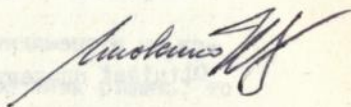


ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ МІСТОБУДУВАННЯ ТА АРХІТЕКТУРИ УКРАЇНИ
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
/НДІБК/

На правах рукопису

ЛІСОВЕНКО Ігор Євгенович



ВДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ФУНДАМЕНТІВ НА ПІЛІТХ
ДО ДЕФОРМАЦІЯХ ОСНОВИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ПОЛЬОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ҐРУНТІВ СТАТИЧНИМ ЗОНДУВАННЯМ

Спеціальність 05.23.02 – Основи та фундаменти

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1995

ЛННБ України ім.В.Стефаніка

Робота виконана в Науково-дослідному Інституті
конструкцій Державного Будівельного Університету



00761676 (X)

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор,
академік АБ України Г.І.ЧЕРНИЙ

Консультант – кандидат технічних наук М.С.МЕТЕЛЮК

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор,
академік АБ України І.П.БОЙКО

кандидат технічних наук, старший науковець
В.Д.ФОМАНОВ

Провідна установа – "Житомирспецбуд" м. Житомир

Захист відбудеться " 26 " грудня 1995 р. в 10.00 год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д01.Г4.01 Науково-
дослідного інституту будівельних конструкцій 252180, м.Київ -
В7, вул. І.Клишняка, 5/2.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Науково-
дослідного інституту будівельних конструкцій.

Автореферат розісланий " 24 " листопада 1995р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,

кандидат технічних наук *В.С.Стефанік* М.Г.МАР'ЄНКОВ

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сьогодні залишається актуальною проблема будівництва та забезпечення надійної експлуатації споруд в складних інженерно-геологічних умовах. Так на Україні майже 400 тис. кв. км. представлені просідаючими і слабкими ґрунтами. Використання палів в таких умовах дозволяє вирішити проблему влаштування ефektивних фундаментів. При цьому масове застосування знаходять забивні призматичні залізобетонні висячі палі, що досягають у довжину 20 м та більше.

Оскільки аналітичні методи розрахунків фундаментів на палях часто не забезпечують високої точності проектних рішень, то як напрямок їх поліпшення, визначено використання даних полевих досліджень ґрунтів. Аналіз методів цих досліджень показує, що більшість з них непридатні для проектування фундаментів на палях по причині трудомісткості і обмеженості їх проведення по глибині основи. Найбільш прийнятним за таких умов визначено метод статичного зондування. На основі цього методу в НДІН розроблена методика розрахунку фундаментів на палях з визначенням поверхні однакової несучої спроможності. Враховуючи, що осідання палів, запроектованих по цій методиці, по ряду причин будуть відрізнятись, логічно доповнити її контрольним розрахунком осідань. Питання підвищення надійності інтерпретації даних статичного зондування частково вирішується у цій роботі.

Ціль роботи: розробка методики розрахунку фундаментів на висячих палях по деформаціях основи з побудовою поверхні однакової допустимих осідань на основі методу статичного зондування. Зважаючи на недостатню ймовірність інтерпретації даних статичного зондування, поставлено завдання підвищення надійності шляхом врахування відмінностей в роботі палі і

зонду, а також встановлення емпіричних залежностей для визначення механічних характеристик ґрунтів по даних статичного зондування.

Автор захищає:

- результати кореляційного аналізу у вигляді емпіричних формул для визначення механічних характеристик ґрунтів по даних статичного зондування для північно-західного регіону України;
- вдосконалену методику розрахунку фундаментів на палях з додатковою побудовою поверхні однакових допустимих осідань.

Наукова новизна.

1. В результаті кореляційного аналізу паралельних зв'язків між результатами статичного зондування і еталонних методів досліджень ґрунтів, проведених вишукувальними установами в північно-західному регіоні України для пічків, супісків, суглинків, глин різного генезису, за виключенням просіданих ґрунтів, встановлено емпіричні залежності визначення міцностей і деформаційних характеристик ґрунтів.

2. Наведена в дисертації методика розрахунку палі по деформаціях основи дозового об'єкта поряд з даними про величини нормованої граничної несучої здатності в плані та по глибині ґрунтового масиву відповідні значення осідань палі /контрольний розрєхунок/, а також осідання палі по глибині їх занурення при заданому сталому навантаженні.

3. Запропонована методика розрахунку палі по деформаціях основи відрізняється підходом до впливу на осідання палі бокового тєртя по її стовбуру. Даний підхід ґрунтується на експериментальних та теоретичних даних, наведених в дисертації.

4. Вирішується завдання визначення по даних статичного зондування огору ґрунту під дією палі у випадку наглиблення в м'які ґрунти, підстильні слабкі, коли можливе формування

вибору міцного ґрунту в слабкий шар.

Ймовірність результатів оцінюється порівнянням даних розрахунку пальових фундаментів по запропонованій методиці на конкретних об'єктах будівництва з даними польових випробовувань палей осьовим вдавлюючим навантаженням, виконаних на цих об'єктах.

Практична цінність роботи. Розроблена методика розрахунку пальових фундаментів по двох граничних станах, що ґрунтується на використанні методу статичного зондування і має більш високий, ніж досі, рівень надійності.

Реалізація роботи. Запропонована методика являє собою основу для розробки "Методичних рекомендацій для розрахунку фундаментів на паях по даних статичного зондування з побудовою поверхні однакової несучої здатності і з контролем нормованих величин осідань палей для північно-східного регіону України", а також може бути використана при підготовці Українських будівельних норм і правил.

Апробація роботи та публікації. Основні результати та положення роботи викладені та опубліковані в 2-х статтях, представлених у вигляді доповідей та опублікованих нотаток до них на конференціях:

1. Науково-технічна конференція країн СНД по основах та фундаментах в м. Сочі, 1992 р.

2. Науково-технічна конференція по промисловому та громадянському будівництву у м. Мінську, 1992 р.

Подана заявка і одержано позитивне рішення на винахід "Зонд для дослідження ґрунтів - натуральному та замоченому стані".

Об'єм та структура дисертації. Дисертація складається з передмови, чотирьох глав, заключення, списку використаної літератури

ри і додатку. Загальний об'єм становить 187 сторінок, з них 140 сторінок основного тексту, 7 таблиць, 39 малюнків, 147 найменувань використаних джерел, 2 сторінок додатку.

МІСТ РОБОТИ

В передмові дане обґрунтування актуальності теми, поставлені задачі досліджень та розробок, наведена загальна характеристика роботи та основні положення, які стосуються захисту. Перша глава присвячена аналізу стану питання і постановці задачі досліджень. Зокрема тут розглянуті аналітичні методи розрахунку фундаментів на палях по межі граничних станів згідно діючих нормативних документів. Також проведено аналіз польових методів досліджень ґрунтів з точки зору визначення базового для розрахунку фундаментів на палях. При цьому використувались роботи Д.Г.Маріупольського, Ю.Г.Трофіменкова, О.І.Ігнатової, Г.К.Бондарика, А.К.Бутрова, І.М.Васильєва, А.Віло, П.Н.Воробкова, М.І.Гольцштейна, І.З.Гольцфельда, Б.А.Гохфельда, В.Ф.Разорнова, І.Б.Рижкова, А.І.Рубінштейна, В.І.Ферронського, В.І.Тер-Мартirosяна, а також порівняли методи на проведення польових вишукувань ґрунтів різними методами. В результаті аналізу, як базовий для розрахунків пильових фундаментів обґрунтовано вибір методу статичного зондування, як найбільш оперативного і нетрудомісткого, дозволяє достатньо інтенсивно дослідити ґрунтову основу та глибину занурення палі.

Дана історична довідка до розвитку методу статичного зондування на основі робіт Г.Санглера, К.Терцагі, Б.Бромса, Х.Бегемана, В.Ф.Разорнова, І.Б.Рижкова, Г.С.Колесника, Ю.Г.Трофіменкова.

Розглянута розроблена в НДІЖ методика розрахунку фундаментів на палях, що викладена в "Методичних рекомендаціях по

проектуванню та влаштуванню пальових фундаментів : зануренням паль до поверхні однакової несучої здатності" під ред. М. (* Метелюка.

Виділені напрями вдосконалення даної методики в плані підвищення ймовірності одержуваних результатів, зокрема контрольним розрахунком паль по деформаціях основи.

Друга глава присвячена розгляду рівня надійності даних статичного зондування на основі їх порівняння з матеріалами звітів статичних випробовувань натурних паль вдавлюючим навантаженням. Використовувались звіти Рівненського опорного пункту НДІЖ і звіти про спільні випробовування ґрунтів в НДІпромбуд, м. Уфа та Угорським підприємством ФТІ. Як критерій ймовірності використовувався коефіцієнт надійності, визначуваний із співвідношення:

$$K_H = \frac{\Phi_C}{\Phi_3} \quad /I/$$

де Φ_C - окреме значення граничного опору заглиблення палі вдавлюючим навантаженням, визначаване по польових статичних випробовуваннях паль вдавлюючим навантаженням;

Φ_3 - окреме значення граничного опору палі, обчислене в тій же точці по даних статичного зондування;

K_H - коефіцієнт надійності для перерахунку Φ_3 на Φ_C . Значення коефіцієнту надійності K_H для різних будівельних майдаників коливається в широких межах - від 0,2 до 2,0. Як показують виконані в НДІпромбуд, НДІОСП, ДПІ фундаментпроект узагальнення результатів зондування та випробовувань паль в конкретних регіональних умовах, розходження між результатами розрахунків та даними випробовувань проявляють певну регіональну специфічність, котра виявляється досить оталою.

Для визначення шляхів підвищення рівня надійності інтер-

претації даних статичного зондування при проектуванні фундаментів на паях був також розглянутий реальний процес роботи палі та визначені його теоретичні основи по даних робіт Г.С. Колесника, І.Б. Рижкова, Ф.К. Лапшина, А.Кезді, П.Г. Абраменко, Г.М. Петренко, В.Д. Фасштейна. На їх основі обґрунтовано трьохкомпонентну схему розрахунку одиночної палі при дії на неї граничного навантаження.

На основі „аужових робіт І.Б. Рижкова та Н.З. Біленко, проведених в НДІпромбуд м.Уфа, експериментально встановлені закономірності формування опору по боковій поверхні палі і під її вістря, які відповідають трьохкомпонентній схемі роботи палі.

Використовуючи дані робіт Г.С. Колесника, І.Б. Рижкова, Л.І. Меріупольського, Б.В. Баходдіна, Ф.К. Лапшина, І.П. Бойка, І.Ф. Потапенка, К. Терцагі, Д.Ю. Вайчайтіса, І.З. Гольдфельда, Б.В. Гончарова, А.М. Гулька, Ю.І. Ковальова, Б.І. Кулачкіна, В.Н. Маркорова, Л.Д. Мартинової, М.А. Метса, Г.В. Міткіна, Г.Ф. Новожилова, А.Б. Радугіна, Г.С. Родкевича та В.І. Ферронського визначені і розглянуті фактори, що впливають на ймовірність інтерпретації даних статичного зондування. На основі аналізу цих факторів виділені дві групи. До першої відносяться ті з них, що можуть бути враховані за допомогою встановлення емпіричних залежностей при переході від роботи зонду до палі. До другої групи відноситься фактор різних умов формування зон зсувів біля нижнього кінця палі і зонду на межі ґрунтових шарів різної міцності, коли міцний шар підстиляє слабкий. В цьому випадку біля нижнього кінця палі можливо при певних умовах формування витиску міцного ґрунту в слабку товщу, в той час як для зонду це явище проявляється слабо.

В третій главі викладена методика відбору матеріалів для про-

ведення кореляційного аналізу зв'язків даних статичного зондування зондом II типу з паралельними їм даними досліджень ґрунтів еталонними методами з метою встановлення емпіричних залежностей для визначення деформаційних характеристик ґрунтів, а також результати такого аналізу.

З метою визначення виду кореляційних залежностей з використанням двох параметрів зондування по даних робіт В.І.Феронського, В.І.Т.-Мартиросяна, В.Ф.Разоркова, К.Ть-агі, О.М.Резнікова, І.Б.Рижова була теоретично одержана оціювана значимість кореляційних зв'язків даних зондування q_p і $f_s = \tau_s$ з г одночасними механічними характеристиками. При цьому теоретично розглядався процес занурення короткого циліндричного тіла в пружно-пластичне середовище. В результаті одержана формула, як. характ. рисус його граничний стан:

$$R = \beta \omega \left(\frac{E}{E_0} \right)^{1-f} \delta_s + \beta c \left\{ \left[\left(\frac{E}{E_0} \right)^{1-f} - 1 \right] \operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha \right\} \quad /2/$$

$$\text{де } \beta = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) / \operatorname{tg} \alpha \quad /3/$$

$$\omega = \frac{2}{1+f} \left[\frac{(1+f)^2}{2\sqrt{f}(1+2f)(2-f-f^2 \frac{c}{E_0})} \right]^{1-f} \quad /4/$$

R - опір ґрунту під вістрям палі;

E - модуль деформації ґрунту;

μ - коефіцієнт поперечної деформації;

δ_s - радіальний тиск до занурення зонду;

α - половина кута загострення конусу кінцівки зонду;

φ - кут внутрішнього тертя ґрунту;

c - питоме зчеплення ґрунту;

$\tau_s = \delta_s \operatorname{tg} \varphi + c$ - дотичні напруження по боковій поверхні зонду;

$f = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ - коефіцієнт боксового розширення.

В результаті аналізу формули /2/ зроблені висновки:

1. Зміна модуля деформації E суттєво впливає на величини

опорів зондування лише в пружно-пластичних середовищах з великими значеннями Φ . При низьких же значеннях Φ цей вплив виявляється слабким.

2. Середовища з низькими значеннями Φ та E/τ_0 найбільше відповідають пластичні глини та суглинки, в яких повинна спостерігатись кореляція R з τ_0 .

3. В твердих глинистих ґрунтах та пісках кореляційний зв'язок R з τ_0 має бути дуже слабким, але при цьому слід очікувати стійку кореляцію між R та E .

Виходячи з останнього висновку, було вирішено при кореляційному аналізі використовувати не просто літome тартя f_z по муфті зонду, а його відношення до літomeго опору під конусом зонду f_z/q_c . В роботі використовувався математичний апарат кореляційно-регресивного аналізу, наведений в праці Б. Болча та К. Дж. Хуаня. Обчислення проводилось на ЕОМ по програмі, передбачувачій побудову методом найменших квадратів лінійної та не-лінійних залежностей двох видів:

$$\begin{aligned} y &= b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n & /5/ \\ y &= 10(b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n) & /6/ \\ y &= AX_1^{a_1} X_2^{a_2} \dots X_n^{a_n} & /7/ \end{aligned}$$

Залежності /5/ і /7/ перетворюються в логарифмічно-лінійні:

$$\begin{aligned} \lg y &= b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n & /8/ \\ \lg y &= \lg A + a_1 \lg X_1 + a_2 \lg X_2 + \dots + a_n \lg X_n & /9/ \end{aligned}$$

Для кожного різняння зв'язку визначались статистичні показники: коефіцієнти множинної кореляції R і парної кореляції R_n для усіх пар змінних; середнє квадратичне відхилення S залежної змінної; дисперсійне відхилення Фішера F . Одержання перерахованих статистичних показників передбачено в програмі розрахунку на ЕОМ. Як фактори-аргументи X_i при кореляційному аналізі спільно використовувались q_s і f_z/q_c . Остаточні емпіричні залежності наведені у вигляді двоїтного поліному.

Зібрані вихідні дані для кореляційного аналізу включали:

- результати статичного зондування зондом II тн. у у вигляді графіків залежності питомих лобового та бокового опорів від глибини занурення зонду;

- результати польових та лабораторних визначень фізичних та механічних характеристик ґрунтів;

- результати випробовувань ґрунтів штампами;

- плани розташування точок статичного зондування та геологічних свердловин на будівельному майданчику;

- інженерно-геологічні розрізи.

Зібрані дані обмежені регіонально Рівненською, Волинською, Житомирською, Смельницькою, Тернопільською областями.

В результаті кореляційного аналізу статистичної сукупності з 26 груп даних для пісків алювіального походження одержано рівняння регресії для визначення модуля деформації /мал. I, а/:

$$E = 5,95 + 2,72q_s + 104f_s/q_s \quad /10/$$

при цьому коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,78$; середньоквадратичне відхилення $S = 9,2$ МПа;

- для визначення кута внутрішнього тертя /мал. I, б/:

$$\varphi = 29,34 + 0,59q_s - 30f_s/q_s \quad /11/$$

відповідно $R = 0,82$; $S = 3^\circ$.

Для фльвіогляціальних пісків /18 груп даних; мал. I, в, б/:

$$E = 10,73 + 2,48q_s + 98f_s/q_s \quad /12/$$

$$R = 0,82; \quad S = 5,5 \text{ МПа};$$

$$\varphi = 30,01 + 0,53q_s - 34f_s/q_s \quad /13/$$

$$R = 0,79; \quad S = 3^\circ$$

Для кварцевих та полевошлістких пісків середньої кінності на основі аналізу 27 груп даних одержано /мал. I, в, г/:

$$E = 6,67 + 2,66q_s + 115f_s/q_s \quad /14/$$

$$R = 0,88; \quad S = 4,9 \text{ МПа};$$

$$\begin{aligned} \varphi &= 36,07 + 0,61q_s - 25 f_s / q_s, & /15/ \\ R &= 0,73; & S = 5^\circ. \end{aligned}$$

для об'єднаних сукупностей груп даних для алювіальних і кварцево-полюсоватих пісків одержані спільні залежності:

$$\begin{aligned} E &= 6,23 + 2,68q_s + 110 f_s / q_s, & /16/ \\ R &= 0,87; & S = 5,1 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi &= 31,80 + 0,61q_s + 37 f_s / q_s, & /17/ \\ \alpha &= 0,78; & S = 5^\circ. \end{aligned}$$

Для супісків /сукупність з 18 груп даних; мал.2,а/:

$$E = -2,57 + 4,24q_s + 113 f_s / q_s, \quad /18/$$

при $R = 0,781; \quad S = 3,5 \text{ МПа};$

- для кута внутрішнього тертя /мал.2,б/:

$$\begin{aligned} \varphi &= 25,30 + 0,83q_s - 28 f_s / q_s, & /19/ \\ R &= 0,642; & S = 7^\circ; \end{aligned}$$

- для литомого зчеплення /мал.2,в/:

$$\begin{aligned} C &= -8,41 + 3,56q_s + 773 f_s / q_s, & /20/ \\ R &= 0,611; & S = 5,3 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Застосування цих залежностей для супісків обмежено умовами:

$$2\% \leq f_s / q_s \leq 3\%; \quad 1 \text{ МПа} \leq q_s \leq 6 \text{ МПа},$$

а також регіонально Рівненською та Волинською областями.

Для суглинків алювіальних, флювіогляціальних та льосовидних непрорісаних була сформована сукупність з 22 груп даних.

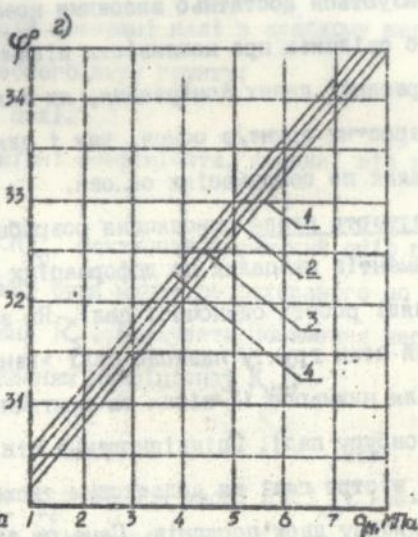
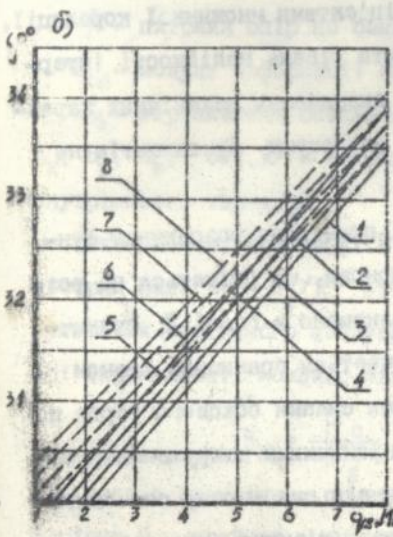
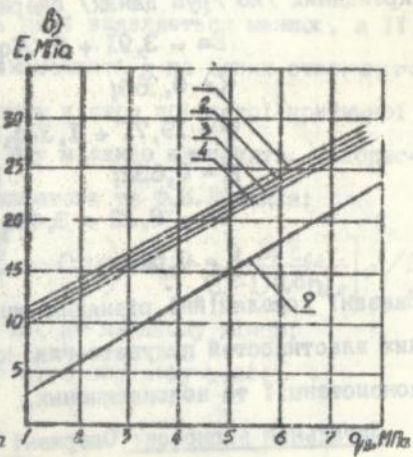
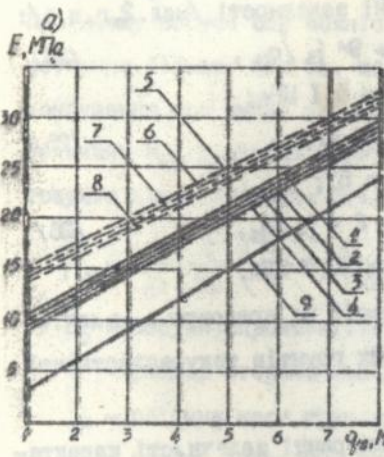
Одержані наступні кореляційні залежності /мал.2,а,б,в/:

$$\begin{aligned} E &= -3,87 + 6,64q_s + 92 f_s / q_s, & /21/ \\ R &= 0,875 & S = 3,2 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi &= 20,57 + 1,42q_s - 22 f_s / q_s, & /22/ \\ R &= 0,641; & S = 4^\circ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= -6,70 + 3,88q_s + 818 f_s / q_s, & /23/ \\ R &= 0,590; & S = 10,7 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Для глин алювіальних, делювіальних, флювіогляціальних та



Мал.1. Графіки залежностей E і φ від q_d ; f_s/q_d для:
 а, б/ - алмазівальних /1;2;3;4/ та флювіогляціальних /5;6;7;8/ пісків;
 в, г/ - кварцево-полевошпатних пісків;
 1;5 - при $f_s/q_d = 0,020$; 3;7 - при $f_s/q_d = 0,010$;
 2;6 - при $f_s/q_d = 0,015$; 4;8 - при $f_s/q_d = 0,005$;
 9 - графік залежності для пісків $E = 3q_d$.

крейдяних /28 груп даних/ опержані залежності /мал. 2, г, д, е/:

$$E_m = 3,91 + 6,37q_s + 9^m f_s / q_s, \quad /24/$$

$$R = 0,73; \quad S = 5,1 \text{ Шт};$$

$$\varphi = 19,71 + 1,3/q_s - 24 f_s / q_s, \quad /25/$$

$$R = 0,632; \quad S = 5^0;$$

$$C = -8,22 + 3,40q_s + 8,4 f_s / q_s, \quad /26/$$

$$R = 0,566, \quad S = 19,7 \text{ КПа.}$$

Вказані кореляційні рівняння регресії не враховують механічних властивостей пілувато-глинистих ґрунтів текучедеформованої консистенції та водонасичених.

Загальний висновок: Опержані емпіричні залежності характеризуються достатньо високими коефіцієнтами множинної кореляції, що свідчить про можливість підвищити рівень надійності інтерпретації даних зондування, як для визначення механічних характеристик ґрунтів основ, так і для розрахунків фундаментів на палях по деформаціях основи.

Четверта глава присвячена розробці принципів розрахунку фундаментів на палях по деформаціях основи, що базується на розгляді роботи одиночної палі. Як зазначено в главі 2, граничний стан ґрунту навколо палі визначається граничним станом біля нижнього її кінця та критичними силами бокового тертя по стовбуру палі. Співвідношення між граничними напруженнями біля вістря палі та додатковим тиском від сил тертя, становить величину двох порядків. Саме ця значна різниця викликає формування зони їх концентрації і поширення на 3 + 5 діаметрів палі вище вістря. Тому сили додаткового тиску від сил тертя не можуть суттєво впливати на осідання палі, особливо при цій на неї граничного навантаження.

Запропонована методика також враховує різні умови формування випору ґрунту навколо палі та зонду при проходженні їх вістрям

ря через межу між міцним ґрунтом та висидежачим слабким шаром. При цьому несуче спр-можність палі виявляється меншою, а її осідання більшою, ніж те, що визначає її по даних статичного зондування при умові заглиблення вістря до деякої критичної величини $H_{кр}$ в міцний ґрунт, яку можливо встановити, використавши відомі рішення Б.І. Далматова та Ф.К. Лапшина:

$$H_{кр} = \frac{1}{\gamma_0} \left[\frac{1}{B_K} \left(\frac{R_c}{\beta^2} - A_K \gamma_0 \frac{b}{2} - C_K \cdot c \right) - \alpha_0 f - \frac{S_b E_{сл}}{(D-1) 0,8 h_{с.л}} \right], \quad /27/$$

де R_c - несуча спроможність палі по нижньому кінцю;

b - розмір сторони квадратного перерізу палі;

γ_0 - об'ємна маса ґрунту;

c - питома зчеплення ґрунту;

f - питомий опір по боковій поверхні палі в слабкому шарі;

$E_{сл}$ - модуль деформації слабого шару ґрунту;

S_b - вертикальне осідання палі.

$A_K, B_K, C_K, \alpha_0, D$ - безрозмірні коефіцієнти, залежні від кута внутрішнього тертя φ .

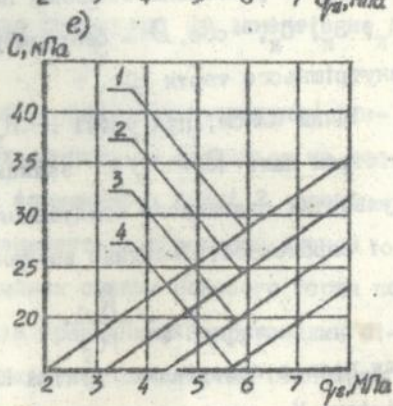
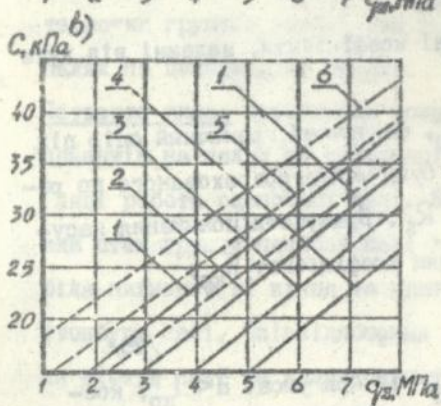
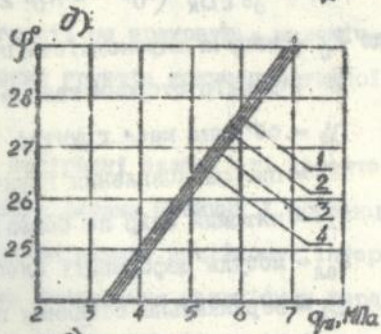
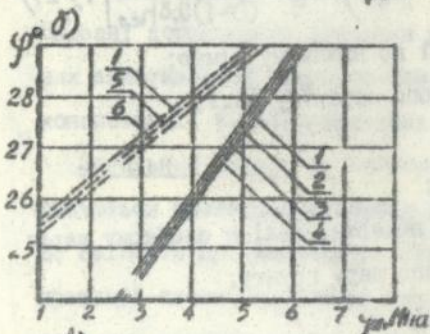
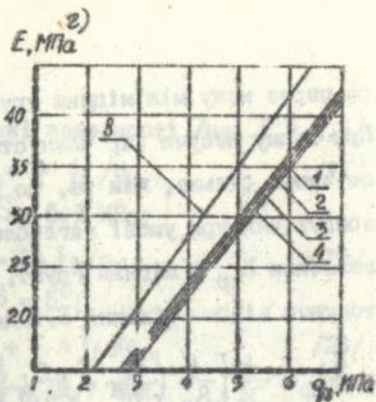
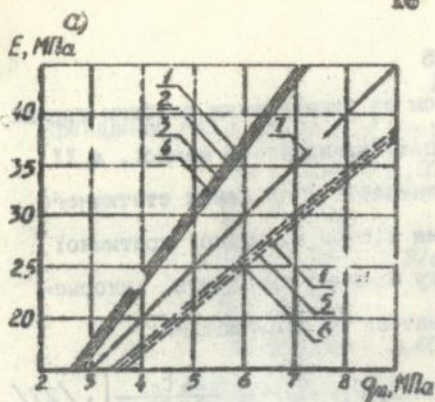
Таким чином, при умові $H < H_{кр}$, фактичний граничний опір під вістрям палі $R_c = R_0 / \beta^2$ завжди буде менше розрахованого по результатам статичного зондування R_s . Врахувати пониження несучої спроможності можливо введенням коефіцієнту $K_{кр}$:

$$K_{кр} = \frac{R_c}{R_s} \quad /28/$$

Для палей в однорідних ґрунтах $K_{кр} = 1$. При умові $H < H_{кр}$, коефіцієнт $K_{кр}$ приймає значення в діапазоні $0 < K_{кр} < 1$.

Рішаючи рівняння /27/, відносно величини дійсного лобового опору палі, одержимо:

$$R_c = A_K \gamma_0 H_{кр} + A_K \gamma_0 \frac{b}{2} + C_K \cdot c + B_K \alpha_0 f_s + \frac{S_b E_{сл} B_K}{(D-1) 0,8 h_{с.л}} \quad /29/$$



Мал.2. Графіки заг.кнестей E , φ та C від q_s ; f_s/q_s для:
 а, б, в/-супісків /пунктар/ і суглинків; г; д; е/-глин;
 1 - при $f_s/q_s = 0,020$; 5 - при $f_s/q_s = 0,025$;
 2 - при $f_s/q_s = 0,015$; 6 - при $f_s/q_s = 0,030$;
 3 - при $f_s/q_s = 0,010$; 7 - для супісків: $E = 5q_s$;
 4 - при $f_s/q_s = 0,006$; 8 - для глини: $E = 7q_s$.

Враховуючи, що $K_{кр} = f(q_{ys}; H)$, його значення визначені теоретично. По результатах розрахунку побудовані гґ фіки, на яких залежність $K_{кр}$ від H виражається у вигляді сімейств при-
мків, що описуються функцією виду:

$$K_{кр} = \alpha H + \beta \quad /30/$$

Коефіцієнти α і β залежні від величини R_p . Вид функцій ви-
значено шляхом розрахунку значень α та β при зміні q_{ys} , побу-
довані відповідні криві. З використанням методу найменших ква-
дратів одержані криві апроксимовані у вигляді обернено-пропор-
ційних функцій:

$$\alpha = 1,12/q_{ys} \quad /31/; \quad \beta = 1/q_{ys} \quad /32/$$

Формула /30/ перепишеться у вигляді:

$$K_{кр} = 1/R_p (1,12 H + 1) \quad /33/$$

Формула /33/ використовується у запропонованій методиці
розрахунку палі по деформаціях основи для визначення гранично-
го навантаження на нижній кінець палі при умові $K_{кр} \leq 1$.

За розрахункову модель основи прийняте нелінійно-деформова-
не середовище, що характеризується змінним модулем деформації.
Розрахунок по деформації матеріалу палі не проводиться, завдя-
ки незначності результатів.

Вертикальне осідання ґрунту в основі одиночної палі визна-
чається по формулі, наведеній в роботах І.П.Бойко згідно до
розрахункової схеми на мал. 3.а:

$$S = \frac{5R_p}{\pi E} \int_a^b \frac{(1 - p^2 / (\gamma + Kz)^2)^4}{(\gamma + Kz)^2} dz \quad /34/$$

Після інтегрування в межах $Z = a$ до $Z = b$ одержимо:

$$S = \frac{5R_p}{\pi KE} \left(\left(\frac{1}{\gamma + Ka} - \frac{1}{\gamma + Kb} \right) + \frac{4p^2}{3} \left(\frac{1}{(\gamma + Ka)^3} - \frac{1}{(\gamma + Kb)^3} \right) \right) +$$

$$+ \frac{6\rho^4}{5} \left(\frac{1}{(\Gamma+Ka)^5} - \frac{1}{(\Gamma+Kb)^5} \right) + \frac{4\rho^6}{7} \left(\frac{1}{(\Gamma+Ka)^7} - \frac{1}{(\Gamma+Kb)^7} \right) + \frac{\rho^8}{9} \left(\frac{1}{(\Gamma+Ka)^9} - \frac{1}{(\Gamma+Kb)^9} \right) \quad /35/$$

де P_c - навантаження на основу палі через її нижній кінець;

K - тангенс кута розподілу напружень в основі, який визначається по формулі

$$\alpha = \operatorname{arctg} (1,55 T \sqrt{\operatorname{tg} \varphi}) \quad /36/$$

де $T = 1$ - для пісків; $T = \sqrt{0,14 - 0,0,14 + 0}$ - для пилувато-глинистих ґрунтів;

Γ - приведений радіус круглого сичення палі, по периметру рівного квадратному сиченню проектноі палі;

a, b - відстані, межі інтегрування;

ρ - радіальна координата від вертикальної вісі палі.

Відстань до нижньої межі стиснутої товщі знаходиться з формули визначення напружень згідно [соіт І.П.Бойко:

$$\sigma = \frac{5P_c (1 - \rho^2 / (\Gamma + KZ)^2)^4}{(\Gamma + KZ)^2} \quad ; \quad /37/$$

приймавши $\rho = 0$ та вирішивши відносно Z , одержимо

$$Z = \frac{-\Gamma + \sqrt{\frac{5P_c}{\pi \sigma}}}{K} \quad /38/$$

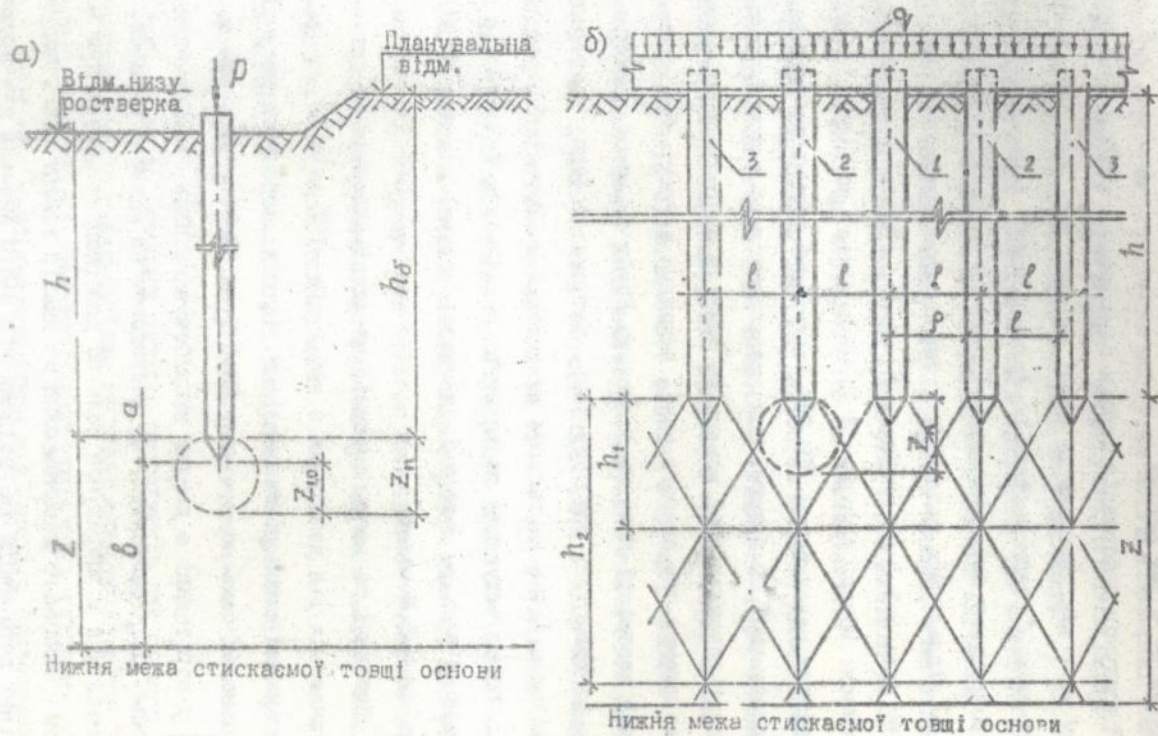
Стиснута товща основи умовно поділяється на дві зони. Верхня зона пластичних деформацій обмежена глибиною Z_n . Для нижньої зони модуль деформації визначається по формулі Чікішева

$$E_t = \omega_0 e^m \quad /39/$$

де E_0 - модуль деформації, відповідаючий тиску під вістрям палі в 1,0 МПа; m - показник степеню, що визначається по

формулі: $m = \frac{0,8 (Z_i - Z_n)}{Z_n}$, /40/

де Z_n - віддаль від нижнього кінця палі до нижньої межі зони пластичних деформацій;



Мал. 3. Схеми до розрахунку по деформаціях основи підвалів на палях:
 а) - одиночної палі;
 б) - групи паль під стрічковий фундамент.

Z_1 - координата, що визначається по формулі /33/ при

$$b = 1,0; 0,5; 0,1 \text{ МПа}$$

Загальне осідання палі δ означається як сума деформацій ґрунту у виділених зонах основи.

Розрахунок деформацій основи однорядного стрічкового фундаменту на ґлях ведеться по схемі на мал. 3,б. Кут γ зподілу навантаження \mathcal{L} визначається по формулі /36/. Використовуючи принцип розрахунку осідання окремої палі по формулі /35/ з врахуванням віддалі між пальями ρ , визначається осідання палі I від впливу паль 2 і 3 на глибинах h_1 та h_2 . Вплив розтертку не враховується. Модуль деформації E визначається по відповідним кореляційним залежностям /10-26/, а похідні від нього значення E для пластичної та пружної зон визначаються по запропонованій методиці реконструкції можливого графіку випробовувань заглибленого штамп, як аналога палі, виходячи з трактування граничної несучої здатності паль по існуючому БНІІу та вимог держстандарту до штампових випробовувань. Методика побудови поверхні однакових осідань аналогічна викладеній в "Методичних рекомендаціях по проектуванню та влаштуванню палових фундаментів в загуреннях паль до поверхні однакової несучої здатності" під редакцією М.С.Метелюка.

Обчислені по запропонованій методиці значення осідань відрізняються від дослідних в межах від -10% до +30%, що демонструє значно вищий рівень надійності, ніж розрахунки несучої спроможності паль по методиці БНІІ 2.02.03-85 - від -30% до +150% у порівнянні з даними випробовувань паль вдавлюючим навантаженням. Слід зазначити, що незважаючи на можливі похибки, які вносяться в розрахунок паль по деформаціях основи при визначенні граничного навантаження на нижній кінець палі, модуля загальних деформацій та похідних від нього значень для пружної

та пластичної зон, а також тих, що дає сім методика розрахунку, можна стверджувати, що основну похибку в розрахунки загальної несучої здатності палі по даним статичного зондування вносять існуюча методика визначення опору на боковій поверхні палі.

Виконані розробки, дослідження, розрахунки, а також порівняння їх результатів дозволяють зробити такі висновки:

1. Додатковий тиск, виникаючий від критичних сил бокового тертя по стовбуру палі, на два порядки менший, ніж значення вертикального граничного тиску під її нижнім кінцем, отже вплив на осідання палі додаткового тиску від сил тертя виявляється настільки незначним, що дозволяє його не враховувати.
2. Методика розрахунку несучої здатності палі по даних статичного зондування згідно СНІП 2.02.03-85 є адаптована для можливості врахування явища випору при замуренні вістря палі нижче межі міцного ґрунту, підстиляючого слабкий шар, що дозволяє суттєво підвищити рівень надійності розрахунків граничного лобового опору палі у зазначеному випадку, виходячи з яких визначається граничне навантаження на нижній кінець при проведенні контрольних розрахунків осідань по запропонованій методиці.
3. Вдосконалена методика розрахунків окремої палі по даних зондацій основи характеризується більшою ймовірністю інтерпретації даних статичного зондування, що забезпечує загалом значно вищий рівень ефективності проектних рішень.

В закінченні надаються основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи, котрі можуть бути сформовані таким чином:

1. Шляхом аналізу існуючих методів розрахунків для проектування фундаментів на палях з ціллю їх поліпшення, була встановлена необхідність використання даних польових досліджень ґрунтів, серед яких найбільш придатним для широкого застосуван-

ня визначено метод статичного зондування як найбільш оперативний, економічний та інформативний.

2. Низький рівень ймовірності інтерпретації даних статичного зондування по існуючому БНІІІ можливо підвищити шляхом використання зонду ІІ типу, проведенням зондування з його "стабілізацією", врахуванням при обробці даних відмінностей у роботі палі і зонду в конкретних геологічних умовах, доповненням відомої методикі з побудовою поверхні однакової несучої здатності палі, побудовою поверхні однакових нормованих осідань.

3. Для одержання необхідних в розрахунках по деформаціях основи палі механічних характеристик ґрунтів, проведено кореляційний аналіз зв'язків між зазначеними характеристиками, визначеними еталонними методами досліджень та даними статичного зондування зондом ІІ типу, в результаті чого одержані кореляційні залежності з досить високими коефіцієнтами множинної кореляції для північно-західного регіону України.

4. Існуюча методика розрахунків палі по деформаціях основи скоректована виходячи з висновку про слабкий вплив на осідання палі додаткового тиску від сил бокового тертя по її стовбуру, та доповнена методикою, що враховує різні умови формування явища витискування ґрунту навколо палі і зонду при замуренні їх в міцний ґрунт, що підстилає слабкий шар.

5. Запропонована методика розрахунку палі по деформаціях основи з використанням даних статичного зондування дає можливість значно підвищити рівень надійності проектних рішень, порівняно до результатів розрахунків по методиці БНІІІ 2.02.03-85, що дозволяє скоротити об'єм інженерно-геологічних вишукувань та польових випробовувань палі осьовим вдавлюючим навантаженням і, таким чином, досягти значного економічного ефекту.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

І. Лісовенко І.Є. До удосконалення методики розрахунку фун-

даментів на забивних висячих палях. - Збірка наукових праць.:
Захист, будівель та споруд, зведених в карстових та зсувних
районах. - Київ, НДІБК, 1990.

2. Лісовенко І.С. Принципи розрахунку одиночної палі по де-
формаціях основи при дії вертикального навантаження на основі
методу статичного зондування. - К. з відомча науково-технічна
збірка. Випуск 4^е: 46. - Київ, НДІБК, 1993.

3. Лісовенко І.С. Фактори, що потребують обліку при оцінці
роботи призматичних залізобетонних паль по даних статичного
зондування. - Матеріали науково-технічної конференції країни
СНД по основах та фундаментах в м. Сочі, 1992.

4. Лісовенко І.С. Уточнені емпіричні залежності для визна-
чення механічних характеристик піщаних ґрунтів. - Матеріали
науково-технічної конференції по промислового та громадському
будівництву у м. Мінську, 1992.

446672

Лисовенко И. Е. Усовершенствованные методики расчета оснований с использованием данных статического зондирования грунтов

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 - основания и фундаменты, НИИ строительных конструкций, Киев, 1995.

Высится на защиту усовершенствованная методика расчета одиночных свай по деформациям оснований по данным метода статического зондирования, который обоснован как наиболее эффективный для проектирования свайных фундаментов. Дана оценка надежности интерпретации данных статического зондирования. Определены и разработаны пути повышения надежности расчетов по данным этого метода:

- установлены корреляционные связи между данными статического зондирования и механическими характеристиками грунтов;
- более полно учтены различия в работе зонда и свай;
- известная методика расчета свай с погружением их до поверхности одинаковой несущей способности дополнена контрольным расчетом их осадок.

Предложенная методика дает меньшую погрешность расчетов - от -10% до +30%, чем методика согласно СНиП 2.02.03-85 - от -30% до +150%.

Lisovenko I. E. Improved calculation methods of pile foundation deformations, based upon static cone penetration in situ soil tests; Dissertation for Candidate of Technical Science degree, speciality 05.23.02 - Bases and Foundations, Scientific-Research Institute of Building Constructions, Kiev, 1995.

Improved calculation methods of single pile foundation deformation on the basis of static cone penetration, substantiated as most effective for pile foundation construction, are proposed for defence. The estimate of interpretation reliability of static cone penetration data is given in this work. The ways of reliability increasing which were defined and developed, include:

- determination of correlation connections between static penetration data and mechanical characteristics of soils;
- more full discounting of the differences in operation of a pile and static penetration cone;
- supplement of the well-known construction methods of pile submergences to the surface of equal bearing capacity by the control calculation of their subsidences.

Proposed methods give less inexactitudes of calculations - from -10% to +30%, than methods by Construction Norms and Rules 2.02.03-85 - from -30% to +150%.

Ключові слова:

статичне зондування; кореляційний аналіз; осідання палі.