

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

УДК 642:624.044:624.15

DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-6-11

А. С. Моргун
В. О. ЗадорожнюкЧИСЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА МГЕ НЕСУЧОЇ
СПРОМОЖНОСТІ БУРОНАБИВНИХ ФУНДАМЕНТІВ
СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Вінницький національний технічний університет

В зв'язку із збільшенням технічних можливостей впливу людини на оточуюче середовище в останні роки отримала особливий інтерес для прикладної науки теорія процесів деформування і руйнування дисперсного ґрунтового середовища, формулювання вихідних фізичних уявлень і запису їх в формі математичних досліджень.

Сучасне будівництво потребує розв'язку ряду проблем в області фундаментобудування. Одна із них – створення надійних, науково-обґрунтованих методів розрахунку осідань фундаментних конструкцій, які передають навантаження від споруди на ґрунти основи.

В роботі розглянута фундаментальна статична задача пластичності по визначенню НДС буро набивної палі по завданому процесу зовнішнього навантаження. З метою підвищення точності та достовірності розрахунків напружено-деформованого стану буро набивної палі використано теорію пружності, теорію пластичності, числовий метод граничних елементів, та дилатансійну теорію ґрунтового середовища, оскільки дилатансійні ефекти проявляються між межами міцності і пружності ґрунту як при зміцненні так і при розміцненні його аж до досягнення рівня залишкової міцності.

Повні деформації дисперсного ґрунтового середовища складались із двох складових – зворотної (пружної) і незворотної. Для визначення приростів пластичних деформацій використано неасоційований закон пластичної течії.

В роботі на основі узагальнення накопичених даних розглядаються можливі шляхи подальшого розвитку проблеми в цілому з точки зору фізики і природи явищ ґрунтових основ.

Ключові слова: напружено-деформований стан, метод граничних елементів, пластична течія ґрунту.

Вступ

В якості фундаментів несучих конструкцій для кріплення фотогальванічних модулів сонячної електростанції в Муровано-Куриловецькому районі Вінницької області (рис. 1) взято буронабивні палі $L=1$ м, $\varnothing 300$ мм та постало питання прогнозування їх несучої спроможності.



Рисунок 1 – Несучі конструкції для кріплення фотогальванічних модулів

Буронабивні палі дозволяють зменшити об'єми земляних та бетонних робіт, скоротити терміни та кошторисну вартість улаштування фундаментів, проводити роботу в будь-яку пору року. Саме тому особливістю сучасного фундаментобудування є зміщення центру ваги на буронабивні палі.

Ці переваги стали реальними в результаті впровадження наукових досліджень та удосконалення методів розрахунку.

Аналіз останніх досліджень

На протязі усього існування людства питанням фундаментобудування приділялась значна увага. На сьогодні математичне прогнозування є основним і найбільш економічним засобом теоретичних і прикладних досліджень актуальних задач фундаментобудування. Дослідженням поведінки під навантаженням буронабивних паль присвятили роботи Бахолдін Б.В., Догадайло А.І. [1-3] та інші.

Методи досліджень

Розрахунки буронабивних паль натепер в основному проводяться згідно нормативних документів по другому граничному стану в залежності від допустимих осідань споруди [4]. В роботі застосовано оптимальну модель ґрунту, що враховує його нелінійну роботу та використано сучасний числовий метод граничних елементів (МГЕ). Поведінка ґрунту під навантаженням описувалась інтегральним рівнянням, отриманим К. Бребія [3]

$$cu + \int up(x)dx = F(x). \quad (1)$$

В роботі замість вимог ортогональності вектора приросту пластичних деформацій ґрунтової основи $d\epsilon_{ij}^p$ до поверхні пластичності f використано неасоційований закон пластичної течії:

$$d\epsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{dF}{d\sigma_{ij}}, \quad F \neq f, \quad (2)$$

та дилатансійні співвідношення В.М. Ніколаєвського, І.П. Бойка

$$d\epsilon_{ij}^e = d\epsilon_{ij}^p + d\epsilon_{ij}^p \text{ дивіатори} \quad (3)$$

$$d\epsilon_{ij}^p \text{ шарове} = \lambda(x) d\gamma^p \quad (4)$$

де $d\gamma^p$ - скалярна характеристика формозміни, другий і інваріант девіатора деформацій $I_2(D\epsilon)$; $\lambda(x)$ - коефіцієнт дилатансії.

$$d\epsilon_{ij}^p \text{ девіаторне} = D_{ij} d\lambda, \quad (5)$$

де D_{ij} - девіатор напруг; $d\lambda$ - скалярний коефіцієнт простого навантаження.

Для оцінки приходу граничного стану (початку порушення рівноваги між частинками ґрунту і його агрегатами, перехід ґранту в стан пластичної течії) використано октаедричну теорію міцності та критерій текучості Мізера-Шлейхера-Боткіна, який вказує на те, що при пластичному стані ґрунту дотичне октаедричне напруження є функцією від нормального октаедричного напруження.

$$\tau_{окт} = f(\sigma_{окт}); f(\sigma_{окт}, \tau_{окт}) = 0. \quad (6)$$

У координатах головних осей $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ та меридіальному перерізі в площині гідростатичного тиску, рис.2.

$$\begin{aligned} f &= \sigma_i + \sigma_m \operatorname{tg} \psi - \tau_s & \text{при } \sigma_m \leq p_0, \\ f &= \sigma_i + p_0 \operatorname{tg} \psi - \tau_s & \text{при } \sigma_m > p_0, \end{aligned} \quad (7)$$

де σ_i – інтенсивність девіатора напруг; σ_m – гідростатичний тиск; ψ , τ_s – кут внутрішнього тертя та зчеплення на октаедричній площині, p_0 – межа переходу від конуса до циліндра.

Поверхня текучості дає співвідношення між $\sigma_{окт}$ та T на октаедричній площині і разом з рівняннями рівноваги забезпечує кількість рівнянь і кількість невідомих для замикання моделі. В (7) T – другий інваріант девіатора напружень D_σ , $\sigma_{окт}$ – перший інваріант тензора напружень T_σ .

Результати досліджень

Розв’язок такої нелінійної задачі процесу деформування буро набивної палі проведено методом «пружних» розв’язків О. А. Ільюшина, який є дієвим наближеним методом, що дозволяє звести рішення нелінійної пружно-пластичної задачі до послідовного розв’язку лінійних задач. Для реалізації цього методу використано інтегральний синтез рівнянь рівноваги, геометричних та фізичних рівнянь (1) та числовий МГЕ. Для обрахунків інтегралів в (1) використано квадратурні формули Гауса. При інтегруванні трикутних осередків дискретизованої активної зони (рис. 3) залучено метод Хаммера.

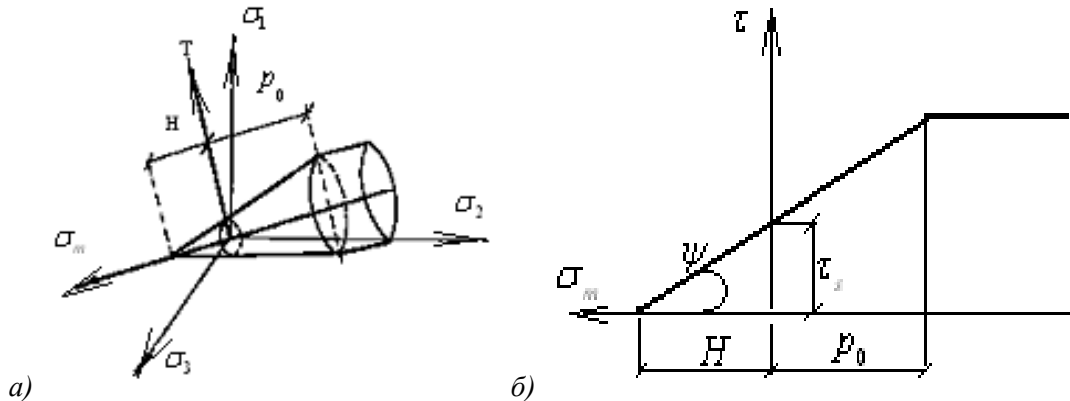


Рисунок 2 – Критерій текучості Мізера-Шлейхера-Боткіна в координатах головних напружень (а), меридіональний переріз в площині гідростатичного тиску (б)

На кожному n-му етапі наближення ітераційного процесу пружних розв’язків Ільюшина розв’язувалась СЛАР з щоразу уточненою правою частиною. На наступному кроці навантаження використовувались дані з попереднього кроку. Процес навантаження основи розглядається як квазістатичний, який характеризувався нескінченно повільною течією. Саме такі процеси відповідають термінам забудови споруди.

В якості вагових функцій розрахункового інтегрального рівняння (1) вибрано фундаментальні рішення Р. Міндіна, які обертають в нуль інтеграл по області, зводячи задачу до визначення граничних функцій розрахункового рівняння стану (1). Саме тому в МГЕ використовується дискретне подання лише границі досліджуваного об’єкту, що є суттєвою перевагою числового МГЕ.

Оскільки ступінь придатності моделі суттєво залежить від вхідних параметрів, в якості характеристик стану взято наступні фізико-механічні характеристики ґрунту. Інженерно-геологічні умови ділянки будівництва представлені напівтвердими суглинками, які переходять у вапняки. Ґрунтові води до глибини 4м не були виявлені. В розрахунку використано середньозважені фізико-механічні показники ґрунтової основи: $E=13625$ кПа, $\gamma=1,798$ т/м³, $\gamma_d=1,44$ т/м³, $\gamma_s=2,74$ т/м³, $e=0,895$, $c=39,87$ кПа, $\phi=16,375$.

Сумісна робота фундаменту з основами виражається у взаємодії між зовнішнім навантаженням і внутрішніми силами опору ґрунту в межах активної зони (рис. 3) (зони впливу додаткового навантаження). Зона деформацій є активною робочою зоною основи фундаменту, в рамках якої протягом деякого часу розвивається динамічний процес ущільнення ґрунту, який відображає суть сумісної роботи фундаменту і основи до приходу її в стан рівноваги.

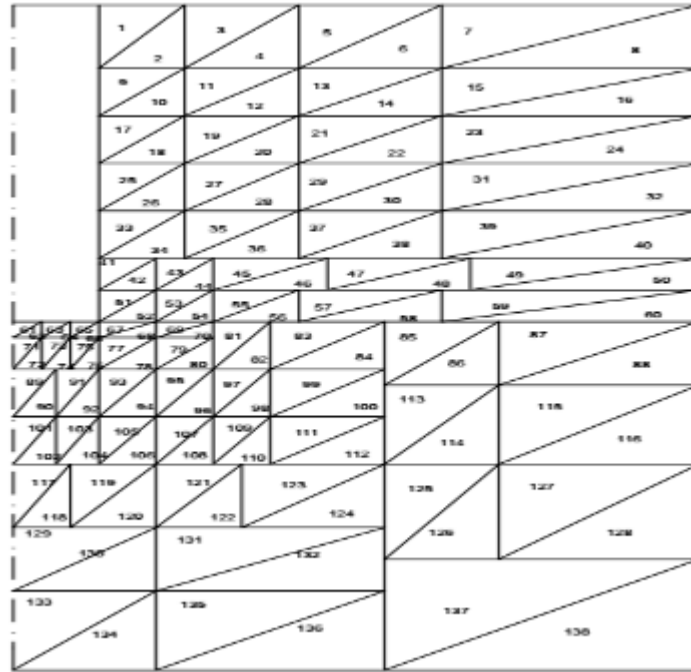
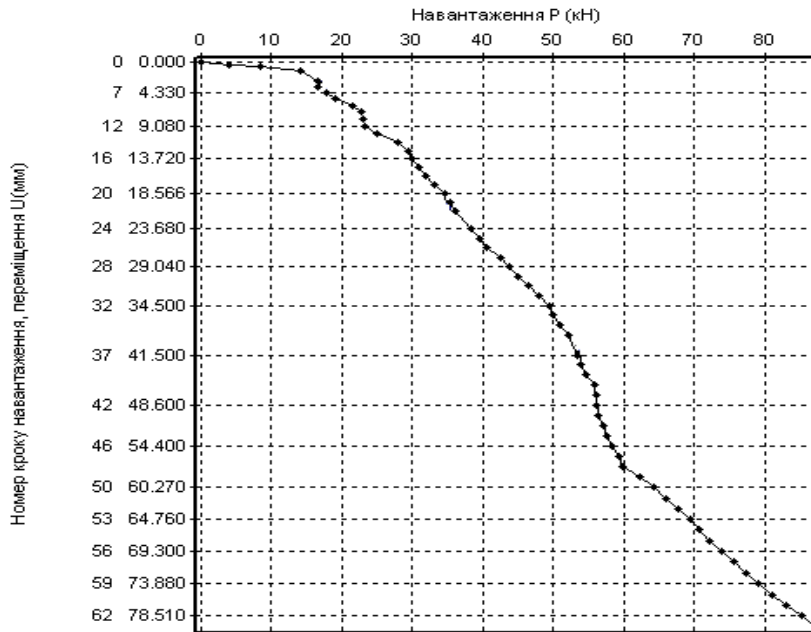


Рисунок 3 – Дискретизація активної зони навколо пальової основи

На рис. 4 подано числовий прогноз за МГЕ результату навантаження буронабивної палі



→ Графік залежності навантаження - осідання.

Рисунок 4 – Числовий прогноз за МГЕ результату навантаження буронабивної палі

Висновки

Результати розрахунку деформування буронабивної палі по запропонованій дилатансійній моделі дають можливість ще на стадії проектування зробити прогноз кінцевих осідань основи в конкретних інженерно-геологічних умовах та відслідкувати відповідні значення несучої спроможності.

Тобто, модель дозволяє розглянути граничний стан основи за двома групами (несучої здатності і деформацій) в рамках однієї розрахункової моделі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бахолдин Б. В. Методика контроля несущей способности буронабивных свай по результатам их динамических испытаний / Б. В. Бахолдин, А. В. Драницын // ОФМГ-2007. – №1. – с. 26-30.
2. Догадайло А. И. Исследование и внедрение эффективной технологии устройства скважин набивных свай / А. И. Догадайло // Будівельні конструкції: збірник наукових праць НДІБК (за матеріалами VI НТК по МГіФ). - 2008. №71. – с. 12-18.
3. Моргун А. С. Деформативність ґрунту при пластичній формозміні та дилатансії: монографія / А. С. Моргун – Вінниця: ВНТУ. – 2017. – 103 с.
4. Основы та фундаменти будівель і споруд. ДБН В.2.1-10-2009.

REFERENCES

1. Bakholdyn B.V. Metodyka kontrolya nesushchey sposobnosti buronabyvnykh svay po rezul'tatam ykh dynamycheskykh yspytanyy / B.V.Bakholdyn, A.V. Dranytsyn // OFyMH-2007.-№1.-s 26-30.
2. Dohadaylo A.Y. Yssledovanye y vnedrenye efektyvnoy tekhnolohyy ustroystva skvazhyn nabyvnykh svay / A.Y. Dohadaylo // Budivel'ni konstruksiyi: zbirnyk naukovykh prats' NDİBK (za materialamy VI NTK po MHiF).-2008. №71.- s 12-18.
3. Morhun A.S. Deformatyvnist' gruntu pry plastychniy formozmini ta dylatansiyi: monohrafiya / A.S. Morhun – Vinnytsya: VNTU, 2017. - 103 s.
4. Osnovy ta fundamente budivel' i sporud. DBN V.2.1-10-2009.

Моргун Алла Серафимівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету. e-mail: Alla@morgun.com.ua. ORCID 0000-0002-4701-339X.

Задорожнюк Віолета Олегівна – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету.

**A. Morgun
V. Zadorozhniuk**

THE NUMBER OF RUNWAYS IN THE MBE CARRYING CAPACITY OF DRILL BITS OF SOLDERED SOLAR CELL BASES VINNYTSIA NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY

Vinnytsia National Technical University

In connection with the increase of technical possibilities of human influence on the environment in recent years, special interest in applied science was given to the theory of processes of deformation and destruction of the dispersed soil environment, the formulation of initial physical representations, and their writing in the form of mathematical equations.

Modern construction requires the solution of a number of problems in the field of foundation engineering. One of them is the creation of reliable, scientifically-based methods for calculating settling of foundation structures that transfer the load from the structure to the soil of the foundation.

In the paper, we consider the fundamental static problem of plasticity in determining the VAT of a drill of a packing pile on the imposed external loading process. In order to increase the accuracy and reliability of the calculations of the stress-deformed state of the drill bit, the elasticity theory, the theory of plasticity, the numerical method of the limiting elements, and the dilation theory of the soil environment are used, since the dilatation effects are manifested between the strengths and elasticity of the soil, both during strengthening and at the leveling up to the level of residual strength.

Complete deformations of the dispersed soil environment consisted of two components - inverse (elastic) and irreversible. To determine the increment of deformation plates, the non-associative law of the plastic flow is used.

In work on the basis of generalization of the accumulated data are considered possible ways of further development of the problem in general from the point of view of physics and nature of the phenomena of soil bases.

Key words: stress-deformed state, method of boundary elements, plastic flow of soil.

Alla Morgun – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction, Urban Management and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

Violeta Zadorozhniuk – postgraduate student of the Department of Construction, Urban Management and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

А. С. Моргун
В. О. Задорожнюк

ЧИСЛОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗА МГЭ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ ФУНДАМЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Винницкий национальный технический университет

В связи с увеличением технических возможностей воздействия человека на окружающую среду в последние годы получила особый интерес для прикладной науки теория процессов деформирования и разрушения дисперсного почвенной среды, формулировки исходных физических представлений и записи их в форме математических уравнений.

Современное строительство требует развязку ряда проблем в области фундаментобудованья. Одна из них - создание надежных, научно-обоснованных методов расчета осадок фундаментных конструкций, передают нагрузку от сооружения на грунты основания.

В работе рассмотрена фундаментальная статическая задача пластичности по определению НДС буронабивной сваи по причиненному процессу внешней нагрузки. С целью повышения точности и достоверности расчетов напряженно-деформированного состояния буро набивной сваи использовано теорию упругости, теорию пластичности, численный метод граничных элементов, и дилатансионной теорию почвенной среды, поскольку дилатансионной эффекты проявляются между пределами прочности и упругости почвы как при укреплении так и при розмицненни его до достижения уровня остаточной прочности.

Полные деформации дисперсного почвенной среды состояли из двух составляющих - обратной (упругой) и необратимой. Для определения приростов Пласт деформаций использовано неассоциированный закон пластического течения.

В работе на основе обобщения накопленных данных рассматриваются возможные пути дальнейшего развития проблемы в целом с точки зрения физики и природы явлений грунтовых оснований. Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, метод граничных элементов, пластическое течение грунтового основания.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, метод граничных элементов, пластическая течение почвы.

Моргун Алла Серафимовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.

Задорожнюк Виолетта Олеговна – аспирант кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.