилу в нелінійній постановці з врахуванням переходу ґрунтів через граничний стан) за навантаження приймалась власна вага ґрунтової основи, яка перераховувалася в

вузлові сили автоматично по значенням щільності ґрунтів. Для описання напружено-деформованого стану системи “ґрунтовий масив - утримуючі конструкції” рекомендується використовувати параметри ґрунтів, які слід ідентифікувати за експериментальними даними випробування в польових умовах (палями або штампами).

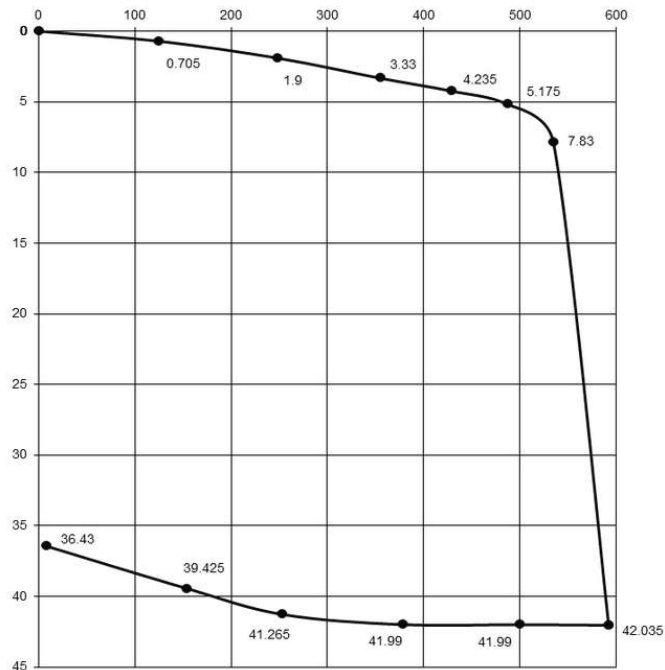


Рис. 2. Використання випробування паль для ідентифікації параметрів ґрунту

### Висновки

Оцінка напружено-деформованого стану системи “ґрунтовий масив – утримуючі конструкції” дозволяє обґрунтувати раціональні утримуючих конструкції для захисту територій узбережжя природних та штучних морів та річок. Чисельне моделювання в геотехніці дозволяє виявити потенційні поверхні ковзання на схилах територій узбережжя морів і річок та виявити найбільш небезпечні комбінації чинників, що викликають зсуви, а також основні прийнятні ефективні інженерні захисні заходи.

### Література

1. ДБН В.І.І-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення / Держбуд України – К., 1998. – 40 с. – Режим доступу до ресурсу: <http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-293>.
2. Тугай О.А. Передумови вдосконалення організаційно-технологічних рішень ревіталізації технологічних процесів будівельного виробництва [Текст] / О.А. Тугай, А.О. Осипова // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 29. – С. 200 – 204. – Режим доступу до ресурсу: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-29/28.pdf>
3. Крамер Д.А. Европейский опыт ревитализации малых рек / Д. А. Крамер, М. Неруда,

И.О. Тихонова. // Научный диалог. – 2012. – №2. – С. 112–128. – Режим доступа до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/evropeyskiy-opyt-revitalizatsii-malyh-tek>

4. Быстрова Т.Ю. Реабилитация промышленных территорий городов: теоретические предпосылки, проектные направления (Ч. 1) / Т.Ю. Быстрова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – №3. – С. 21–24. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.twirpx.com/file/1795259/>

5. Савйовський В.В. Ревіталізація – екологічна реконструкція міської забудови / В.В. Савйовський, А.П. Броневицький, О.Г. Каржинерова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – № 8. – С. 47-52. – Режим доступа до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia\\_2014\\_8\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2014_8_10).

6. Бойко І.П., Арешкович О.О. Аналіз причин зсувних процесів та розробка інженерних захисних заходів з їх стабілізації // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Київ: НДІБК, 2004. – Вип. 61, том 2. – С. 279-282. – Режим доступа до ресурсу: [http://librar.org.ua/sections\\_load.php?s=building&id=668&start=7](http://librar.org.ua/sections_load.php?s=building&id=668&start=7)

7. Дубняк С.С., Коробка А.А. Динаміка вод як абіотичний фактор функціонування прибережних зон дніпровських водоймищ та засіб управління їх станом // Тези доповідей Другого з'їзду гідроекологічного товариства України. – Київ, 2017. – Том 2. – С.202-203. – Режим доступа до ресурсу: <http://geobot.org.ua/news/category/konferentsiji/>

8. Дубняк С.С. Методологія дослідження структурно-функціональних особливостей рівнинних водосховищ // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т.10.– С.20-35. – Режим доступа до ресурсу: [http://irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe)

9. Arzet K. The Isar Experience - Urban River Restoration in Munich / K. Arzet, S. Joven // Wasserwirtschaftsamt Munchen.- Access Mode: [http://www.wwa-m.bayern.de/projekte\\_und\\_programme/isarplan/doc/the\\_isar\\_experience.pdf](http://www.wwa-m.bayern.de/projekte_und_programme/isarplan/doc/the_isar_experience.pdf).

10. Enwama: environmental water management 2008-2010 / M. Neruda [et al.]. - Usti nad Labem: Univerzita J. E. Purkyne, 2010 - 79 s. - Access mode: <http://aleph.nkp.cz/publ/skc/006/84/30/006843077>.

11. Reuron - Revitalization of the Urban River Spaces: Examples of good practice. - Brno, 2009. - 104 p. - Access mode: <https://www.keep.eu/keep/project-ext/15848/Revitalization%20of%20Urban%20River%20Spaces>.

12. Revitalization of Urban River Spaces // Urban Rivers - Vital Spaces. - Access mode: <http://www.reuris.gig.eu>.

13. River Skerne, County Durham // The River Restoration Center. - Access mode: [http://www.irazoo.com/ViewSite.aspx?q=river+skerne&Page=&irp=&Site=http://www.therrc.co.uk/rrc\\_river\\_projects1.php?csid=38](http://www.irazoo.com/ViewSite.aspx?q=river+skerne&Page=&irp=&Site=http://www.therrc.co.uk/rrc_river_projects1.php?csid=38).

К.т.н., доцент Чернышев Д.О., Киевский национальный университет строительства и архитектуры.



**Информационная технология интегрирования математических моделей в геоинформационные системы эколого-инженерной защиты территорий строительства.**

Статья посвящена интеграции математических моделей экологических процессов в геоинформационные системы мониторинга и эколого-инженерной защиты территорий морского и речного побережья при их застройке. Описан комплекс методов, приемов, алгоритмов и программного обеспечения, которое было апробировано и внедрено на практике для решения важных прикладных задач обоснования, содержания и регламента организационно-технологических мероприятий обеспечения биосферосовместимого строительства с учетом особенностей механических, гидродинамических и сейсмических свойств грунтов и моделирования экологических процессов в водных экосистемах Украины. Полученные результаты позволят повысить эффективность использования математических моделей экологических процессов, расширить аналитические возможности геоинформационных систем мониторинга и улучшить визуализацию результатов математических исследований при моделировании напряженно-деформированного состояния системы "основание - защитное сооружение" в широком диапазоне нагрузок, как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: биосферосовместимое строительство, опасность смещения грунта, организационно-технологическая надежность

Ph.D., Associate Professor Chernyshev D.O., Kyiv National University of construction and architecture.

**Information technology integration mathematical models in geographic information system of environmental protection engineering construction site.**

The article is devoted to the integration of mathematical models of ecological processes into geoinformation monitoring systems and environmental and engineering protection of the marine and river coast territories during their construction. It describes a set of methods, techniques, algorithms and software that has been tested and introduced in practice for solving important applied studies objectives, content and regulation of organizational and technological measures to ensure biosphere-compatible construction allowing for the mechanical, hydrodynamic and seismic properties of soils and modeling of environmental processes water ecosystems of Ukraine. The results obtained will allow more efficient use of mathematical models of ecological processes, to expand the analytical capabilities of geographic information systems to monitor and improve the visualization of the results of mathematical research in modeling the stress-strain state of the system "foundation - a protective structure" in a wide range of loads, both during the construction phase, and the phase operation.

Key words: biosphere-compatible construction, soil displacement, organizational and technological reliability