



КОРНІЄНКО МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ

Кандидат технічних наук, професор, професор Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА). Член президії Українського товариства механіки ґрунтів, геотехніки і фундаментобудування (УТМГГФБ). Дійсний член Академії будівництва України.

Основні напрямки наукової діяльності: розроблення приладів і методик дослідження властивостей просідаючих лесових ґрунтів при статичному та динамічному навантаженні, методів розрахунку фундаментів неглибокого закладання та пальових фундаментів на лесових основах.

Автор понад 300 наукових статей.

E-mail: kornienco@gmail.com



ЖУК ВЕРОНІКА ВОЛОДИМИРІВНА

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри основ і фундаментів КНУБА. Старший науковий співробітник лабораторії числових методів в геотехніці КНУБА. Член УТМГГФБ.

Основні напрямки наукової діяльності: дослідження взаємовпливу елементів системи «основа – фундамент – будівля» в умовах нерівномірних деформацій ґрунтів основи шляхом числового моделювання.

Автор понад 30 наукових статей.

E-mail: vezhuk@gmail.com



АБЕД САМАР ФАРИС

Аспірантка кафедри основ і фундаментів Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА).

Основні напрямки наукової діяльності: закріплення ґрунтів та підсилення фундаментів ґрунтоглиноцементними палями.

Автор понад 15 наукових статей.

E-mail: samar_fg2013@yahoo.com

УДК 624.15

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОСНОВИ ФУНДАМЕНТУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЧИСЛОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ҐРУНТОГЛИНОЦЕМЕНТНИМИ ПАЛЯМИ

Ключові слова: числове моделювання, підсилення, фундамент, ґрунтоглиноцементні палі.

У роботі наведені результати числового моделювання закріплення ґрунтової основи фундаменту з використанням бурозмішувальної технології. Розрахунки виконувалися з використанням АСНД «VESNA». Розглядалися ґрунтові умови, складені піщаними ґрунтами до та після підсилення фундаменту ґрунтоглиноцементними палями при можливому водонасиченні ґрунтової основи фундаменту. Показана ефективність запропонованого методу підсилення.

В работе приведены результаты численного моделирования закрѣпления ґрунтового основания фундамента с использованием буромесительной технологии. Расчеты выполнялись с помощью АСНИ «VESNA». Рассматривались ґрунтовые условия, представленные песчаными ґрунтами до и после усиления фундамента ґрунтоглиноцементными сваями при возможном водонасыщении ґрунтового основания фундамента. Показана эффективность предложенного метода усиления.

In work results of numerical simulation fixing of the soil basis foundation with jet grouting technology. The calculations were performed using the ASSR «VESNA». Were considered soil conditions presented by sandy soils in water-saturated condition before and after fixing of the soil-clay-cement piles. Numerical simulation makes it possible to predict the expected effect of strengthening the foundation.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. На території України слабкі ґрунти мають широке поширення. При будівництві в особливих ґрунтових умовах проектувальники та будівельники мають справу з водонасиченими глинистими, торфами і заторфованими ґрунтами, пухкими пісками і пливунами, просідаючими, набухаючими, засоленними ґрунтами, мулами, набрякаючими і нерівномірно

стисливими ґрунтами, закарстованими і підроблюваними територіями. Проектування фундаментів на таких ґрунтах повинно відбуватися з врахуванням можливості розвитку нерівномірних деформацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В лабораторних умовах було виконано дослідження характеристик міцності ґрунтоглиноцементних паль в залежності від вмісту цементу в композиції "цемент-ґрунт", водоцементного співвідношення в глиноцементній суміші, властивостей добавок бентонітової глини та рідкого скла [1]. Шляхом числового моделювання було виконано варіаційні розрахунки взаємовпливу елементів системи «нерівномірно деформована основа – фундамент –будівля» для пошуку найнебезпечнішої комбінації внутрішніх зусиль у несучих елементах каркасу будівлі, що дає можливість виявити критичний стан ґрунтової основи [2].

Раніше не вирішені частини проблеми, котрим присвячена стаття. Сьогодні прагнення до економічності інженерних рішень вимагає використання нових конструктивних рішень, що стало можливим з використанням числового моделювання для пошуку оптимального варіанту при проектуванні основ і фундаментів [3] в складних інженерно-геологічних умовах.

Постановка проблеми. Значна частина території України схильна до впливу складних інженерно-геологічних умов будівництва. Сьогодні з розвитком числового моделювання розрахунок надземних конструкцій будівель і споруд спільно з ґрунтовим масивом успішно увійшов у повсякденну практику проектування. Виконання варіаційних розрахунків відкриває можливість альтернативного пошуку найефективнішого варіанту підсилення фундаментів та закріплення ґрунтової основи в складних інженерно-геологічних умовах будівельного майданчика.

Мета роботи - виконати оцінку деформованого стану ґрунтової основи фундаменту, підсиленого ґрунтоглиноцементними палями, за результатами числового моделювання при можливому водонасиченні основи фундаменту в межах стислої товщі.

Виклад основного матеріалу. Одним з інженерних рішень, що забезпечує стійкість та експлуатаційну надійність споруд, є технологія буро змішувальної та струменевої цементації, які отримали широке поширення при розв'язанні складних задач підземного будівництва. Технологія їх влаштування полягає у руйнуванні ґрунту високонапірним струменем цементного розчину з одночасним ущільненням ґрунту або перемішуванням ґрунту з цементним розчином при бурінні свердловини. В результаті в ґрунтовому масиві утворюються «колони» з нового матеріалу – ґрунтобетону, який має високі міцнісні та протифільтраційні характеристики.

Для виконання фізичного моделюван-

ня експериментального підсилення фундаменту ґрунтоглиноцементними палями в лабораторних умовах було використано дерев'яний лоток, заповнений ґрунтом, який закріплювався глиноцементним розчином, прямокутний металевий штамп розміром в плані 50x60 мм в якості фундаменту, завантажений додатковим статичним вдавлюючим навантаженням [1].

Для визначення міцності ґрунтоглиноцементної палі, яка була виготовлена в лабораторних умовах шляхом змішування глиноцементно-силікатного розчину з ґрунтом, були визначені її фізичні та механічні властивості. Для експерименту в якості ґрунтової основи було використано пісок дрібний середньої щільності, характеристики якого наведені в табл. 1. Властивості ґрунтоглиноцементу, визначені за результатами випробування експериментальних зразків, наведені в табл. 2.

Досліджувалося осідання ґрунтової основи під штампом в природному та водонасиченому стані при додатково-

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики ґрунту основи

ґрунт	w_{sat} д. од.	γ кН/м ³	γ_{sat} кН/м ³	e д. од.	E_s МПа	E_{sat} МПа
пісок дрібний сер. щільн.	0,22	16,95	19,90	0,73	19,5	13,3

Таблиця 2. Характеристики зразків з ґрунтоглиноцементу

ґрунт	Добавки від маси цементу	Питома вага, γ , кН/м ³	Модуль деформації, E_s , МПа	Міцність на стиск, R_c , МПа
пісок	2%	20	1350	13,73

му вертикальному тиску 12,5 кПа; 15 кПа; 17,5 кПа (табл. 3).

Для підсилення фундаменту (штампу) було влаштовано ґрунтоглиноцементні палі діаметром 40 мм и довжиною 350 мм. Розташування паль приймалося для одностороннього та двостороннього підсилення фундаменту, при цьому крок між палями підсилення складав 75 мм. Деформації основи штампуга за результатами фізичного моделювання наведені в табл. 3.

Також було проведено числове моделювання цього експерименту засобами автоматизованої системи наукових досліджень (АСНД) «VESNA». Основа розраховувалася за другою групою граничних станів відповідно до вимог норм.

Таблиця 3. Осідання штампуга, мм

Варіант ґрунтової основи штампуга	при зовнішньому тиску на штамп, кПа		
	12.5	15	17.5
водонасичена основа без підсилення штампуга	<u>12.22</u> 10.56	<u>14.95</u> 15.85	<u>16.84</u> 21.13
водонасичена основа при односторонньому підсиленні штампуга палями	<u>2.95</u> 4.98	<u>3.52</u> 7.47	<u>4.05</u> 9.96
водонасичена основа при двосторонньому підсиленні штампуга палями	<u>2.16</u> 4.23	<u>2.49</u> 6.34	<u>2.86</u> 8.53

Примітка: В чисельнику наведені значення за результатами фізичного моделювання, в знаменнику – за результатами числового моделювання засобами АСНД «VESNA»

Примітка: В чисельнику наведені значення за результатами фізичного моделювання, в знаменнику – за результатами числового моделювання засобами АСНД «VESNA»

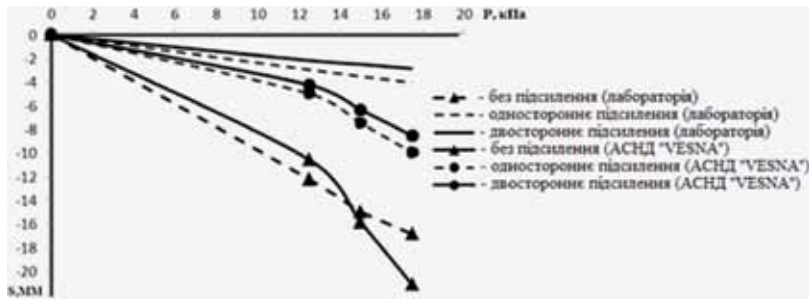


Рис 1. Переміщення піщаної основи фундаменту за результатами фізичного моделювання підсилення ґрунтоглиноцементними палями.

Результати розрахунків дослідження зміни деформованого стану ґрунтової основи фундаменту при погонному навантаженні 400 кН/м представлені на рис. 2.

Це підтвердило можливість підбирання оптимальних геометричних розмірів зон закріплення при збереженні гарантованої міцності основи для заданих навантажень на неї.

Таблиця 4. Осідання основи фундаменту, мм (АСНД «VESNA»)

Розрахунки виконувалися методом скінчених елементів в плоскій постановці. Розглядалася задача для основи з пісків при можливому їх водонасиченні. Фізико-механічні характеристики ґрунтоцементних паль прийняті однаковими по всьому об'єму. До розрахунку приймався поперечний переріз 1 п.м. «стіни в ґрунті». Результати приведені в табл. 3. На рис. 1 показано порівняння результатів фізичного та числового моделювання підсилення штамп-ґрунтоглиноцементними палями.

Варіант ґрунтової основи фундаменту	при зовнішньому навантаженні на фундамент, кН/м		
	200	300	400
водонасичена основа без підсилення фундаменту	47	65	85
водонасичена основа при односторонньому підсиленні фундаменту палями	36	45	57
водонасичена основа при двосторонньому підсиленні фундаменту палями	31	38	46

З використанням засобів числового моделювання (АСНД «VESNA») було виконано дослідження ефективності підсилення фундаменту реальних розмірів ґрунтоглиноцементними палями. Розглядалися стрічкові фундаменти неглибокого закладання (глибина закладання 1 м) малоповерхових будівель із безкаркасною конструктивною схемою. Залежно від поверховості будинків прийняті наступні варіанти погонного навантаження на рівні підосви фундаменту: 200 кН/м, 300 кН/м, 400 кН/м. Фізико-механічні характеристики ґрунтів основи, що розглядалися для числового дослідження спільної роботи елементів системи «ґрунтова основа - фундамент», наведено в табл. 1. Розглядалася задача для основи з пісків при можливому їх водонасиченні за рахунок підняття рівня ґрунтових вод або замочування зверху при аварійному витіканні техногенних вод із водонесучих мереж.

При розв'язанні задач підсилення фундаменту ґрунтоцементними палями шляхом числового моделювання були прийняті наступні вихідні дані: планувальна позначка землі - 0 м; відмітка підосви фундаменту -1,0 м; ширина підосви фундаменту 1,2 м; потужність шару ґрунту (пісок дрібний середньої щільності) нижче підосви фундаменту 13 м.

Результати числового моделювання ефективності підсилення фундаменту ґрунтоглиноцементними палями зведені в табл. 4.

ВИСНОВКИ:

- 1 Аналіз результатів числового моделювання (АСНД «VESNA») підсилення фундаменту ґрунтоглиноцементними палями показав, що деформації піщаної основи зменшилися у 1,5 та 2 рази при односторонньому та двосторонньому підсиленні відповідно.
- 2 Аналіз результатів фізичного моделювання в лабораторних умовах показав, що осідання основи зменшилося до 4 разів при односторонньому підсиленні фундаменту та до 6 разів при двосторонньому. Числове моделювання (АСНД «VESNA») цих експериментальних досліджень в лабораторних умовах показало зменшення деформацій у 2 та 2,5 рази при односторонньому та двосторонньому підсиленні відповідно.
3. Числове моделювання дає можливість спрогнозувати очікуваний ефект від підсилення фундаменту ґрунтоглиноцементними палями, що підвищує надійність проектних рішень.
4. Як показують виконані дослідження, таке закріплення ґрунтоглиноцементними палями можливо не тільки в піщаних, а і у пилувато-глинистих ґрунтах. Окрім підвищення міцності основи досягається зменшення фільтраційної проникливості, а в окремих випадках і забезпечення екологічних вимог (глиниста складова забезпечує цей ефект при можливому забрудненні ґрунтового середовища).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абед С.Ф. Исследования прочности ґрунтоцементной сваи в песчаных и суглинистых ґрунтах / С.Ф. Абед // Сборник научных трудов ДонГТУ. – Вып. 41. - 2013. – С. 214-220.
2. Жук В.В. Про покращення розрахункових схем каркасних будівель на просідаючих ґрунтах / В.В.Жук, М.В.Корнієнко // Світ геотехніки: Науково-технічний журнал. – Запоріжжя.: ТОВ «НВК «Інтер-М», 2013. – Вип.2(38). – С. 2-7.
3. Корнієнко Н.В. Оптимизация закрепления ґрунтового основания фундамента буросмесительной технологией по результатам численного моделирования // Н.В.Корнієнко, В.В.Жук, С.Ф. Абед / Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2015. – Вип. 37. – С. 247-259.
4. Рекомендации проектированию и устройству фундаментов из цементогрунта – М.: Стройиздат, 1986. – 41 с.