

Науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій /НДІБК/

На правах рукопису

Зоценко Микола Леонідович.

УДК 624.131.3:624.151.04.6

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАННИЙ СТАН ОСНОВ
ФУНДАМЕНТІВ, ЯКІ СПОРУДЖУЮТЬ БЕЗ
ВИЙМАННЯ ГРУНТУ.

/досліди, проектування, будівництво

05.23.02 - Основи та фундаменти.

Автореферат

дисертації на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук

Київ - 1994



Дисертація в рукописі.

Робота виконана в Полтавському державному університеті

Офіційні опоненти

доктор технічних наук,
професор Сеймов Валентин Михайлович
доктор технічних наук,
професор Швець Віктор Борисович
доктор технічних наук,
професор Школа Олександр Вікторович


Провідна організація - ЗНДІЕН України.

Захист відбудеться " 14 " березня 1995 р. на засіданні спеціалізованої ради Д.01.14.01 Науково-дослідного інституту будівельних конструкцій. 252037, Київ - 37, вул. Івана Клименка, 5/2. Факс /044/ 276-62-69

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці інституту.

Автореферат розісланий " 3 " лютого 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої
вченої ради, доктор
технічних наук, професор


Г.І.Черний

71B-37.900

Загальна характеристика роботи.

Актуальність проблеми. Між фундаментами і штучними основами як конструктивними елементами будівель і споруд існують такі, при зведенні котрих ґрунт попередньо не впливається. Це, по-перше, усі види забивних і частина набивних паль, фундаменти у пробитих свердловинах і витрамбованих котлованах, різних типи забивних блоків, а також штучні основи, які споруджують шляхом поверхневого чи глибинного ущільнення ґрунтів. У практиці фундаментобудування їх називають фундаментами, які споруджують без виїмання ґрунту. Їх загальною ознакою є те, що при спорудженні таких фундаментів в основі формується так звана "зона впливу", в межах якої властивості ґрунту відрізняються від природного складу. Форма і розміри "зони впливу", а також властивості ґрунту в її межах визначають напружено-деформований стан /НДС/ системи "Основа-фундамент".

В певних інженерно-геологічних умовах ґрунт у "зоні впливу" має більш високі механічні властивості ніж за її межами. Це обумовлює високу ефективність фундаментів, що споруджують без виїмання ґрунту.

Параметри "зони впливу" залежать від розмірів і форми фундаментів, стану ґрунтів, а також засобів їх будування. При призначенні ефективних фундаментів для конкретних умов будівництва необхідно знати загальні закономірності формування "зони впливу", уміти визначити її розміри і властивості ґрунту в будь-якій її точці.

В процесі експлуатації фундаментів параметри "зони впливу"

можуть змінюватися і тим самим впливати на НДС системи "основа-фундамент". Для забезпечення надійності таких фундаментів необхідно також вивчати мінливість властивостей ґрунту "зони впливу" у часі.

Знання закономірностей формування "зони впливу" у процесі зведення фундаментів і мінливості властивостей ґрунту в її межах під час їх експлуатації дозволить використовувати сучасні рішення механіки ґрунтів для оцінки НДС системи "основа-фундамент", створювати нові конструкції фундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту, і ресурсозберігаючі технології їх виготовлення.

Наведені аргументи обґрунтовують актуальність наукових досліджень у даному напрямку.

Метою дисертаційної роботи є встановлення закономірностей утворення форми, розмірів і фізико-механічних властивостей ґрунтів "зони впливу" фундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту, а також розробка практичних методів їх розрахунку, конструювання і технології будівництва.

Для досягнення зазначеної мети поставлені такі задачі:

- для обмеження напрямку досліджень розробити класифікацію фундаментів і штучних основ, які споруджують без виїмання ґрунту;
- провести аналіз відомих розробок у зазначеному напрямку для узагальнення і постановки задач досліджень;
- розробити методики досліджень параметрів "зони впливу", її складових частин і виявити їх залежності від форми і розмірів фундаментів, а також фізико-механічних властивостей ґрунтів;
- встановити залежності для визначення фізико-механічних властивостей у кожній точці основи фундаментів, які споруджуються без виїмання ґрунту;
- оцінити мінливість параметрів "зони впливу" у часі при умові дотримання вимог, які ставлять до основи, а також при дії на

ної техногенних процесів;

- провести математичне моделювання НДС системи "фундаменти, які споруджені без виїмання ґрунту-основа" з урахуванням одержаних залежностей мінливості фізико-механічних властивостей ґрунтів у "зоні впливу" для різних видів фундаментів і умов їх використання. Порівняти одержані результати з натурними визначеннями показників НДС основи, серед них із встановленими внаслідок інструментальних спостережень за осіданнями будівель і споруд, які зведені на таких фундаментах;

- розробити практичні методи проектування, нові конструкції, технологічне обладнання, ресурсозберігаючі технології влаштування фундаментів, які споруджені без виїмання ґрунту; обґрунтувати їх економічну ефективність і надійність.

Наукова новизна дисертаційної роботи:

- складена класифікація фундаментів та штучних основ, які споруджені без виїмання ґрунту. Загальною їх ознакою є "зона впливу", яка формується в основі при влаштуванні фундаментів;

- створені методи дослідження параметрів "зони впливу" на основі penetраційних і зондувальних випробовувань ґрунтів розширеним конічним наконечником з циліндричними виступами;

- проведені комплексні експериментально-теоретичні дослідження структури "зони впливу", залежності її параметрів від різних чинників. Обґрунтовані умови, в яких забезпечене зберігання параметрів "зони впливу" на період експлуатації споруди;

- створена методика складання вихідних даних для розв'язання пружно-пластичної задачі при оцінюванні НДС системи методом скінченних елементів включно з визначенням фізико-механічних властивостей ґрунту у будь-якій точці розрахункової області основи фундаменту, що споруджується без виїмання ґрунту;

- одержані результати масових багаторічних спостережень за

станом параметрів "зони впливу" і осіданнями будівель на фундаментах, які споруджені без виїмання ґрунту;

- розроблені загальні принципи проектування фундаментів, які споруджені без виїмання ґрунту, на основі урахування параметрів "зони впливу" і процесів, які відбуваються в ній під впливом різних чинників антропогенного характеру;

- винайдені нові конструкції, обладнання і ресурсозберігаючі технології влаштування фундаментів, що споруджуються без виїмання ґрунту.

Практична цінність роботи полягає в одержаних результатах комплексних досліджень параметрів "зони впливу" і процесів, які проходять у ній для фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту. На основі даних результатів розроблена загальна методика проектування таких фундаментів, створені і впроваджені у виробництво нові конструкції, обладнання і ресурсозберігаючі технології їх будівництва. За даними багаторічних спостережень мінливості параметрів "зони впливу" і осіданням будівель різноманітного призначення, які побудовані на фундаментах, що споруджені без виїмання ґрунту, розроблені вимоги до умов експлуатації таких фундаментів, встановлена методика визначення їх несучої здатності, обґрунтована їх надійність.

Реалізація роботи. Результати досліджень автора використані при складанні 10 інструктивно-нормативних документів різного рівня. Видані: один підручник і три навчальних посібники для студентів, які вивчають спеціальність 29.03 "Промислове і цивільне будівництво" /назви цих робіт наведені у списку публікацій/.

Дослідження здійснювались у відповідності до етапів цільової комплексної програми "Матеріалоемкість" Ради Міністрів України РН 55.08.Ц.03.04.09; РН 55.08.Ц.03.04.07;

РН 55.08.Ц.03.04.10 /період 1986-1990 р.р./ Цільової міжвузівської комплексної програми "Скорочення ручної праці у будівництві". Програми державного комітету з питань науки і технології 02.01.02/054-93 "Охорона і відтворення земельних ресурсів України". При участі автора фундаменти з пірамідальних паль; в пробитих свердловинах; опори контактної мережі подвійної кіничності стовбура; на слабому підстильному шарі, який посилений шляхом втрамбування шебно крізь пробиті свердловини та ін. були впроваджені на 2743 будівлях різного призначення в усіх областях лівобережної України. Загальний обсяг фундаментів складає 357,5 м³. При проектуванні 228 об'єктів різноманітного призначення автор виконував обов'язки головного інженера проекту фундаментів у пробитих свердловинах і здійснював авторський нагляд у період їх будівництва.

А пробація роботи. Робота велася у тісному контакті зі спеціальними кафедрами Київського, Дніпропетровського, Одеського, С.-Петербурзького, Воронежського будівельних інститутів; Саратовського і С.-Петербурзького політехнічних інститутів; а також з проектними інститутами Укראгропроект, Укрміськбудпроект та ін. Окремі положення роботи докладались на 3 міжнародних, 12 РНД, 10 державних конференціях, а також на багатьох наукових семінарах.

Обсяг та структура роботи. Дисертація складається із вступу, восьми розділів, списку літератури з 297 найменувань та додатку. Викладена на 283 сторінках машинописного тексту, ілюстрована 101 малюнками і 27 таблицями.

На захист виносяться:

- класифікація фундаментів і штучних основ, які споруджуються без виїмання ґрунтів;

- пенетраційний та зонувальний методи дослідження параметрів

"зони впливу" фундаментів, які споруджують без виймання ґрунту;

- результати досліджень параметрів, закономірностей мінливості фізико-механічних властивостей і процесів, які проходять у межах "зони впливу";

- результати багаторічних досліджень параметрів "зони впливу" і спостережень за осіданнями будівель, зведених на фундаментах, що споруджені без виймання ґрунту;

- методика підготовки вихідних даних для рішення пружно-пластичної задачі НДС основи фундаментів, що споруджують без виймання ґрунту; результати розрахунків і їх порівняння з натурними визначеннями;

- практичні методи проектування основ і фундаментів, що споруджують без виймання ґрунту;

- нові конструкції, обладнання і ресурсозберігаючі технології влаштування фундаментів без виймання ґрунту;

- результати впровадження досліджень у будівництво.

Зміст роботи

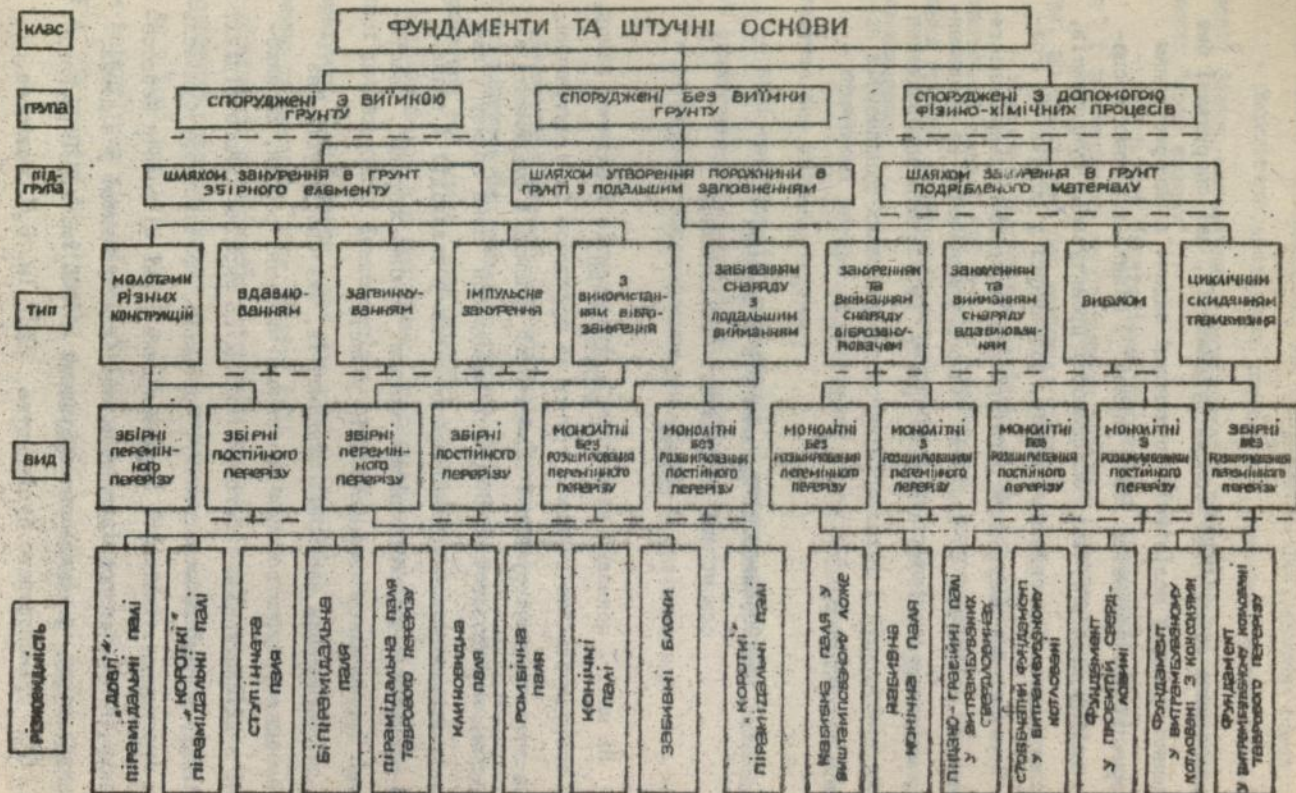
Дисертація містить класифікацію фундаментів і штучних основ, які споруджують без виймання ґрунту. В основі таких фундаментів формується так звана "зона впливу", у межах якої властивості ґрунту відрізняються від природних. Розглянуто досвід досліджень сумісної роботи таких фундаментів з основою і аналітичні методи їх розрахунку. Дослідження, які наведені у розділі 2, присвячені виявленню параметрів "зони впливу" і її складових частин залежно від різновидів фундаментів і ґрунтів основи. Розділ 3 дисертації присвячений розробці нових методів дослідження властивостей ґрунтів як у "зоні впливу", так і за її межами. Мінливість параметрів "зони впливу" під дією фізико-хімічних процесів розглянута у розділі 4. В розділі 5 здійснені теоретичні дослідження напружено-

деформованого стану /НДС/ основи фундаментів, які споруджені без виїмання ґрунту у нелінійній постановці задачі з використанням інформації про параметри "зони впливу" і фізико-хімічних процесів, які проходять у часі. Особливості проектування фундаментів, що споруджують без виїмання ґрунту, розглянуті у розділі 6. Розділ 7 узагальнює результати багаторічних інструментальних спостережень за осіданнями 25 будівель різного призначення на фундаментах, які споруджені без виїмання ґрунту. Результати впровадження нових конструкцій і технологій виготовлення таких фундаментів наведені у розділі 8.

І. Особливості фундаментів і штучних основ, які споруджують без виїмання ґрунту

На мал. І показана класифікація фундаментів і штучних основ, які споруджують без виїмання ґрунту за принципом їх улаштування. Вона визначає конструкцію і особливості взаємодії фундаменту з ґрунтом, що його оточує. В ґрунті формується "зона впливу", яка при навантаженні конструкції працює з нею у взаємодії і визначає міцність і деформаційність системи "основа-споруда". Властивості "зони впливу" зазнають змін у часі.

Дослідженням взаємодії фундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту, з основою присвячені численні роботи, що виконані в НДІЕК України і його філіях, НДІБВ України і його філіях, Київському, Дніпропетровському, Одеському, Полтавському будівельних інститутах, інституті Укрспецпроект і ін. Ці роботи безпосередньо зв'язані з дослідженнями, які були проведені у відомих центрах науки з фундаментобудування НДІОСП ім. М.М.Герсеванова, ВНДІ транспортного будівництва, ВНДІГ ім. Б.С.Веденєєва,



Мал. 1. Схема класифікації фундаментів, що споруджуються без виїмання ґрунту.

НДІ Промбуду, ґундаментпроекті, а також на спеціальних кафедрах вузів Москви, С.-Петербурґа, Воронежа, Пермі, Ростова-на-Дону, Мінська, Караґанди, Саратова та ін.

Значний вклад в теорію і практику будівництва ґундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту внесли Українські вчені А.І.Білеуш, І.П.Бойко, Р.Є.Гейзен, В.М.Голубков, М.Н.Гольштейн, М.С.Ґрутман, А.І.Доґадайло, С.М.Клепиков, М.В.Корнієнко, І.М.Літвінов, Ґ.К.Лубенець, М.С.Метелж, О.В.Новський, В.Л.Оперштейн, В.К.Пивоваров, Є.В.Платонов, Ґ.М.Петренко, І.О.Розенфельд, Д.А.Романов, С.В.Романов, А.М.Рижов, С.А.Слюсаренко, О.Н.Тетіор, Л.М.Тимофєєва, Д.Ф.Тугаєнко, Ґ.І.Черний, В.Б.Швець, О.В.Школа, П.І.Яковлев та ін. Відомі також роботи таких спеціалістів РНД як А.О.Бартоломей, В.В.Бахолдін, В.Ґ.Березанцев, Є.В.Вінокуров, С.Є.Вялов, М.М.Герсеванов, Б.В.Ґончаров, М.І.Ґорбунов-Посадов, В.І.Далматов, В.К. Дмоховський, К.І.Добровольський, М.В.Лалетін, А.А.Луга, М.О.Метс, М.М. Морарескул, Д.М.Мурзенко, А.А.Ободовський, Ґ.Ф.Новошилов, Д.В.Россихін, Д.Ґ.Трофіменков, І.В.Фінаєв, В.С.Христофоров, М.О.Цигович, Р.С.Шеляпін та ін. Значний інтерес викликають роботи таких спеціалістів *A. Buisman, R. Chellis, R. Cooke, R. Ellison, A. Kezdi, I. Kezisel, H. Kishida, G. Meyershof, T. Mogami, G. Pati, H. Poulos, L. Ruse, H. Seed, A. Skempton, A. Vesie, T. Whitaker.*

До ґундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту, належать забивні палі і блоки всіх конструкцій, ґундаменти у пробитих свердловинах і витрамбуваних котлованах. До штучних основ - методи поверхневого та глибинного ушілення ґрунту.

На основі відомих досліджень можна скласти якісну уяву про будівлю "зони впливу", залежності її параметрів від властивостей ґрунтів, форми ґундаментів, методів їх влаштування і т. ін. Але використання сучасних методів оцінки напружено-деформованого

стану системи "основа-фундамент" вимагає кількісних даних про "зону впливу" і її головні частини зони ущільнення ґрунту. Для цього необхідно створити нові методи досліджень властивостей ґрунту. Основою їх повинні бути швидкісні методи досліджень - penetрація, зонування, обертовий зсув ґрунтів.

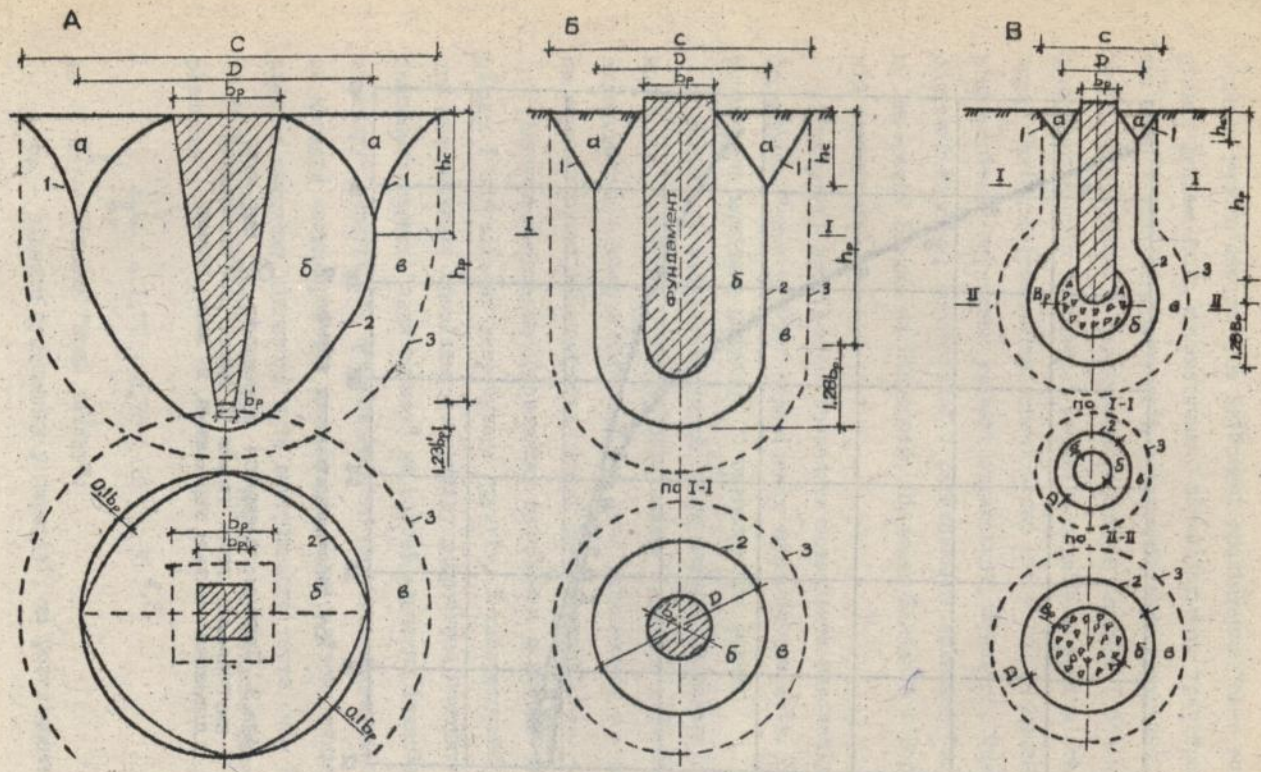
Тому, що "зона впливу" формується і існує невіддільно від усього масиву основи, на неї впливають геологічні процеси як природного, так і техногенного походження. Актуальними є дослідження, які визначають мінливість параметрів цієї зони під дією таких чинників як знеміцнення з наступним зміцненням ґрунтів внаслідок улаштування фундаментів /так званий "відпочинок"/; замушування ґрунтів підземними водами і різними розчинами з урахуванням їх агресивних властивостей; проморожування-розморожування; механічної дії на основу та ін. Доцільні тривалі спостереження за стійкістю параметрів "зони впливу" в процесі експлуатації фундаментів.

З усіх відомих аналітичних методів оцінки НДС основи найбільш повну і вірогідну картину дає рішення змішаної задачі теорії пружності і пластичності на основі чисельних методів розрахунку. Але відомі рішення пружно-пластичних задач не мають впроваджених даних про мінливість властивостей ґрунту "зони впливу".

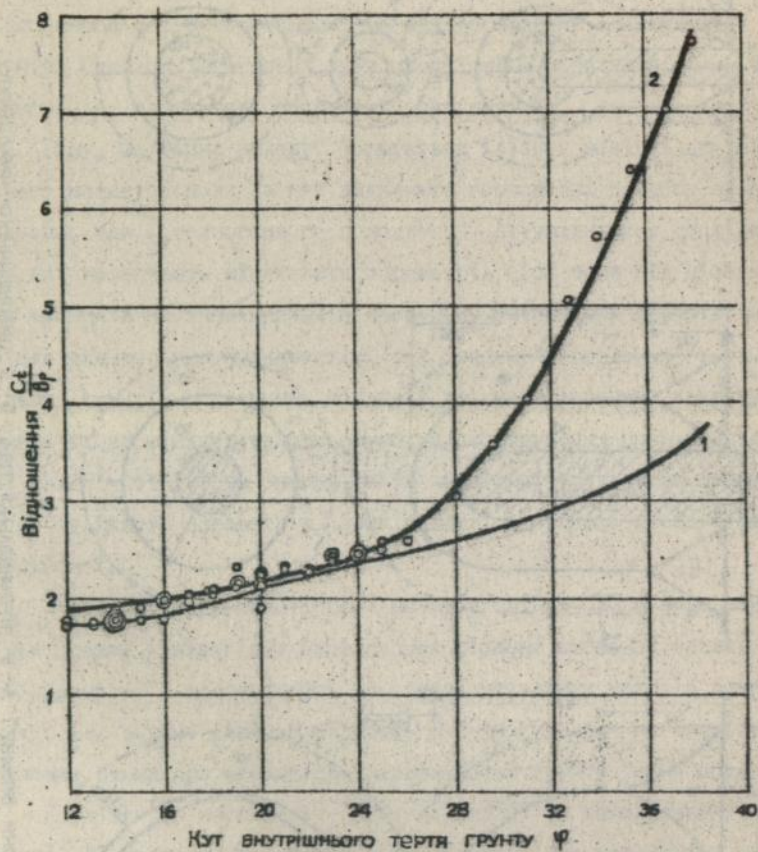
Дослідження параметрів "зони впливу" і їх використання при оцінці НДС системи "основа-фундамент" необхідно перевірити численними дослідями у природних умовах; а також інструментальними спостереженнями за осіданням будівель, які зведені на фундаментах, що споруджені без виїмання ґрунту.

2. Дослідження параметрів "зони впливу" фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту.

В період з 1970 по 1994 р.р. під керівництвом і за безпосе-



Мал. 2. Будова „зони впливу“. А-у пірамідальній паді; Б-у циліндричного фундаменту; В-у фундаменту з розширенням у нижній частині. а-зона випинання, б-зона ущільнення, в-перехідна зона. Границі зон: 1-випинання, 2-ущільнення, 3-„впливу“.



Мал.3. Графіки залежності відношення $\frac{C_t}{D_p}$ від кута внутрішнього тертя ґрунту φ . Криві для визначення діаметрів: 1-зони ущільнення, 2-зони „вгливу”.

редньою участю автора були здійснені дослідження "зони впливу" різних фундаментів: призматичних, пірамідальних, тричіпроменистих паль і блоків; фундаментів у витрамбованих котлованах, пробитих свердловинах з розширенням у нижній частині і без нього; фундаментів опор контактної мережі з подвійною конічністю стовбура. Такі дослідження проведені більш ніж у 150 фундаментів у різноманітних ґрунтових умовах Полтавської, Сумської, Одеської областей України; Воронежської і Саратовської областей Росії; в м. Набережні Човни; на Південній, Південно-Західній і Воронежській залізницях.

Проведені дослідження дозволили встановити закономірності формування "зони впливу" перелічених видів фундаментів. Була розроблена методика побудови її геометричної форми.

На мал. 2 зображена будова "зони впливу" фундаментів різної форми. Взагалі, в межах "зони впливу" можливо виділити три складових: а - зона випинання; б - зона ушлінення; в - перехідна зона. У плані ці зони мають форму концентричних кіл.

Експериментальною основою цих досліджень є методи penetраційних і зонувальних випробувань ґрунтів. У лабораторних умовах при використанні спеціального приладу розроблена методика визначення границь "зони впливу" на основі вивчення інваріантності опору penetрації. Встановлено, що ця умова порушується, коли напруги концентруються у перепони. Розміри "зони впливу" вивчені в широкому діапазоні кута внутрішнього тертя $\varphi = 12^\circ \div 38^\circ$. Ця залежність наведена на мал. 3. Криву 2 однозначно визначає рівняння:

$$\frac{C_z^b}{b_p} = 1,79 + 4,76 \cdot 10^{-7} \cdot \varphi^{4,5} \quad /1/$$

де C_z^b - діаметр "зони впливу";

b_p - діаметр фундаменту у перерізі, що розглядається;

- кут внутрішнього тертя, град.

В межах зони випинання і ушільнення механічні властивості ґрунту відрізняються від природних. Для їх оцінки розроблений, пенетраційний метод дослідження границь зони ушільнення в основі фундаментів, що споруджені без вимання ґрунту. Він базується на залежності між опором пенетрації, щільністю і вологістю ґрунту природного складу при постійності його індикаційних характеристик. Широке впровадження методу при дослідженнях зони ушільнення ґрунту показало його технологічність, точність та вірогідність.

В умовах, коли неможливо викопати шурф для вивчення зони ушільнення розроблена і впроваджена у практику досліджень методика зондування ґрунтів розширеним конічним наконечником. Випинання ґрунту у порожнину між штангою і стінкою свердловини дозволяє зберегти незмінною схему порушення ґрунту при зондуванні і однозначно фіксувати зміни його механічних властивостей у межах зони ушільнення.

За результатами численних досліджень зони ушільнення фундаментів, які споруджені без вимання ґрунту, розроблена методика побудови границь зони ушільнення, в якій ураховують: форму, розміри перерізу і поздовжнього профілю фундаменту: вид і властивості ґрунту основи. Графік такої залежності показаний на мал. 3, крива 1. Вона інтерпретується рівнянням:

$$\frac{C_p^y}{b_p} = 1,39 \exp(0,024 \cdot \varphi) \quad /2/$$

де C_p^y - діаметр зони ушільнення.

Аналіз залежностей /1/ і /2/ показує, що для ґрунтів з кутом внутрішнього тертя $\varphi < 25^\circ$ /трифазові глинясті, пухкі піски/ . границі зони ушільнення і "зони впливу" близьки між собою. При $\varphi > 25^\circ$ границі "зони впливу" перевищують границі зони ушіль-

нення настільки, наскільки більший кут внутрішнього тертя ґрунту.

Дослідження, які вивчали параметри зони ушільнення методом penetрації в період з 1970 до 1994 р.р. різноманітних фундаментів, що споруджені без виймання ґрунту, на чотирьох дослідних майданчиках у пісках, та глинястих ґрунтах, показали, що при умові виключення вивітрювання основи і її сезонного промерзання-відтавання вони залишилися практично без змін. Це обґрунтовує стійкість зони ушільнення ґрунту у часі, а також надійність фундаментів, що споруджені без виймання ґрунту.

3. Методика досліджень мінливості фізико-механічних властивостей ґрунтів в межах "зони впливу" фундаментів, які споруджені без виймання ґрунту

При розрахунках основ фундаментів із використанням тієї чи іншої моделі ґрунту виникає необхідність визначити його властивості не тільки за межами "зони впливу", але і в будь-якій точці цієї зони. Між іншим, при вирішенні пружно-пластичної задачі без цих даних важко використовувати числові методи.

Для безпосередніх досліджень фізико-механічних властивостей ґрунту в межах "зони впливу" розроблені і впроваджені швидкісні методи випробувань: penetрація, зондування, обертальний зсув. Об'єктивні характеристики цих методів встановлені за традиційною тричленною формулою граничного стану основи. При цьому однозначно розрізняються особливості визначення цих характеристик для зв'язних і незв'язних ґрунтів. Теоретичні положення добре підтверджуються експериментальними дослідженнями.

Об'єктивним критерієм вірогідності характеристик penetрації і зондування є їх інваріантність, яка закладена в рівнянні граничної рівноваги. З'ясовані особливості інваріантності характе-

ристик penetрації і зондування зв'язних і незв'язних ґрунтів. Порушення умов інваріантності характеристик penetрації і зондування ґрунтів свідчать про наявність чинників, які не враховані при плануванні дослідів. Тобто, перевірки інваріантності характеристик penetрації і зондування ґрунтів є інструментом визначення цих чинників.

На основі розглянутих положень відпрацьовані методики визначення характеристик міцності піску за результатами penetрації і зондування. Для зв'язних ґрунтів використовують метод сполучених випробувань penetрацією і обертальним зсувом. Наведені результати численних досліджень автора, що підтверджують достатню збіжність результатів, які одержані, з традиційними уявленнями при величині характеристик міцності таких ґрунтів.

Безпосереднє визначення характеристик ґрунтів у кожному елементі розрахункової області основи навіть при використанні швидкісних методів досліджень трудомістке завдання, його не завжди можна вирішити. Запропоновано для таких цілей використовувати рівняння взаємозв'язку між фізичними і механічними властивостями ґрунтів.

У практиці при визначенні взаємозв'язку між фізичними і механічними властивостями в умовах трифазного стану ґрунту порушеної структури необхідно визначити його три індикаційних ознаки - вільний член і два кутових коефіцієнти умовних лінійних рівнянь. Загальне рівняння взаємозв'язку у цьому випадку має вигляд:

$$\lg \frac{R}{R_0} = W_r \frac{1}{e_0} + \frac{P_w}{P_s} \cdot \frac{1 - M_{крф}}{1/e_0} - W \frac{M_{крф}}{1/e_0} - \frac{P_w}{P_d} \frac{1 - M_{крф}}{1/e_0} \quad (3)$$

де R - питомий опір penetрації, МПа;

$R_0 = 1$ МПа;

$$M_{крз} = 1 - \frac{I/e_0}{I/e};$$

I/e_0 і I/e - кутові коефіцієнти лінійних рівнянь, відповідно, для випадку повного насичення водою ґрунту і при умові постійної вологості;

W_R - вологість водонасиченого ґрунту при $R_0 = 1.0$ МПа.

Численними дослідженнями доказано, що при встановленні взаємозв'язку між властивостями глинястих ґрунтів, на індикаційні показники рівняння /3/ чинять вплив такі властивості, як число пластичності, мінералогічний склад глинястої складаючої, а також гранулометричний склад і мінералогія грубодисперсної складаючої ґрунту.

Умовою встановлення взаємозв'язку між показниками фізичного стану ґрунту /природня вологість, W , коефіцієнт пористості, e / і показниками механічних властивостей /питомий опір penetрації, R , кут внутрішнього тертя, φ , питома зчеплення, C , модуль деформації, E , та ін./ є накопичування результатів випробувань для визначення названих характеристик ґрунтів з відносно постійним числом пластичності і однорідних генетично.

Таким чином, для одного ґрунту можна встановити ряд залежностей вміщу:

$$\lg R/R_0 = A_R - B_R \cdot e - C_R \cdot W; \quad /4/$$

$$\lg E/E_0 = A_E - B_E \cdot e - C_E \cdot W; \quad /5/$$

$$\lg C/C_0 = A_C - B_C \cdot e - C_C \cdot W; \quad /6/$$

$$\lg \frac{tg \varphi}{tg \varphi_0} = A_\varphi - B_\varphi \cdot e - C_\varphi \cdot W; \quad /7/$$

де R_0 , E_0 , C_0 , $tg \varphi_0$ - значення, які дорівнюють одиниці у вибраній розмірності. Коефіцієнти A , B , C є функціями індикаційних ознак ґрунту: $1/e_0$, $1/e$, W_R .

За рівняннями /4-7/ встановлені такі залежності:

$$\lg \frac{E}{E_0} = A_E - \frac{B_E}{B_R} A_R - W(C_E - \frac{B_E}{B_R} C_R) + \frac{B_E}{B_R} \lg R/R_0 \quad /8/$$

$$\lg c/c_0 = A_c - \frac{B_c}{B_R} A_R - W(C_c - \frac{B_c}{B_R} C_R) + \frac{B_c}{B_R} \lg R/R_0 \quad /9/$$

$$\lg \frac{tg \psi}{tg \psi_0} = A_{\psi} - \frac{B_{\psi}}{B_R} A_R - W(C_{\psi} - \frac{B_{\psi}}{B_R} C_R) + \frac{B_{\psi}}{B_R} \lg R/R_0 \quad /10/$$

За допомогою рівнянь /8-10/ за значеннями природньої вологості ґрунту, W , і питомого опору пенетрації, R , у будь-якій точці масиву основи можна визначити необхідні механічні характеристики ґрунту.

Рівняння виду /4-10/ встановлені для ґрунтів 50 дослідних майданчиків при здійсненні польових і лабораторних робіт. Показана можливість використання рівнянь взаємозв'язку між фізичними і механічними характеристиками ґрунтів для узагальнення результатів експериментів при вирішенні феноменологічних задач досліджень.

4. Фізико-хімічні процеси, які проходять у межах "зони впливу" фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту.

При експлуатації фундаментів, які споруджені без виїмання ґрунту, на "зону впливу" чинять дію різні явища, що минають у часі. До таких явищ, у першу чергу, слід віднести процеси динамічного зміцнення піщаво-глинястих ґрунтів у період їх спорудження з наступним зміцненням ґрунту під час "відпочинку". Явище проморожування-розморожування ґрунту в "зоні впливу" і за її межами, яке викликане природніми коливаннями температури; а також процеси, яким сприяла діяльність людини: замочування ґрунтів "зони впливу" за рахунок антропогенного підняття рівня підземних вод; агресивний вплив підземних вод на ґрунти "зони впливу" і ін. Всі ці явища так чи інакше впливають на величини несучої здатності

фундаментів і осідання основ.

При спорудженні фундаментів без виїмання ґрунту динамічним засобом: занурення збірних паль і блоків, чи влаштуванні порожнин для фундаментів, у межах "зони впливу" відбуваються зміни структури ґрунту, які обумовлюють збільшення несучої здатності паль і фундаментів у часі. Вивченню цього питання присвячені роботи А.О.Бартоломея, Б.В.Бахолдіна, М.М.Герсеванова, Б.М.Гуменського, Б.І.Далматова, Р.І.Нарбута, О.П.Пономарьова, О.Є.Радугіна, В.Д.Романова, В.І.Федорова, В.М.Улицького, E. Wendel, R. Miller, H. Green, L. Vjetzum, N. Yang, R. Cook, M. O'Null та ін.

Для фундаментів з розвинутою "зоною впливу" /пірамідальні палі, фундаменти у пробитих свердловинах і витрамбованих котлованах та ін./ процес "відпочинку" виявляється виразніше. На нього впливають наступні три групи чинників:

- параметри динамічного навантаження /характер, частота коливань, амплітуда, тривалість дії/;
- розміри "зони впливу";
- мінералогічний склад і фізико-хімічні властивості ґрунтів основи.

Для встановлення кількісних параметрів /тривалість, інтенсивність, відношення умовномиттєвої несучої здатності, $F_{d(0)}$, до несучої здатності фундаменту за оптимальний час "відпочинку", $F_{d(t)}$ / явища "відпочинку" фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту, були проведені польові дослідження їх несучої здатності у лесових суглинках різної консистенції шляхом випробовування фундаментів-близюків з різним терміном відпочинку.

Закономірність зміни несучої здатності фундаментів у будь-яку мить після їх влаштування, $F_{d(t)}$ можна записати таким рівнянням:

$$F_{d(t)} = F_{d(0)} + F_{d(t)}^{gis} ;$$

де $F_d^{gls}(t)$ - приріст несучої здатності ґрунтового фундаменту у часі, t ,
за рахунок зміцнення ґрунтів "зони впливу" при "відпочинку".

Польовими дослідженнями встановлено, що в умовах випинаючих ґрунтів, фундаменти, що споруджені без виїмання ґрунту і не сприймають експлуатаційного навантаження мають деформації випинання. Величина цієї деформації залежить від глибини промерзання ґрунту, глибини закладання фундаменту, його форми, тощо. В процесі розморожування ґрунту фундаменти не повертаються на проектну відмітку. Величина зависання складає половину деформації випинання. Її необхідно додавати до рахункової деформації, коли немає можливості повторно добити фундамент. В кліматичних умовах України фундаменти, які сприймають експлуатаційне навантаження, не мають деформацій випинання.

Експериментально встановлено, що частина зони ущільнення ґрунту фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту, обмежена мінімальним значенням щільності сухого ґрунту $\rho_d = 1,55 \text{ т/м}^3$, практично не змінює фізико-механічні властивості внаслідок замочування. Коефіцієнт фільтрації ґрунту зони ущільнення на порядок нижче ніж для ґрунту природнього складу. Все це забезпечує стійкість фундаментів при замочуванні основи і дозволяє зменшити ступінь агресивного впливу на бетон фундаменту середовища, що його оточує.

Проведені лабораторні дослідження з метою вивчення дії на ґрунт зони ущільнення розчинів кислот і лугів різної концентрації. Було встановлено зменшення щільності ґрунту за рахунок розчину мінералів, які складають ґрунт. Для лесових ґрунтів найбільшу руйнуючу дію мають розчини соляної кислоти. При замочуванні ґрунтів зони ущільнення, яка обмежена значенням мінімальної щільності сухого ґрунту $\rho_d = 1,55 \text{ т/м}^3$, розчинами з водневим показником $5 \leq \text{pH} \leq 13$, їх міцність практично не змі-

ністься.

5. Розрахункові дослідження напружено-деформованого стану основи фундаментів, які споруджені без виїмання ґрунту.

Проектування основ фундаментів за граничними станами полягає у визначенні опору ґрунту і відповідної цьому опору деформації на всіх етапах навантаження фундаментів. Така залежність має назву "осідання-навантаження", її можна визначити шляхом статичних випробувань фундаментів. Але такі випробування мають велику вартість і їх застосування збільшує кошторис проектних робіт. Скоротити ці витрати можна шляхом використання методів математичного моделювання залежності "осідання-навантаження" за допомогою ЕОМ.

Згідно сучасних уявлень максимальне наближення розрахункової схеми моделі до дійсності і найкраще поєднання надійності і економності досягається за допомогою нелінійних методів розрахунку, які базуються на вирішенні пружно-пластичних задач. У цих задачах граничні стани двох груп аналізують, коли розглядають одну модель ґрунту. За їх допомогою можна одержати коректні і певні рішення, які дозволяють визначити в кожній точці напружено-деформований стан основи. Вірогідність цих рішень залежить від об'єктивного визначення вихідних даних, які характеризують фізичний стан фундаментів і основ.

Дослідженням цієї галузі механіки ґрунтів присвячені роботи І.П.Бойко, Б.Н.Баршевського, О.К.Бугрова, С.Б.Вялова, Б.Ф.Винокурова, О.Л.Гольдіна, Б.І.Дідуха, Д.К.Зарецького, О.Л.Крикановського, Г.М.Ломізе, В.Н.Ніколаєвського, М.В.Малишева, Д.Н.Мурзенко, Л.Н.Расказова, Д.І.Соловйова, О.С.Ситроганова, О.Б.Фадеева, В.Г.Федоровського, Д.М.Шапіро, В.Н.Широкова, М.Хара, Л.Фина та ін.

У постановці пружно-пластичної задачі використано такі гіпотези:

- прояви нелінійності включають пластичну деформацію формозміни при складному напруженому стані, безперешкодне деформування при розтяганні;

- при складному напруженому стані /стиснення зі зсувом/ багальні деформації включають лінійну і пластичну частини; пластична складова деформацій виникає після досягнення межі міцності відповідно до умови Мізеса-Шлейхера-Воткіна:

$$\alpha I_1 + I_2^{1/2} - k = 0 \quad /12/$$

де I_1 - перший інваріант тензора напруг;

I_2 - другий інваріант девіатора напруг;

α і k - характеристики міцності ґрунту при просторовому напруженому стані;

- вектори головних пластичних деформацій /та їх швидкостей/ і головних напруг при складному напруженому стані взяті коаксіальними;

- на стадії пластичного деформування врахована ділатансія зі співвідношенням між швидкостями зміни об'єму і формозміни, яка виражається довільною сталою /неасоційований закон/ при просторовому напруженому стані:

$$\Lambda = I_1 / 6 I_2 ; \quad /13/$$

де I_1 і I_2 - швидкості головних напружень.

Взята геомеханічна модель поєднує найбільш відомі рівняння теорії пружності і пластичності, які використовуються окремо у спрощених розрахункових схемах сучасного проектування.

Процедурну основу розрахунку складає метод початкових напруг у сполученні з методом скінченних елементів, які розробле-

ні Д.М.Шапіро для плоскої і віссиметричної версії. Метод початкових напружень є ітераційним процесом із постійною матрицею корсткості і змінним вектором вузлових сил.

Рівняння, які реалізують процес методу початкових напруг, стосовно до задачі про напружено-деформований стан ґрунтового масиву /після його скінчено-елементної формалізації/ мають вигляд:

$$\{\sigma^e\}_{i+1} = \{\sigma^e\}_i - k\{\sigma^e\} - \{\sigma^p\}_i + \{\sigma_F\}_i; \quad /14/$$

$$\{\epsilon^e\}_{i+1} = \{\epsilon^p\}_i = \{\epsilon^e\}_i + \{\epsilon_F\}_i; \quad /15/$$

де $\{\sigma^e\}_i$ і $\{\epsilon^e\}_i$ - компоненти напруг, відносних деформацій та перемішень у скінченних елементах на i - ступені ітерації;

$\{\sigma^p\}_i$ - компоненти напруг, які відповідають фізичним умовам задачі, їх задають у вигляді числових величин та рівнянь зв'язку з вектором $\{\sigma^e\}$;

$\{\sigma_F\}_i$; $\{\epsilon_F\}_i$ - компоненти напруг, відносних деформацій та перемішень у системі від вектора сил $\{F\}_i = xyz = [B]\{\Delta\sigma\}_i$;

$\{\Delta\sigma\}_i$ - початкові напруги;

Рівняння /14-15/ визначають процедуру методу початкових напруг, яка складається з наступних розрахунків, що виконуються на кожному кроці ітерації:

- визначення вихідних компонент напруг $\{\sigma^e\}_i$ та деформацій $\{\epsilon^e\}_i$, які отримані після дій попереднього стану ітерації за рівняннями /14-15/;

- визначення компонент напруг $\{\sigma^p\}_i$;

- визначення вектора сил $\{F\}_i$;

- визначення компонент напруг $\{\sigma_F\}_i$ та деформацій $\{\epsilon_F\}_i$ шляхом розрахунку системи на дію вектора сил $\{F\}_i$.

Як показник збіжності ітерації взята норма розбіжності сили $E_{Fi} = [\sum (F_{si})^2]^{1/2}$, де $\{F_s\}_i$ - вектор розбіжності сили, який визначають відповідно до процедури методу початкових напруг; S -

номер вузла; i - крок ітерації. Допустиме значення норми розбіжності E_p задається як частина /3-5%/ норми E_p діючого навантаження. На кожному кроці ітерації здійснюється аналіз напруженого стану в скінченних елементах, визначаються початкові напруги $\{\Delta\sigma\}_i = k(\{\sigma^e\}_i - \{\sigma^p\}_i)$ і вектор початкових сил $\{F_i\}_i = [B] \{\Delta\sigma\}_i / [B]$ - матриця співвідношення Коши/, необхідний для побудови вектора розбіжності. Ітераційний процес закінчується після зникнення розбіжності сили до встановленого рівня, або вичерпання заданого ліміту ітерацій.

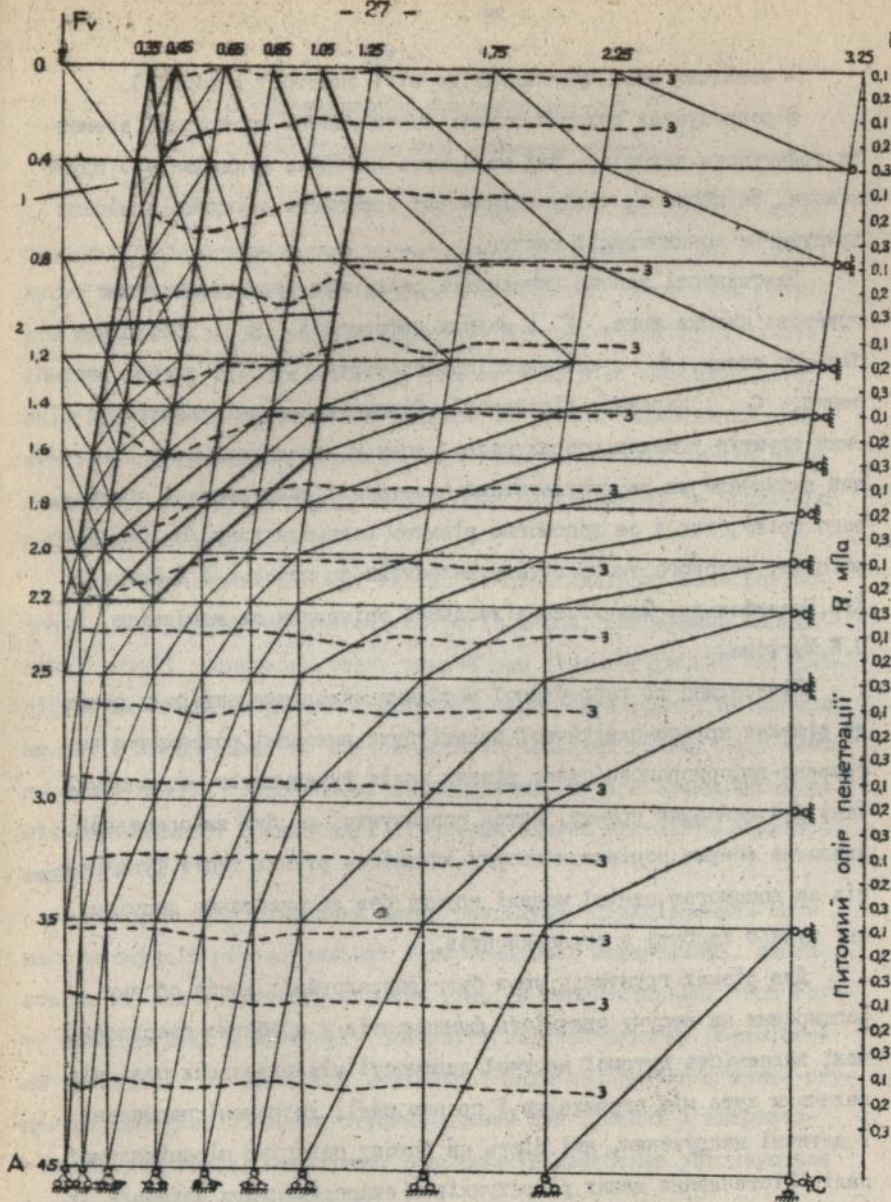
Розрахункова область вісесиметричної задачі є циліндр, вона побудована обертанням прямокутної розрахункової зони навколо вісі симетрії. Вісь симетрії співпадає із віссю фундаменту.

При складанні вихідних даних визначають розміри і будують розрахункову зону фундаменту /мал.4/. Розміри розрахункової зони визначають на основі таких положень:

- нижня горизонтальна границя AC повинна знаходитися у шарі ґрунту, який не має особливих властивостей і придатний як природня основа; глибина залягання її визначається як глибина стиснутої зони при розрахунках осідання основи методом пошарового підсумовування;

- вертикальні бокові границі брали на вісі симетрії OA і на достатній відстані від границі "зони впливу" - BC;

- всі вузли горизонтальної границі AC закріплюють нерухомо; вузли на вертикальних границях OA і BC не мають горизонтальних перемішень за виключенням верхніх вузлів вертикалі BC, які відповідають частині "зони впливу" - зоні впливання. Тому, що трикутні елементи в цій зоні розтягнуті, значно збільшується час розрахунку. При порівнянні встановлено, що таке спрощення практично не впливає на залежність "осідання-навантаження", проте дозволяє значно скоротити витрати машинного часу;



Мал. 4. Розрахункова область пірамідальної палі: 1-палія; 2-границі шарів зони ущільнення; 3-графіки зміни питомого опору penetрації, R в розрахунковій області.

- зовнішня сила прикладена до вісі симетрії у точці О.

В розрахунках використовують континуальні просторові елементи трикутного перерізу, які моделюють матеріал фундаменту і ґрунт основи. Як правило, сітку скінченних елементів згущують у місцях припущення концентрації напруж.

Властивості основи визначають реальними характеристиками ґрунтів: питома вага, γ ; модуль деформації, E ; коефіцієнт бічного тиску, ν ; кут внутрішнього тертя, φ ; питома зчеплення, c ; параметр ділатансії. Фізико-механічні характеристики ґрунтів у межах розрахункової зони у наведених нижче прикладах визначали як за результатами penetрації, зондування і обертового зрізу, так і за допомогою рівнянь взаємозв'язку /8-10/. Коефіцієнт бокового тиску ґрунту визначали за методом Л.В.Дрика і І.О.Розенфельда. Швидкість ділатансії оцінювали за методикою О.К.Бугрова.

Відповідно до розробленої методики складання вихідних даних до рішення пружно-пластичної задачі були виконані розрахунки напружено-деформованого стану різних видів фундаментів, що споруджені без виймання ґрунту. Метод розрахунку, що був використаний, дозволив вперше порівняти несучу здатність різних типів фундаментів за допомогою однієї моделі ґрунту без використання допущень, які були б здобуті з експериментів.

Для різних ґрунтових умов були розраховані: вплив об'єму розширення на несучу здатність фундаментів у пробитих свердловинах; залежність питомої несучої здатності пірамідальних паль від величини кута між вертикаллю і гранню палі; визначені нормальні і дотичні напруження, які діють на бокову поверхню пірамідальної палі. Зіставлення даних розрахунків з експериментами показали їх достатню збіжність, що є свідченням вірогідності взятих умов розрахунку.

6. Проектування фундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень запропонована загальна методика проектування фундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту. Методика передбачає визначення розмірів фундаментів, розрахунок першого і другого граничного станів основи, оцінку міцності тіла фундаменту. До цієї методики автор вніс практичні розробки, які ввійшли до різних нормативних документів з проектування пірамідальних паль і забивних блоків, фундаментів у пробитих свердловинах, опор електромерек із подвійною конічністю стовбура.

Для визначення несучої здатності пірамідальних паль розроблений перевірений на протязі 20 років метод, заснований на вирішенні теорії граничного стану основи при вісесиметричній деформації. У винайденому рішенні враховані сили тертя ґрунту об поверхню палі. Метод дозволяє враховувати заглиблення голови палі ніжче поверхні землі. Розрахунками підтверджено, що при зменшенні кута між вертикаллю і гранню палі її питома несуча здатність збільшується.

Автором запропонований метод розрахунку пірамідальних паль на сумісну дію горизонтальних і вертикальних навантажень. Вважається, що палі-цілковито жорстке тіло, а горизонтальний тиск ґрунту пропорційний коефіцієнту постелі і горизонтальному переміщенню на заданій глибині. Для нелінійної фази деформування взята ступенева функція. Показник ступеню різний для піщаних і пилувато-глинястих ґрунтів. Результати розрахунків достатньо узгоджуються з експериментальними даними.

Розроблений і впроваджений у практику вишукувань метод визначення несучої здатності фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту, за даними статичного зондування розширеним конічним

наконечником із циліндричними ступенями. Вивчена природа перехідного коефіцієнта між опором основи фундаменту і зондуванням. Цей коефіцієнт залежить від виду ґрунту, величини опору зондування і об'єму "зони ущільнення" фундаменту.

Для виробничих умов автором запропонований метод оцінки несучої здатності фундаментів у пробитих свердловинах при відказі трамбовки при контрольних її скиданнях. Встановлений граничний опір основи відповідає часу "відпочинку" $t = 0$. Впроваджено засіб урахування збільшення несучої здатності фундаменту за рахунок оптимального часу "відпочинку".

Набув широкого розповсюдження засіб визначення мінімальної відстані між сусідніми фундаментами. За цю величину взята відстань, яка дорівнює діаметру зони ущільнення основи фундаменту. Діаметр зони ущільнення визначають як функцію кута внутрішнього тертя ґрунту природнього складу. Обґрунтовано, що розподіл відстані між фундаментами залежно від властивостей ґрунту є необхідною умовою при їх проектуванні і будівництві.

Методика визначення параметрів розширення і зони ущільнення фундаментів у пробитих свердловинах дозволяє враховувати явища ущільнення ґрунту і зміну ступеня водонасичення ґрунту.

Розрахунок осідання фундаментів, що споруджуються без виїмання ґрунту і їх кушів необхідно визначити для умовного масиву "ґрунт-фундамент". Зовнішні межі масиву визначають за допомогою параметрів "зони впливу". Підшву умовного фундаменту слід брати на рівні підшви зони достатнього ущільнення ґрунту основи.

7. Результати експериментально-теоретичних досліджень осідання будівель на фундаментах, що споруджені без виїмання ґрунту.

З 1969 року під керівництвом автора проводяться постійні

спостереження за осіданнями багатьох будівель, які споруджуються, або вже експлуатуються. Ці роботи виконуються у Сумській, Полтавській, Черкаській, Запорізькій областях. Будівлі мають фундаменти у пробитих свердловинах і витрамбовуваних котлованах, пірамідальні палі, а також стрічкові на основі зі слабким підстильним шаром, підсиленим шляхом втрамбовування шебю крізь пробиті свердловини. Спостереження здійснюють методом нівелювання за III класом точності поверхневих марок, які встановлені на рівні цоколя будівель у зовнішніх і внутрішніх стінах.

Спостереження виконують з метою:

- визначення величин осідання будівель на перелічених фундаментах з урахуванням можливих змін інженерно-геологічних умов ділянки будівництва;

- порівняння результатів тривалих спостережень із даними статичних випробувань фундаментів; розрахунковими величинами осідань відповідно до норм, які діють; а також із результатами аналітичного методу розрахунку на основі рішень нелінійної механіки ґрунтів.

При здійсненні інструментальних спостережень ураховані конструктивні особливості системи "будівля-фундамент", що споруджені без виїмання ґрунту, обґрунтоване використання нівелювання за програмою III класу.

Дані спостереження за осіданнями будівель дозволили з'ясувати ряд положень, які прогнозувалися на попередніх етапах досліджень:

- при порушенні положення про мінімальну можливу відстань між фундаментами відбувається їх виштовхування в процесі занурення сусідніх фундаментів; при завантаженні таких фундаментів спорудою, яка зводиться, вони займають колишнє становище; цим значно збільшується осідання будівлі; для пірамідальних палей у

пісках ця величина склала 7-10,5 см;

- осідання будівлі значно залежить від коефіцієнта β , переходу від граничного значення середнього осідання фундаменту, $S_{u,mt}$, до його осідання, \bar{S} , яке встановлено за результатами статичних випробувань із затуханням деформації при умові, що середнє кінцеве осідання будівлі не повинно перевищувати граничну величину; цей коефіцієнт залежить від ступеня водонасичення ґрунту основи, S_r , для фундаментів у пробитих свердловинах така залежність має вигляд:

$$\beta = 1,2 S_r - 0,2 ; \quad /16/$$

коефіцієнти: кореляції $r = 0,982$; варіації $v = 0,07$.

- для усіх будівель, за осіданнями яких проводили спостереження, деформації не перевищували гранично допустимих величин, експлуатація цих будівель здійснювалась нормально;

- дослід, який проведено шляхом замочування основи з просідаючих ґрунтів першого типу дев'ятиповерхового житлового будинку, показав, що запас, закладений в розрахунок при визначенні коефіцієнта, β , по залежності /16/ дозволяє і в цьому випадку одержувати деформації менші за граничні;

- підтверджена на практиці надійність і ефективність спорудження стрічкових фундаментів на слабкому підстильному шарі ґрунту шляхом втрамбовування шобню скрізь пробиті свердловини; осідання будівлі 4-поверхової школи на такій основі стабілізувалися і не досягли граничних величин;

- аналіз залежностей "осідання-час", які встановлені шляхом спостережень за осіданнями будівель, що споруджені на досліджених ґрунтах, показав, що у будівельний період частина осідання, коли ступінь вологості ґрунтів основи $S_r \leq 0,7$ складає 70-80%, а у водонасичених ґрунтах 50-70% їх кінцевих величин;

- кінцеві осідання фундаментів будівель, які були визначені за методиком СНиП 2.02.03-85 для одиночних паль з розширенням,

звичайно складають 30-50% від середніх фактичних осідань будівель;

- для прогнозування середнього осідання будівель на фундаментах у пробитих свердловинах /ФПС/ рекомендована залежність, яка була встановлена шляхом багатофакторного аналізу результатів експериментів:

$$\bar{S} = b_0 + b_1 S_{pt} + b_2 \frac{S_{zt}}{S_z} + b_3 A_{cz} \quad /17/$$

де імперичні коефіцієнти $b_0 = -0,633$ мм; $b_1 = 0,908$ мм; $b_2 = 42,06$ мм; $b_3 = -38,22$ мм/м²; S_{pt} - осідання дослідного ФПС від навантаження F за даними статичних випробувань, мм; S_{zt}/S_z - відношення ступеня вологості ґрунтів основи ФПС в період їх експлуатації і при проведенні випробувань; A_{cz} - площа перерізу розширення; коефіцієнти: кореляції $r = 0,975$; варіації $v = 0,12$.

При будівництві багатоповерхових житлових будинків на лесових ґрунтах у містах Полтава і Суми розрахунок за формулою /17/ показав відносну похибку середнього осідання будівель у 15%.

В. Результати впровадження нових конструкцій і технологій виготовлення фундаментів, які споруджені без виїмання ґрунту.

В процесі розробки теми були створені нові види обладнання, конструкції і ресурсозберігаючі технології виготовлення таких фундаментів. Більшість із них захишені авторськими свідоцтвами і патентами.

Для влаштування фундаментів у пробитих свердловинах утворена і запроваджена у виробництво принципово нова пересувна установка на базі самохідних шасі автомобіля КРАЗ, тракторів Т-150К, СЕМ-7, яка має високу мобільність за рахунок можливості переміщення її з об'єкту на об'єкт без демонтажу навісного обладнан-

ня. Це було досягнуто використанням складної напрямної.

Удосконалене відоме навісне обладнання для влаштування фундаментів у пробитих свердловинах на базі екскаватора Э-100II за рахунок застосування нових конструкцій дозувального бункеру і противипірного кільця. Ці нововведення дозволили підвишити якість процесу витрамбовування жорсткого матеріалу в розширення фундаменту, а також збільшити продуктивність праці.

На основі теоретичних досліджень "зони впливу" пірамідальних палей була розроблена нова конструкція фундаменту, який складається із короткої циліндричної оболонки, яку занурюють у ґрунт. В оболонку співвісно занурюють пірамідальну палею, розміри якої підбирають так, щоб діаметр "зони впливу" був більший ніж діаметр оболонки. Ця умова забезпечує сумісну роботу палі, оболонки і ґрунту, який в ній міститься.

Для різних умов будівництва розроблена група нових конструкцій фундаментів у пробитих свердловинах, при спорудженні яких використовують місцеві будівельні матеріали. Несучу здатність таких фундаментів можна підвишити за рахунок нової технології влаштування розширення із втрамбовуваного жорсткого матеріалу.

При зведенні будівель і споруд у складних інженерно-геологічних умовах при наявності слабкого підстильного шару ґрунту розроблена, досліджена і впроваджена у виробництво ресурсозберігаюча технологія підсилення слабкого шару шляхом втрамбовування шебеню крізь пробиті свердловини. Це дозволило замінити забивні призматичні палі фундаментами мілкого закладання на підсиленій основі.

Розроблена методика підрахунків витрат енергоресурсів при влаштуванні різних видів фундаментів. Методика відрізняється тим, що підрахунок витрат енергоресурсів ведуть із урахуванням їх витрат на виготовлення будівельних матеріалів і особливос-

тей будівельних робіт.

Основні результати і висновки роботи.

В дисертаційній роботі викладені результати експериментальних і теоретичних досліджень, які присвячені вирішенню значної науково-технічної проблеми - розробці методики проектування і будівництва фундаментів, які споруджують без виймання ґрунту. Результати роботи мають велике народногосподарське значення при зведенні будівель і споруд у різних інженерно-геологічних умовах України.

Основні наукові і практичні результати дослідження викладені у наступних висновках:

1. Розроблена класифікація фундаментів і штучних основ, що споруджують без виймання ґрунту. В її основу покладені принципи їх влаштування, які визначають конструкцію і особливості взаємодії з основою таких фундаментів.

2. Фундаменти, які розглядаються, мають загальну ознаку - формування під час їх влаштування розвинутої "зони впливу", в межах якої властивості ґрунту різняться з ґрунтами природного складу. Визначена багаточарова будова "зони впливу", її основною частиною є зона ущільнення ґрунту.

3. Для вивчення "зони впливу", її складових, розроблена група методів досліджень на основі пенетраційних і зондувальних випробувань ґрунтів розширеним конічним наконечником із циліндричними ступенями. За допомогою цих методів у польових умовах визначають межі зони ущільнення ґрунту і її фізико-механічні властивості. Дослідження можна виконувати без влаштування шурфів у будь-яких ґрунтах і нижче рівня підземних вод.

4. За допомогою розроблених методів /період із 1970 р. до 1994 р./ здійснені масові дослідження стійкості параметрів зони

ушільнення різних фундаментів у пісках і пілувато-глинястих грунтах. Встановлено, що при виключенні вивітрювання основи і її проморожування-розморожування, властивості ґрунту зони ушільнення не змінюються.

5. Експериментальними і теоретичними дослідженнями встановлено, що фізико-механічні властивості ґрунтів основи фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту, можна узагальнити за допомогою рівнянь взаємозв'язку. До того ж, одним рівнянням можна оцінити зміну характеристик ґрунту, як у "зоні впливу", так і за її межами. Рівняння встановлюють експериментальним шляхом для одного літологічного різновиду ґрунту.

6. Експериментально доведено і теоретично обґрунтовано явища "відпочинку" фундаментів, що споруджують без виїмання ґрунту. За своєю природою воно є синтезом тиксотропного і гравітаційного знеміцнення-зміцнення пілувато-глинястих ґрунтів. Важливими чинниками цього явища є розміри "зони впливу", склад і властивості ґрунтів основи, характер і тривалість дії динамічного навантаження. Встановлені аналітичні залежності між параметрами цього процесу і чинниками, які на нього впливають. Запропонований засіб урахування явища "відпочинку" при визначенні несучої здатності фундаментів, що споруджені без виїмання ґрунту.

7. Експериментально встановлено вплив замочування, проморожування-розморожування, кислотних і лугових агресивних середовищ на властивості ґрунту "зони впливу". Для лесових ґрунтів негативний вплив цих явищ знижується при щільності сухого ґрунту $\rho_d \geq 1,55 \text{ т/м}^3$. На основі цих досліджень визначені рекомендації для обмеження робочої частини "зони впливу".

8. Розроблена і введена у практику проектування методика складання вихідних даних для рішення пружно-пластичної задачі при оцінюванні напружено-деформованого стану фундаментів, які споруджені без виїмання ґрунту методом скінченних елементів. Ме-

тодика відрізняється від відомих тим, що можна ураховати розміри і форму "зони впливу", а також зміну фізико-механічних властивостей ґрунту в її межах. Характеристики ґрунту встановлюють у кожному скінченному елементі за допомогою рівнянь взаємозв'язку між фізичними і механічними властивостями ґрунтів.

9. Шляхом обчислювального експерименту для різних ґрунтових умов були досліджені: вплив розмірів і форми фундаментів на їх несучу здатність; визначені нормальні і дотичні напруження на контакті пірамідальної палі і ґрунту та інші феноменологічні задачі досліджень. Порівняння даних розрахунків з експериментом показало їх достатню схожимість, що є свідомством про імовірність взятих умов розрахунків.

10. На основі експериментальних і теоретичних досліджень розроблені загальні принципи проектування фундаментів, які споруджують без виїмання ґрунту. Вони засновані на урахованні параметрів "зони впливу" і процесів, які в ній відбуваються під дією різних факторів.

11. Дані інструментальних спостережень за осіданнями 25 будівель дозволили обґрунтувати основні положення, які забезпечили їм нормальні умови експлуатації. Встановлені співвідношення між осіданнями будівель, даними розрахунків за нормами також осіданнями дослідних фундаментів за результатами статичних випробувань. Ці співвідношення залежать від ступеня водонасиченості пилувато-глинястих ґрунтів.

12. На основі результатів досліджень розроблені і запроваджені в будівництво нові види обладнання для влаштування фундаментів у пробитих свердловинах; нові конструкції і ресурсозберігаючі технології влаштування фундаментів, що споруджуються без виїмання ґрунту. Ці розробки захищені 12 авторськими свідоцтвами і патентами України і Росії.

За участю автора фундаменти, що споруджують без виїмання ґрунту, були запроваджені замість традиційних у промислового, цивільного, сільському, транспортному будівництві. Це дозволило досягти економії кошторисної вартості будівництва на 12,65 млн.крб./в цінах 1988 р./; скоротити втрати: сталі - на 11,44 тис.т; цементу - на 32,135 тис.т; умовного палива - на 25 тис.т.

З теми дисертації надруковано понад 130 наукових праць. Основні з них такі.

Книги:

1. Примеры расчета оснований и фундаментов сельских зданий и сооружений. - Киев, "Будівельник", - 1986, - 104 с. /співавтор А.В.Яковлев/.
2. Технология строительства сельских производственных зданий. - Киев, "Урекай", - 1988. - 270 с. /співавтори Л.Г.Брисова, В.І.Завалій, В.І.Коваленко та ін./.
3. Інженерна геологія, механіка ґрунтів, основи і фундаменти. //Підручник для спеціальності 29.03. - Київ, "Виша школа" - 1992. - 408 с. /співавтори В.І.Коваленко, В.Г.Хілобок, А.В.Яковлев/.
4. Приклади розрахунку основ і фундаментів сільських будівель і споруд //Учебний посібник для спеціальності 29.03. - Київ, НМКВО, - 1992, - 236 с. /співавтор А.В.Яковлев/.

Рекомендации, инструкции.

5. Технические указания по проектированию и устройству фундаментов зданий на коротких пирамидальных сваях. - М., Митрансстрой, - 1975. - 42 с. /співавтори Є.В.Платонов, О.А.Орел, А.С.Головачев і ін./.
6. Методические указания по статическим испытаниям пирамидальных свай на действие горизонтальной и моментальной нагрузок. - М., Минтрансстрой, - 1977. - 18 с. /співавтори О.А.Орел, Є.В.Пла-

- тонов, А.С.Головачев і ін./.
7. Железобетонные короткие пирамидальные сваи для стоечно-рамных систем одноэтажных производственных зданий. //Выпуск 1. Указания по расчету и применению пирамидальных свай. - М., Госстрой СССР, Промстройпроект, - 1978. - 41 с. /співавтори П.Я.Альтштейн, Б.І.Завалій, В.І.Хазін/.
 8. Железобетонные короткие пирамидальные сваи для стоечно-рамных систем одноэтажных производственных зданий. //Выпуск 2. Рабочие чертежи пирамидальных свай. - М., Госстрой СССР, Промстройпроект, - 1978. - 37 с. /співавтори П.Я.Альтштейн, Б.І.Завалій, В.І.Хазін/.
 9. Методические рекомендации по проектированию и устройству фундаментов из коротких пирамидальных свай в грунтовых условиях УССР для одноэтажных производственных сельскохозяйственных каркасных зданий и сооружений. - Киев., Укрмежколхозстрой, - 1981, - 77 с. /співавтори С.А.Слюсаренко, Г.Ф.Шишко, О.А.Орел і ін./.
 10. Указания по проектированию и устройству фундаментов на пирамидальных сваях. - Минск, Госстрой ВССР, - 1984. - 37 с. /співавтори Б.І.Циунчик, О.А.Орел/.
 11. Проектирование и устройство пирамидальных свай и забивных блоков для малоэтажных сельских зданий. ВСН 26.84. - М., Минсельстрой СССР. - 1985. - 76 с. /колектив авторів/.
 12. Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов в пробитых скважинах в грунтовых условиях УССР для безкаркасных сельских зданий с погонной нагрузкой до 60 кН: - Киев, Госагропром УССР, - 1988. - 32 с. /співавтори П.М.Смельченко, Ю.Л.Винников, Е.Г.Малаццдзе/.
 13. Проектирование и устройство фундаментов из коротких пирамидальных свай в грунтовых условиях УССР для сельских зданий и

сооружений. - Киев, Госагропром УССР, - 1988. - 84 с. /коллектив авторов/.

14. Указания по статическому зондированию грунтов уширенным коническим наконечником с цилиндрическими степенями. - Полтава, Полтавский ИСИ, - 1989. - 16 с. /співавтор С.В.Біда/.
 15. Рекомендации по устройству фундаментов в пробитых скважинах с уширением в нижней части из втрамбованного жесткого материала. - Полтава, Киев. - Полтавский ИСИ, Минмонтажспецстрой Украины, - 1990. - 43 с. /співавтори Ю.Л.Бинников, П.М.Омельченко/.
- Статьи в журналах и сборниках.
16. Определение трения и сцепления песчаных грунтов по результатам статического зондирования //В сборнике "Информационный бюллетень ЦИИСИЗа, Госстроя РСФСР", № 3, - М., - 1968. - с. 11-17 /співавтор В.Ф.Разоренов/.
 17. Определение трения и сцепления песчаных грунтов по результатам пенетрационных испытаний. //В сборнике "Информационный бюллетень ЦИИСИЗа, Госстроя РСФСР", № 4, - М., 1968. - с. 5-10. /співавтор В.Ф.Разоренов/.
 18. Исследование границ зоны выпирания песчаного грунта, возникающей при погружении конического наконечника с углом раскрытия 30° . //В сборнике "Инженерные изыскания в строительстве". - Киев, Укринтгиз, - 1968. - с. 13-20.
 19. Пенетрационный способ исследования зоны уплотнения, возникающей при погружении пирамидальных свай в песчаный грунт. //Основания и фундаменты. Вып. 7 - Киев, "Будівельник", - 1974. - с. 37-41.
 20. К вопросу определения несущей способности одиночной свай в просадочных грунтах. //Транспортное строительство, № 8. - М., Транспорт, - 1974. - с. 31-32. /співавтори Є.В.Платонова,

О.М.Ландар/.

21. Особливості використання пірамідальних паль під будівлі з рамних конструкцій. //Сільське будівництво, № 6. - Київ, "Будівельник", - 1976. - с. 15-16. /співавтори Б.І.Завалий, О.М.Ландар/.
22. Исследования взаимодействия пирамидальных свай и грунта. //Пирамидальные сваи. Вып. 98, труды ВНИИТС. - М., Транспорт, - 1976. - с. 15-27. /співавтори В.И.Хазін, А.С.Головачев/.
23. Применение решений осесимметричной задачи теории предельного равновесия для определения несущей способности пирамидальных свай //Пирамидальные сваи. Вып. 98, труды ВНИИТС. - М., Транспорт, - 1976. - с. 37-45. /співавтор Ландар О.М./.
24. Определение несущей способности пирамидальных свай на основе зондирования грунта. //Пирамидальные сваи. Вып. 98, труды ВНИИТС. - М., Транспорт, - 1976. - с. 83-88.
25. Исследование зоны уплотнения грунта у коротких пирамидальных свай по данным зондирования. // Основания, фундаменты и механика грунтов. № 5. - М., Стройиздат, 1976. - с. 17-19. /співавтори М.М.Вагидов, В.И.Хазін, О.М.Ландар/.
26. Определение несущей способности свай по данным статического зондирования. //Промышленное строительство и инженерные сооружения, № 1. - Киев, "Будівельник", - 1976. - с. 23-25. /співавтори Б.В.Платонов, М.М.Вагидов/.
27. Исследование устойчивости во времени зоны уплотнения грунта вокруг пирамидальных свай, подвергающихся динамическим воздействиям. //Основания и фундаменты, № 10. - Киев, "Будівельник", - 1977. - с. 78-79. /співавтори Б.В.Платонов, О.М.Ландар, В.М.Полищук/.
28. К вопросу о влиянии сил трения грунта по боковой поверхности

- конических наконечников на результаты пенетрации и зондирования. //Основания и фундаменты, № II. - Киев, Будівельник, - 1978. - с. 44-47. /співавтор М.М.Вагидов/.
29. К расчету коротких пирамидальных свай на действие горизонтальных нагрузок. //Транспортное строительство, № 12. - М., Транспорт, - 1979. - с. 44-46. /співавтори О.М.Ландар, В.А.Мочульский/.
30. Влияние угла заострения, заглубления и формы поверхности пирамидальных свай на их сопротивление вертикальным нагрузкам //Исследование рациональных конструкций фундаментов. Минвузовский сборник научных трудов. - Воронеж, из-во ВГУ, - 1984, - с. 38-43. /співавтор Б.І.Завалій/.
31. Сокращение энергозатрат при устройстве фундаментов //Промышленное строительство и инженерные сооружения, № I, - Киев, Будівельник, - 1986. - с. 14-15. /співавтори М.О.Коршунов, М.Ф.Передерій/.
32. Фундаменты у пробитых свердловинах //Сільське будівництво, № 2 - Київ, Будівельник, - 1988. - с. 11-13 /співавтор П.М.Омельченко/.
33. К расчету пирамидальных свай на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок //Исследование свайных фундаментов. Межвузовский сборник научных трудов. - Воронеж, из-во ВГУ, - 1988. - с. 94-102.
34. Устойчивость зданий на фундаментах в пробитых скважинах //Промышленное строительство и инженерные сооружения, № 3. - Киев, Будівельник, 1989. - с. 12-13 /співавтор Д.Л.Винников/.
35. Повышение эффективности использования фундаментов в пробитых скважинах в водонасыщенных глинистых грунтах за счет фактора времени //Интенсификация строительного производства. Сборник

научных работ. - Киев, УМОМО Украины, - 1989. - с. 37-41,
/співавтор Д.Л.Винников/.

36. Определение форм и размеров уширений и зон уплотненного грунта фундаментов в пробитых скважинах // Основания, фундаменты и механика грунтов, № 5. - М., Стройиздат. - 1989. - с. 8-10,
/співавтори Д.Л.Винников, В.І.Коваленко, П.М.Омельченко/.
37. Способ улучшения свойств заторфованных грунтов. //Основания и фундаменты. Вып. 23, - Киев, Будівельник, - 1990. - с. 22-24. /співавтор В.М. Аль-Клуб/.
38. Ресурсосберегающая технология устройства фундаментов //Промышленное строительство и инженерные сооружения, № 1. Киев. Будівельник, - 1991. - с. 14-15, /співавтори І.І.Горбань, П.М.Омельченко/.
39. Нелинейная модель основания фундамента в пробитой скважине. //Эффективные строительные материалы и конструкции, используемые при возведении зданий и сооружений. Сборник научных работ. - Киев, УМО ВО Украины, 1992. - с. 5-10. /співавтор С.В.Віда/.
40. Защита железобетонных элементов от коррозии в кислой агрессивной среде основания //Конструкции зданий и строительное производство. - Киев, ЦСИО Украины, - 1993. - с. 67-72.

А Н Н О Т А Ц И Я

Зоценко Н.Д. Напряженно-деформированное состояние основания фундаментов, сооружаемых без выемки грунта /исследование, проектирование, строительство/. Рукопись. 05.23.02. - Основания и фундаменты. Научно-исследовательский институт строительных конструкций. Киев - 1995 г. Объектом исследований является группа фундаментов и искусственных оснований, сооружаемых без выемки грунта. При их устройстве в основании формируется "зона влияния", в пределах которой характеристики грунта отличаются от естественных. Разработана методология и исследованы геометрические параметры этой зоны и изменчивость характеристик грунта в ее пределах. Оценена устойчивость и надежность этих параметров во времени путем инструментальных наблюдений за осадками зданий на таких фундаментах. Информация о зоне влияния использована при решении упругопластической задачи методом конечных элементов. Разработаны принципы проектирования таких фундаментов, предложены новые конструкции и ресурсосберегающие технологии их изготовления. Исследования внедрены в практику строительства.

A B S T R A C T

Zotsenko N.L. A straining-deformed state-of bases of the foundations being constructed without taking soil out (investigation, design, construction). Manuscript. 05.23.02 - Bases and Foundations. The Scientific Research Institute for Building Constructions. Kiev - 1995. The object being investigated is a group of foundations and artificial bases being built without taking soil out. At their arrangement there is an "influence zone" in a base formed, in bounds of which soil characteristics differ from the natural ones. The methodology has been worked out, the geometric parameters of that zone and the changeability of soil characteristics in its bounds have been investigated. The stability and reliability of these parameters in a time have been estimated by way of instrumental superintendence of sinkings of the buildings on such foundations. Information about the influence zone has been used for solution of the elasticity-plasticity problem by means of a method of finite elements. The principles of design of such foundations have been elaborated, the new structures as well as the resources-saving technologies for their manufacturing offered. The investigations have been incucated in construction practice.

КЛЮЧЕВІ СЛОВА: фундаменти, які споруджені без виїмання ґрунту; "зона впливу"; зона ущільнення; penetрація; зондування; пружнопластична задача; ресурсозаощадлива технологія.

Підписано до друку 2.02.95р. Формат 60x84 1/16. Папір друкарський.
Друк плоский. Умовн. друк. арк. 2. Замовлення №138. Тираж 101. Безкоштовно.
Дільниця оперативного друку статистичного управління Полтавської області.
м. Полтава, вул. Пушкіна, 103.

U 5 20

AB 31.900

AB 31.900