

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

М. М. Попович

**РОБОТА ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ
НА СУМІСНУ ДІЮ
ГОРИЗОНТАЛЬНИХ І ВЕРТИКАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2012

УДК 624.151.6: 624.042(1–198.4)

ББК 38.58

П58

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 10 від 30 травня 2012 р.)

Рецензенти:

Гамеляк І. П. доктор технічних наук, професор

Дудар І. Н. доктор технічних наук, професор

Попович, М. М.

П58 Робота пірамідальних паль на сумісну дію горизонтальних і вертикальних навантажень : монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 116 с.

ISBN 978-966-641-498-7

В монографії висвітлені питання спільної роботи з ґрунтом основи пірамідальних паль при дії вертикального, горизонтального і сумісній дії вертикального та горизонтального навантажень. Доведено позитивний вплив способу прикладання навантаження на несучу здатність палі. Запропоновано методику розрахунку.

Монографія розрахована на наукових та інженерно-технічних працівників, які займаються дослідженням та проектуванням фундаментів під розпірні системи.

УДК 624.151.6: 624.042(1–198.4)

ББК 38.58

ISBN 978-966-641-498-7

© М. Попович, 2012

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 КОРОТКИЙ ІСТОРИЧНИЙ ОГЛЯД І СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ І ПРАКТИЦІ ЗАСТОСУВАННЯ КОРОТКИХ ПАЛЬ	5
1.1 Застосування вертикально і горизонтально навантажених забивних палей різних конструкцій	6
1.2 Розрахунок вертикально і горизонтально навантажених забивних палей різної конструкції	13
1.3 Про деякі аспекти обліку складності системи «споруда – основа»	18
1.4 Залежність опору палей дії горизонтального навантаження від різних факторів	26
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПІРА- МІДАЛЬНИХ ПАЛЬ НА МОДЕЛЯХ	31
2.1 Планування експерименту при визначенні оптимальних параметрів силового навантаження пірамідальних палей	31
2.2 Методика і устаткування для проведення досліджень	41
2.3 Дослідження несучої здатності пірамідальних палей при сумісній дії вертикального і горизонтального навантажень і їх аналіз	43
2.4 Результати дослідження несучої здатності пірамідальних палей при дії розпірних навантажень	54
РОЗДІЛ 3 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ НА СУМІСНУ ДІЮ ГОРИЗОНТА- ЛЬНОГО І ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕНЬ	67
3.1 Методика розрахунку пірамідальної палі на горизонталь- не навантаження	68
3.2 Методика розрахунку пального фундаменту на сумісну дію вертикального і горизонтального навантажень	73
3.3 Порівняння результатів розрахунку з дослідними даними	78
3.4 Програма чисельного розв’язання на ЕОМ фундаментів на пружній основі	92
Загальні висновки	94
Література	96

ВСТУП

Підвищення ефективності виробництва в будівництві може здійснюватися на основі подальшого вдосконалення конструкцій будівель і споруд, організації і технології їх зведення, а також створення нових типів конструкцій і методів їх розрахунку.

В даний час одним з найбільш раціональних типів фундаментів визнаний пальовий фундамент. Так заміна фундаментів на природній основі на палі з коротких забивних висячих паль різних конструкцій дозволяє в 2–3 рази зменшити об'єм земляних робіт, більш ніж в 2 рази скоротити витрату бетону і сталі, понизити на 10–40 % вартість будівництва.

Одним з найбільш широко поширених типів ґрунтів є піски, що складають значні території і використовуються як основа під фундаменти численних промислових об'єктів і житлових масивів. Близько 20 % всіх будівель, що будуються, і споруд зводиться в цих ґрунтових умовах (М. І. Хазанов, 1972). Не дивлячись на це, вивченню спільної роботи піщаних основ і паль різної конструкції приділяється недостатня увага, а прагнення підвищити техніко-економічні показники пальових фундаментів викликало необхідність подальшого вдосконалення методів їх розрахунку, зокрема, на дію горизонтальних навантажень. Ключ до вирішення цих проблем лежить в проведенні порівняльних випробувань паль різної конструкції, дослідженні їх спільної роботи з ґрунтом основи.

В монографії висвітлюється дослідження спільної роботи з ґрунтом основи пірамідальних паль при дії вертикального, горизонтального і сумісній дії вертикального та горизонтального навантажень.

Вивчення спільної роботи з ґрунтом основи пірамідальних паль різної конструкції і їх основ проведене на базі комплексних досліджень, мета яких полягала:

- а) у визначенні опору паль;
- б) у виявленні процесу розвитку деформацій в основі паль і встановленні кількісних залежностей, які обумовлюють їх спільну роботу;
- в) у встановленні найефективнішої конструкції палі, яка працює на сумісну дію вертикального і горизонтального навантажень.

За наслідками проведених досліджень впроваджені пірамідальні палі як фундаменти на об'єктах сільськогосподарського будівництва, що дозволило отримати економічний ефект в розмірі 39–51% від кошторисної вартості нульового циклу, а також методика і програма розрахунку при проведенні проектних робіт.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКИЙ ІСТОРИЧНИЙ ОГЛЯД І СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ І ПРАКТИЦІ ЗАСТОСУВАННЯ КОРОТКИХ ПАЛЬ

Палі – одна з форм фундаментних конструкцій, що дозволяють в різних ґрунтових умовах створювати оптимальні варіанти обґрунтування для більшості будівель і споруд, ефективних з технічної і економічної точок зору, що найчастіше застосовуються (при значних діапазонах зміни величини навантажень, що передаються цими спорудами на ґрунт).

Саме ця обставина і обумовлює все зростаючий інтерес учених та інженерів до цієї форми фундаментних конструкцій і робить проведені роботи в галузі дослідження паль досить актуальними і цікавими [11, 15, 19, 25, 40, 55, 87, 104, 148].

Дослідження опору різного роду навантажень паль і пальових фундаментів, особливостей роботи останніх з ґрунтом основи були розпочаті ще в кінці дев'ятнадцятого століття.

Широкий розмах взяли дослідження по вивченню роботи паль, вибору їхніх оптимальних параметрів і створення нових конструкцій на початку 20-х років минулого століття. Проведені вченими та інженерами важливі і принципово нові роботи із зазначених питань, а також в області вдосконалення методів виробництва пальових робіт та створення високопродуктивного, мобільного обладнання, привели до того, що в даний час пальові фундаменти широко застосовуються в основах будівель і споруд різного призначення в найрізноманітніших інженерно-геологічних умовах. Першими вітчизняними ученими, що почали працювати в цій області були І. Лебединський (1893–94р.р.), В. І. Курдюмов, М. М. Герсєванов і В. К. Дмоховський.

Розвиток в нашій країні досліджень паль і фундаментів паль і впровадження в будівництво нових і вдосконалених конструкцій паль, стало можливим завдяки творчій і плідній праці великого колективу учених і інженерів, в числі яких слід зазначити: Ю. М. Абелєва, В. Г. Березанцева, А. А. Бірюкова, І. П. Бойка, Б. В. Бахолдіна,

А. А. Бартоломея, В. М. Голубкова, Б. І. Далматова, В. Б. Шахирева і багато інших [8, 15, 29–34, 37–39, 42, 45–47, 69–72, 77, 78, 83, 88, 92, 97, 101, 103, 111, 116, 124, 127, 141, 147, 148, 154, 157, 162, 165, 179].

Особливе місце серед інших фундаментів паль займають фундаменти із забивних паль, перевагами яких перед останніми є високий ступінь індустріалізації і універсальність застосування. Вирішення проблеми розширення області ефективного застосування в будівництві різних типів забивних паль тісно пов'язане з вивченням відмінностей в їх спільній роботі з ґрунтом основи, що виявляються у формі і величині об'єму, які утворюються в навколишньому ґрунтовому масиві при забиванні палі, зони ущільнення, в ступені ущільнення ґрунту в різних її точках, в характері передачі палею навантажень на основу. Експериментальне вивчення вказаних відмінностей є складним, але завдяки науково-технічному прогресу здійснимим завданням, вирішення якого дає можливість вибору раціональної форми палі і оптимальних її параметрів для будь-якого конкретного майданчика будівництва.

Віддаючи належне багатьом перевагам фундаментів із забивних паль, коло учених і інженерів, які займаються експериментальними дослідженнями паль різної конструкції, неухильно розширюється. При цьому досліджувані питання пов'язані як з вдосконаленням старих конструктивних форм (підбір оптимальних параметрів, розгляд резервів опору паль навантаженням на основі вивчення спільної роботи паль з основою), так і створенням нових.

1.1 Застосування вертикально і горизонтально навантажених забивних паль різних конструкції

Класичний конструктивний тип паль – призматичні палі, що набули масового поширення в будівництві, в процесі їх спільної роботи під вертикальним навантаженням з ґрунтом основи передають нормальний тиск тільки на горизонтальну площину, що проходить через вістря палі.

Підвищити опір призматичних паль можна збільшенням поперечного перерізу або глибини забивання, що спричиняє, як правило, збі-

льшення вартості будівництва нульового циклу. Опір призматичних паль в різних інженерно-геологічних умовах, їх спільну роботу з ґрунтом основи досліджували ще І. Лебединський, В. В. Курдюмов, М. М. Герсеванов і В. К. Дмоховський.

Подальший прогрес в проектуванні і будівництві палових фундаментів з призматичних паль став можливий тільки в результаті наукових досліджень великої групи учених, що внесли свій внесок до цієї області інженерної науки і дозволили значно удосконалити її методи і використовувати їх результати на користь практики [1, 4, 9, 10, 13, 14, 18, 24, 25, 29, 35, 43, 49, 62, 64, 66, 70, 74, 75, 85, 100, 102, 105–108, 116, 124, 136, 142, 148, 156, 162].

Слід зазначити, що хоча перші споруди паль людини відносяться до далеких первісних часів [12, 44], аж до нашого сторіччя форма паль не зазнавала змін, оскільки була обумовлена матеріалом паль – деревом.

Винахід цементу (Д. Еспдін, І. Г. Челієв, 1824 р.) і поява нового конструктивного матеріалу – залізобетону (Ж. Монье, 1867 р.) сприяли справжній революції в будівельній справі. З розвитком залізобетонного будівництва природно виникла думка про заміну в спорудах дерев'яних паль залізобетоном і в 1897 р. вона була практично реалізована у Франції інженером Франсуа Генебіком, що застосував на одній із споруд забивання в ґрунт загострених залізобетонних стрижнів – паль [10, 124].

Одним з численних переваг бетонних і залізобетонних паль є можливість надавати стрижню палі практично будь-який переріз. Цю обставину намагаються використовувати багато учених і інженерів, які прагнуть шляхом зміни подовжньої і поперечної форми палі добитися максимального опору її навантаження в різних ґрунтових умовах [2, 11, 13, 19, 23, 26, 31, 40, 55, 83, 87, 104, 109, 120, 162, 171, 168, 186].

Основний сенс цієї ідеї полягає в тому, щоб спонукати працювати палю з ґрунтом основи у кожному конкретному випадку, наскільки це диктують інженерно-геологічні умови майданчика будівництва і як того бажає інженер. Природно, що ця робота повинна бути найбільш

ефективною з технічної і економічної точок зору, що робить вказану ідею достовірно творчою, достовірно інженерною.

Всі роботи в цій області велися і ведуться в таких напрямках:

1. Надання постійної або змінної конічності всій бічній поверхні або тільки її частині [11, 23];

2. Використання палі трубчастої циліндрової форми із закритим або відкритим нижнім кінцем [20, 63, 138, 139, 139];

3. Влаштування одного або декількох місцевих розширень по стовбуру палі в різних її частинах [40, 43, 94];

4. Ускладнення форми поперечного перерізу палі (відмінною від прямокутника, багатокутника і кола) [26, 50, 57, 61, 84];

5. Одночасне застосування декількох вказаних напрямів в комбінації [83, 142];

6. Створення кінематично рухомих при забиванні систем палей (козлові палі, що самі розкриваються при забиванні [47, 120], палі з висувними шпорами, поворотними крилами і тому подібне) [180, 186].

При цьому у всіх випадках можливе створення певної порожнистості шляхом влаштування крізних внутрішніх порожнин або кесонів частини палі, або того і іншого разом.

У нашому дослідженні ми обмежимося розглядом групи конструктивних форм палей, що відносяться тільки до першого напрямку. При цьому ми маємо можливість звужувати стовбур до низу або до верху і отримувати мінімальний переріз при постійній конічності внизу або вгорі, а при змінній конічності десь в проміжних перерізах. Слід зазначити, що з міркувань зручності виготовлення палей, конічну форму, як правило, замінюють пірамідальною.

Першою в часі появи (1901 р.) системою палей вказаної групи є палі американського інженера Е. Раймонда, що швидко набули широкого поширення не тільки в Америці, але і в Європі. Перед Першою Світовою війною ці палі були застосовані в декількох випадках і в Росії [156]. Палі Раймонда мали конічну форму (вона була продиктована технологією виготовлення) і виготовлялися шляхом заповнення бетоном металевої оболонки, заздалегідь забитої в ґрунт. Діаметр стовбура в нижньому кінці 25 см, в оголовку 50 см. Довжина палей бралася 5,0;

6,0; 8,0 і 10,0 м [58]. При цьому кут нахилу твірної бічної поверхні змінювався від $2^{\circ} 5'$ до $11^{\circ} 8'$.

Широке розповсюдження палей цієї системи в світовій будівельній практиці показало на ділі переваги надання конічності бічній поверхні палі, які полягають в значно вищому опорі в порівнянні з призматичними, в меншій довжині при однаковому опорі, економічності, більшій доцільності застосування для ґрунтів, що вимагають ущільнення. Вказані переваги звернули на себе увагу учених і інженерів того часу. І вже в 1906 р. П. Коссель (Німеччина) запропонував забивну пірамідальну палю з внутрішньою порожниною зворотної конічності.

Через значну для того часу технологічну складність виготовлення запропонованих палей, вони не були застосовані в практиці будівництва. Отже, навряд чи варто переоцінювати значення цієї ідеї в подальшому розвитку інженерно-технічної думки.

Набагато вдалішими в цьому сенсі з'явилися конструкції палей австрійського інженера О. Штерна, що застосовувалися на практиці відомою фірмою «Вайс і Фрейтаг». Так в 1910 р. під час реконструкції вокзалу Штутгарту були застосовані призматичні палі, які при загальній довжині 4,8 м, впродовж 3,0 м в нижній частині були звужені з перерізу 35×35 см до перерізу 25×25 см. Конусність нижньої частини $0^{\circ} 57'$. Випробування дослідних палей вказаної форми показали, що «хоча звужена паля мала менший поперечний переріз по середині, вона мала опір в 1,4 рази більший, ніж призматичні палі однакової довжини» [126].

У лабораторних дослідках, проведених К. Циммерманом, було отримано таке ж співвідношення. Деяко раніше (1909 р.) О. Штерн запропонував конструкцію набивної бетонної палі із змінною конічністю в забивній металевій оболонці. При цьому верхня частина палі завдовжки 1,3 м мала кут конічності $2^{\circ} 43'$, а нижня завдовжки 2,0 м мала кут конічності – $0^{\circ} 43'$. Діаметр стовбура палі в нижньому кінці був рівний 25 см, в оголовку – 42 см і в місці зміни конічності – 30 см [130].

Технологія виготовлення цих палей була вдосконалена Р. Кафкою, який широко застосовував в своїй практичній діяльності як палі Раймонда, так і Штерна.

У цей період багато учених і інженерів прагнули з'ясувати природу опору паль різної форми як дослідним шляхом (найчастіше в лабораторних умовах), так і шляхом теоретичних розрахунків. Тому ранні роботи в цій області відрізняються, по-перше, умоглядним підходом до проблеми, по-друге, низьким рівнем техніки експерименту і недо врахуванням умов його проведення (О. Штерн, Р. Кафка, О. Леське, К. Циммерман та ін.) [13, 25, 120].

Слід зазначити, що не дивлячись на те, що австрійськими і німецькими інженерами була проведена велика робота в області вдосконалення подовжньої форми паль, але не ними була створена конструкція забивної, простої у виготовленні «чисто» пірамідальної палі.

Створення цієї конструкції пов'язане з ім'ям В. К. Дмоховського, що розробив в 1927 р. на рівні передових для того часу наукових переконань теорію розрахунку опору подібних паль (теоретично [50]). В. К. Дмоховський вважав, що «надання бічній поверхні палі навіть незначною конічності (наприклад $\alpha = 1^\circ$) відразу збільшує опір палі від 5 до 9 разів і притому тим більше, чим глибше забита паля». Подальше збільшення конічності на його думку не таке ефективне: «Зміна кута конічності стовбура палі великого впливу на величину опору не має» [50].

Відзначимо, що ступінь збільшення опору паль на практиці виявився меншим. Це стало наслідком того, що основною передумовою теоретично-статичного методу розрахунку була умова рівності бічного тиску ґрунту на поверхню палі граничному значенню цього тиску, згідно з класичною теорією Кулона. Вказана ж умова справедлива тільки для граничного стану плоского, а не просторового завдання, яке має тут місце.

Пірамідальні палі вперше в практиці будівництва були застосовані в 1928 р. у Москві в основі будівлі Держзнаку В. К. Дмоховським і інженером Гудзянським. Довжина вказаних паль 5 м, переріз квадратний з розмірами вгорі 34×34 см, внизу 18×18 см, конусність $0^\circ 55'$ [50].

Проведена ВІОС (В. М. Голубковим) експериментальна перевірка пропозиції В. К. Дмоховського про заміну призматичних паль палями пірамідальної форми, з розмірами в оголовку 40×40 см і 34×34 см, а в

підшві відповідно 20×20 см і 18×18 см, показали, що при рекомендованих ним розмірах пірамідальні палі, працюючи як одиночні володіють опором навантаженню при рівних осіданнях в 1,6 рази більшим, ніж призматичні палі рівного об'єму [32].

Пірамідальні палі вказаних розмірів застосовувалися при будівництві виробничих корпусів заводу «ЗІС» і «Театру Радянської Армії» в Москві, елеваторів Ждановського і Миколаївського, коксових батарей металургійного комбінату Коваля та інших об'єктів перших п'ятирічок.

Широкого розповсюдження пірамідальні палі в будівництві не отримали, оскільки в цей період не були поставлені широкі польові дослідження з метою вивчення спільної роботи їх з ґрунтами основ. Цій обставині, зокрема, сприяли і роботи, проведені у минулому низкою дослідників, результати досліджень яких були на диво строкатими. Так, в результаті дослідів, виконаних в лабораторних умовах в 1934 р. Пресом були зроблені такі висновки [49]:

1. У пісках найбільш високу вантажопідйомність мають призматичні палі без вістря, меншу – циліндричні і зовсім малу – пірамідальні і конічні. У глинах пірамідальні і конічні палі мають більшу несучу здатність, ніж призматичні і циліндричні.

2. Несуча здатність конічних палей тим більша, чим більша конічність.

Досліди Лозье [81], проведені в піску на моделях палей, також показали, що сильна конічність приводить до збільшення несучої здатності палей. Цієї ж точки зору дотримувався Б. Д. Васильєв [11, 32]. У 1951 р. А. І. Прудентов провів польові дослідження визначення несучої здатності палей різного типу, забитих в пилуваті піски і супіски. Опір палей при цьому визначався за формулою Герсеванова. Результати експериментів показали що «опір пірамідальної палі, що мала ухил біля $\alpha = 1^\circ$ виявився на 30 % меншим, ніж призматичної» [136].

Приведемо думку відомого зарубіжного фахівця з фундаментів палей Р. Д. Челіса [125]: «У пісках конусність палей корисна. Хоча є значні розбіжності в даних, але очевидно, конусність в 1 % і більше збільшує несучу здатність палей при даній глибині забивання приблизно в 1,5 – 2,5 рази».

Що стосується зарубіжної практики будівництва, то в ній набули широкого поширення набивні палі типу «Раймонда» і «Монотюб» [125]. Відомо також, що в 40-х роках при будівництві висотних будівель на слабких піщано-мулистих ґрунтах в Шанхаї застосовувалися пірамідальні і клиновидні палі [160].

Для виявлення питання про ефективність пірамідальних і конічних паль і області їх раціонального застосування багато вітчизняних і зарубіжних учених (Х. Р. Хакимов, Ю. Г. Трофименков, А. А. Ободовський, Р. Д. Челліс та ін.) настійно рекомендували проводити порівняльні дослідження опору цих паль з призматичними в різних ґрунтових умовах у натуральну величину.

Подібні дослідження роботи пірамідальних паль в різних ґрунтових умовах в широких масштабах почали проводитися з 1965 р. на кафедрі основ і фундаментів Одеського інженерно-будівельного інституту. Результати цих досліджень, підтверджуючи припущення В. К. Дмоховського про високу ефективність пірамідальних паль, показали, що для низки ґрунтових умов пірамідальні палі найбільш ефективні при таких параметрах: довжина 1,25 – 3,5 м, розмір в оголовку 60×60 – 80×80 см, розмір в підшві 7×7 – 10×10 см. Конусність при цьому змінюється від 2 до 15° 40' (кут при вершині піраміди відповідно від 8° 10' до 30° 22'). Дослідженнями з пірамідальними палями великої конічності займалися учені В. М. Голубков, А. І. Догадайло, М. Л. Зоценко, Ю. Ф. Тугаєнко, В. І. Хазін.

Проведені дослідження дозволили виявити принципові особливості в спільній роботі пірамідальних паль і їх основ, що полягають в тому, що при забиванні таких паль навколо їх бічних граней формується об'єм ущільненого ґрунту, щільність якого значно більша природної. Надалі пірамідальні палі, працюючи під навантаженням врозclinку з основою по схемі об'ємного клину, передають нормальний тиск на цей ущільнений об'єм ґрунту тільки бічними гранями. Таким чином, головна особливість таких пірамідальних паль полягає в тому, що навантаження від палі не передається на ґрунт який залягає нижче за її підшву, а врівноважується в межах об'єму ущільненої зони ґрунту, розташованого навколо бічних граней пірамідальних паль, тоді як палі

призматичної форми передають навантаження на ґрунт, що залягає нижче за подошву.

Дослідження і впровадження в практику будівництва вказаних паль проводили Одеський, Полтавський і Київський інженерно-будівельні інститути, трести «Одеспромбуд», «Ярнафтохімбуд», Одеський облміжколгоспбуд, Вінницький облміжколгоспбуд і низка інших організацій. Майже одночасно з початком досліджень пірамідальних паль великої конічності ($\alpha > 2^0$) палі В. К. Дмоховського (конічність $\alpha = 1-2^0$, довжина 4–6 м, перерізи в оголовку 40×40 см, в подошві 20×20 см) пережили своє друге народження і почали широко упроваджуватися і досліджуватися трестом Рязаньжилбуд (Г. М. Смирєнкін та ін.) і НДІОСП Держбуду СРСР (Б. В. Бахолдін та ін.) [55, 120].

Разом з широким розгортанням робіт з дослідження спільної роботи пірамідальних паль з основою, вибору їх оптимальних параметрів і визначення області ефективного застосування, з'явилися дослідження нових типів забивних паль, що відносяться до цього напрямку конструктивної форми.

Це, перш за все, забивні пірамідальні палі таврового поперечного перерізу [84], розроблені БілНДІБ НПТО, з суцільним оголовком, у нижній частині основи якого виконана опорна площа з кутом нахилу до горизонту α для фіксованої передачі навантаження на основу, а також пірамідальні палі зі зміщеним стаканом [172].

1.2 Розрахунок вертикально і горизонтально навантажених забивних паль різної конструкції

Першими за часом виникнення методом розрахунку опору вертикально завантажених призматичних паль є динамічний метод (Етельвейн, 1820 р.), над вдосконаленням якого працювали багато зарубіжних і вітчизняних учених і інженерів (Бріхе, Вейсбах, Велінгтон, Вольтман, М. М. Герсеванов, А. В. Паталєєв, Б. П. Попов, Ротєнбахєн, П. Р. Тікунов, Хиллей, Челіс та ін.) [25, 39, 56, 187, 195].

Суть методу полягає в тому, що «динамічний опір або опір ґрунту швидкому навантаженню паль під дією ударів молота жодною мірою

не тотожний статичному навантаженню, необхідному для досягнення незначного занурення палі» (К. Терцаги [161]).

У цьому факті позначається кардинально різна природа динамічного і статичного опору палі. «Тому думка про величину статичного опору по величині динамічного опору може опинитися в кращому разі лише приблизною, а іноді може просто привести до грубих помилок» (Д. Тейлор [160]). Отже, для вирішення поставленого завдання необхідно «...встановити шляхом систематичних польових дослідів залежність між динамічною і статичною несучою здатністю при різних видах ґрунту» [161]. Таким чином, динамічний метод є непрямим, суто наближеним методом оцінки статичної несучої здатності палі, оскільки в самій його ідеї закладено неможливість обліку всього різноманіття закономірностей реального процесу деформації ґрунту під статичним навантаженням.

Ми не зупинятимемося на деяких способах розрахунку, запропонованих у минулому, і які містять або довільні допущення, або використовують неправильно висновки з існуючих теорій, тобто на способах, що характеризуються «помилковими узагальненнями і тенденцією до необґрунтованого застосування теорії» [160].

В даний час існують два рівноправних, самостійних, паралельних шляхи теоретичного вирішення питань які освітлюють роботу палі з ґрунтом основи.

Перший шлях виходить з обліку міцності і несучої здатності ґрунту, що сприймає навантаження від палі (А. В. Паталеев, А. А. Луга, С. М. Рак та ін.). При цьому вважають, що прикладене до палі вертикальне навантаження врівноважується реакцією ґрунту, палі, що діє на нижній кінець, і його опором, розподіленим по бічній поверхні стовбура. Визначення несучої здатності проводиться на момент вичерпання міцності ґрунту навколо палі, тобто при досягненні вказаними вище опорами граничних величин, які встановлюються за допомогою статистичної обробки результатів численних польових випробувань [31, 120].

Залежно від глибини забивання палі і властивостей навколишнього ґрунту співвідношення величин розглянутих видів опорів різне, крім того, воно змінюється і в процесі навантаження палі, у міру збі-

льшення її осідання [32]. Здійснити визначення цього співвідношення вельми складно, але необхідно для запитів практики будівництва. Вирішення вказаної проблеми пов'язане, як і у всякому статично невизначному завданні, з вивченням деформації палі і навколишнього ґрунту.

Саме з цим напрямом теоретичного вирішення питань спільної роботи палі і їх основ пов'язаний другий шлях, який впливає з врахування процесу деформації, що розвивається в ґрунті основи під дією зовнішнього навантаження.

У зв'язку з тим, що метод теорії пружності при застосуванні до ґрунтів як середовищ, що лінійно деформуються, дає у відомих межах задовільні результати, були зроблені спроби використовувати його і в розрахунках одиночних палі і фундаментів з палі. Вперше цей метод практично застосований А. А. Бірюковим (1937 р.) на основі використання вирішення Буссінеска (1885 р.). Трохи пізніше (1941 р.) Ф. М. Мастерс (США) використовував цей метод в тій же області. Надалі з'являється ціла низка робіт, заснованих на застосуванні рішень як завдання Р. Міндліна (1936г.) – В. А. Барващ, М. І. Горбунов-Посадов, М. М. Дорошкевич, Л. Б. Огронович, Б. С. Одінг, Е. М. Сивцов, Р. Е. Шеляпін і ін., так і завдання Е. Мелана (1932 р.) – А. А. Бартоломей та ін.

Останнім часом з'явилися роботи, з визначення осідання одиночних палі при статичних випробуваннях, що ґрунтуються на результатах узагальнення в різних ґрунтових умовах (А. А. Луга, Х. Р. Хакимов).

В. М. Голубков встановив залежність осідання палі і фундаментів палі від навантаження на базі аналізу спільної роботи їх з ґрунтом основи. У основу цього аналізу ним покладені результати польових досліджень, проведених у натуральну величину, взаємодії, що дозволили виявити принципову схему між зовнішніми і внутрішніми силами, що діють в межах фактично спостережуваної зони деформації, що формується під палями і фундаментами із палі [33, 120].

Метод оцінки спільної роботи пальового фундаменту і його основи за умовою рівності робіт зовнішніх і внутрішніх сил, запропонований В. М. Голубковим [33], відноситься до енергетичного напрямку

розрахунку, вельми багатообіцяючого і перспективного, переваги якого розглянуті нижче в розділі.

В області розрахунку вертикально навантажених паль з відмінною від призматичних подовжньою формою, є низка методів розрахунку тільки пірамідальних паль.

Вперше В. М. Голубковим був запропонований метод розрахунку таких паль і фундаментів паль по деформаціях основи, як з використанням модуля деформації, так і умови рівності робіт зовнішніх і внутрішніх сил. Низка робіт з визначення несучої здатності пірамідальних паль (В. М. Голубков, Л. І. Колесников, В. І. Хазін) [70, 72, 167, 171].

Низка робіт (М. Л. Зоценко, Л. І. Колесников, В. І. Хазін, В. Г. Федоровський) з визначення несучої здатності пірамідальних паль [70, 72, 167, 171].

Пропозиції за розрахунком пірамідальних паль, що мають незначний кут конусності по першому граничному стану дані в роботі НДІ-ОСП Держбуду СРСР [140].

Проблема теоретичного визначення опору паль горизонтальним навантаженням є завданням набагато складнішим, ніж визначення опору паль вертикальним навантаженням.

Не дивлячись на зусилля багатьох учених і інженерів, що працювали над створенням теоретичних методів розрахунку паль на горизонтальне навантаження, до теперішнього часу не запропоновано бездоганного розв'язання задачі.

Всі існуючі методи в цій області розділяються на три основні самостійні групи. Перша група методів розрахунку заснована на теорії сипких тіл і виходить з припущення, що паля нескінченно жорстка в порівнянні з ґрунтом і, що горизонтальна сила обертає палю навколо деякої точки нульових переміщень (М. І. Безухов, В. Г. Березанцев, Б. М. Жемочкин, С. М. Кудрін, Н. В. Лалетін, Е. Ломейер, А. В. Паталєєв, І. П. Прокоф'єв, І. Я. Яропольський) [10, 12, 18, 54, 83, 90, 102, 129, 171].

Всі ці методи засновані на низці помилкових положень, що не підтверджуються на практиці і, внаслідок чого, не відображають дійсної роботи палі на горизонтальне навантаження. Жоден з цих методів не

дозволяє, хоч би приблизно, визначити величину горизонтального навантаження залежно від величини переміщення палі і тим самим відповісти на настійну реальну вимогу проектування.

Друга група методів розрахунку розглядає палю як балку на суцільній пружній основі за методом коефіцієнта ложа (І. Я. Лучковський, Т. Е. Лекумович, Г. М. Мамедалієв, В. В. Миронов, А. Н. Снітко, М. К. Снітко, А. С. Строганов, І. В. Урбан, К. Хаяси, М. А. Цитович, В. Б. Шахирєв [101, 105, 113, 114, 177, 187]).

У всіх цих розрахунках, природно, передбачається, що при передачі тиску на ґрунт в будь яку точку його поверхні переміщення цієї точки прямо пропорціональне прикладеному тиску.

Експериментальне визначення величини коефіцієнта пропорційності k (коефіцієнта ложа або коефіцієнта податливості ґрунту) вельми складне, оскільки значення k залежить не тільки від виду ґрунту, ступеня його ущільнення, але і від розмірів, форми і площі передачі навантаження, жорсткості балки, величина якої не є постійною і змінюється в процесі завантаження і так далі.

Основний принциповий недолік методу коефіцієнта ложа – це допущення, що полягає в припущенні що, «в точці поверхні основи, в якій не прикладене зовнішнє навантаження, осідання рівне нулю. Звідси випливає, що осідання від сили, прикладеної в точці А, в усіх точках поверхні основи ..., окрім тільки точки А, рівні нулю. Вони виходять рівними нулю навіть в точках, розташованих на скільки завгодно малих відстанях... від точки прикладання сили А» [78].

Третя група методів розрахунку, експериментальних досліджень, що базуються на результатах, розглядає палю як стрижень, що вільно стоїть, нижня частина якого затиснена в ґрунті (Б. Ю. Калинович, В. М. Голубков) [33, 188]. При цьому спільна робота палі і ґрунту у всій її багатогранності оцінюється одним експериментальним коефіцієнтом, що фактично коректує вибрану розрахункову схему з натурою, і, величина якого визначається тільки для ланки взаємозв'язку, а саме, для взаємозв'язку «навантаження – переміщення». Застосування цього коефіцієнта для визначення внутрішніх зусиль в палі неправомірно і дає перебільшення їх значення. Це пов'язано з тим, що цей коефіцієнт не є в даному випадку коефіцієнтом переходу від розрахункових

до дійсних внутрішніх зусиль по самій ідеї його визначення. В той же час метод В. М. Голубкова має просте розв'язання, високий збіг результатів з натурними дослідженнями і задовольняє запит проектування, розкриваючи взаємозв'язок між горизонтальним навантаженням на палю і її переміщенням.

В області розрахунку горизонтально навантажених паль з відмінною від призматичних подовжньою формою, є тільки метод розрахунку пірамідальних паль, що відносяться до третьої групи [18].

Робота одиночних паль на сумісну дію як вертикальних і горизонтальних навантажень, так і горизонтальних і моментних навантажень є цікавою, але складною і малодослідженою проблемою. Всі роботи, виконані в цій області, принципово відносяться до другої групи методів розрахунку (Б. В. Шахирев, Г. С. Янишев, Б. Ф. Горюнов, К. С. Заврієв) [53, 73, 144, 148, 187].

Існуюче положення в області розрахунку вертикально і горизонтально навантажених паль пояснюється як складністю обліку спільної роботи паль з їх основою, так і загальними труднощами обліку всієї повноти властивостей і взаємозв'язків об'єкта дослідження – системи «споруда – основа».

1.3 Про деякі аспекти обліку складності системи «споруда – основа»

Вимога про необхідність розгляду властивостей і взаємозв'язків системи «споруда – основа» була висунута вперше М. М. Герсевановим, який висловив ідею про взаємний вплив основи і споруди на протікання деформацій як в основі, так і в надфундаментних конструкціях. Так в 1923 р. він писав: «Всякий розрахунок фундаменту повинен бути направлений на попередження його осідання, що є початком деформації споруди, яка на нього спирається». А в 1930 р. ця думка уточнюється: «на вирішення питання (при призначенні навантажень, що допускаються) впливає конструкція і призначення споруджуваної на ґрунті споруди» [25].

Основні принципи розрахунку основ по деформаціях були розвинені і введені в практику проектування Д. Е. Польшиним,

Р. А. Токарем, Б. Д. Васильєвим і з'явилися основою вітчизняних норм [152, 153]. Цей прогресивний інженерний метод розрахунку ґрунтується на оцінці і обліку спільної роботи основи, дозволяє ясно уявити собі природу причин, що викликають порушення нормальної експлуатації будівлі або споруди, забезпечення якої кінець кінцем є головним інженерним завданням.

У основу вказаного методу покладена нерівність:

$$S < S_u \quad (1.1)$$

де S – деформація основи (очікувана), що визначається розрахунком; S_u – гранично допустима за умовами міцності і експлуатації проєктованої споруди деформація основи.

Дві частини нерівності обумовлюють дві групи питань, кожна з яких є складним комплексним завданням.

До першої групи відносяться методи розрахунку осідань, обліку спільної роботи фундаментної конструкції і основи, вибору розрахункових характеристик ґрунтів та ін. До другої групи входять питання, що відносяться до встановлення гранично допустимих деформацій основи, залежних від виду надфундаментних конструкцій і їх параметрів.

Обидві ці групи питань, що вирішуються самостійно специфічними методами, є сторонами однієї проблеми. Подібне розділення дозволяє звести розглянуті системи «споруда – основа» до менш складної системи «фундамент – основа» при відомій гранично допустимій деформації, визначуваній експериментальним шляхом. Максимально допустиме осідання фундаментів є, як правило, більш строгим критерієм проєктування, ніж стійкість окремого фундаменту, будівлі або споруди [153]. Тому осідання паль і пальових фундаментів необхідно оцінювати досить точно.

Теоретичні і експериментальні дослідження проведені ученими, показують, що несуча здатність фундаментів паль може бути з певною точністю вірно оцінена з гранично допустимих осідань споруди.

Не дивлячись на багаторічний досвід застосування фундаментів із паль, методи розрахунку їх осідань почали розвиватися порівняно недавно. У 30-х роках прийняли метод ВІОС (колишній Всесоюзний інститут основ і споруд). Потім за методом Єгорова К. Є. фундамент

палі розглядався як масивний прямокутний фундамент, і місце прикладання розрахункового тиску на ґрунт під подошвою фундаменту приймалося залежно від відношення довжини палі до ширини фундаменту. Коли відношення довжини до ширини фундаменту менше або рівно одиниці, місцем прикладання розрахункового тиску вважається поверхня біля вістря палі. Якщо відношення довжини палі до ширини фундаменту більше одиниці, то місцем прикладання тиску вважається поверхня на глибині, рівній ширині фундаменту. Подібне вирішення цього питання було запропоноване В. М. Голубковим, А. А. Лугою [29, 97] і включено в норми проектування фундаментів із паль.

Вживані в даний час методи визначення осідань фундаментів паль можна розбити на три групи:

1. Методи, що розглядають пальовий фундамент як умовний масив.
2. Емпіричні методи.
3. Чисельні методи.

Методи, що розглядають пальовий фундамент як умовний масив

Вони виходять з припущення, що палі і ґрунт, що оточує їх, є масивним фундаментом, хоча глибина його, розміри і характер передачі тиску на навколишній ґрунт не збігаються. Аналіз методів цієї групи детально викладений в роботах [25, 44, 49, 156]

Емпіричні методи

Запропоновано низку емпіричних методів для визначення осідань фундаментів із паль. Ці методи часто задовільно передбачають осідання, але є вельми умовними, оскільки в них не закладений достатньою мірою аналіз механічних процесів, що відбуваються в основі при їх навантаженні.

Чисельні методи аналізу

Для дослідження роботи паль може бути використаний метод кінцевих елементів (МКЕ) [16]. Р. Содж [197] розглядав застосування цього методу для розв'язання таких задач, як розподіл опору ґрунту між подошвою і бічною поверхнею фундаменту.

Відомий метод інтегральних рівнянь, який стосовно завдань фундаментобудування розглянутий в роботах [4, 167].

ЛІТЕРАТУРА

1. Абелев М. Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. / М. Ю. Абелев – М. : Стройиздат, 1983. – 248 с.
2. Абелев Ю. М. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах / Ю. М. Абелев, М. Ю. Абелев. – М. : Стройиздат, 1979. – 271 с.
3. Алексеев А. И. Предложения по уточнению несущей способности фундаментов, устраиваемых без выемки грунта, по результатам испытаний / Алексеев А. И., Швец В. Б. // Механика грунтов и фундаментостроение – Одесса, 1997. – С. 141.
4. Алейников С. М. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния системы «пирамидальная свая – основание» / С. М. Алейников, М. Д. Гончаров // Механика грунтов и фундаментостроение – Одесса, 1997. – С. 4–7.
5. А. с. № 1150309. СССР Свайный фундамент для зданий, сооружений распорных систем / А. И. Моргун, И. И. Ваганов, Н. Н. Попович и А. С. Моргун – №3580064/29–33; заявл. 18.04.83; опубл. 15.04.85, Бюл. № 14.
6. А. с. № 1497354. СССР Свая / И. И. Ваганов, А. И. Моргун, Н. Н. Попович и И. В. Маевская / – №4316123/31–33; Заявл. 16.10.87; опубл. 30.07.89, Бюл. № 28.
7. Барабашук В. И. Планирование эксперимента в технике / В. И. Барабашук, Б. П. Крединцер, В. И. Мирошниченко – К. : Техника, 1984. – 200 с.
8. Бартоломей А. А. Прогноз осадок свайных фундаментов / А. А. Бартоломей, И. М. Омельчак, Б. С. Юшков – М. : Стройиздат, 1994. – 381 с.
9. Бартоломей А. А. Напряженно-деформированное состояние оснований фундаментов из пирамидальных свай А. А. Бартоломей, А. В. Пилягин // Основания, фундаменты и механика грунтов /– 1988. – № 3. – С. 28–30.

10. Безухов Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М. : Высшая школа, 1968. – 512 с.
11. Беляков Н. Ф. К вопросу определения оптимальных размеров свай / Н. Ф. Беляков, Е. В. Камушкин, Е. В. Платонов // Основания и фундаменты. Респ. межвед. научно–техн. сб. – К.: Будівельник.– 1981.– Вып. 14. – С.12–14.
12. Березанцев В. Г. Расчет одиночных свай и свайных кустов на действие горизонтальных сил. / В.Г. Березанцев – М. : Воениздат, 1946. – 51 с.
13. Березанцев В. Г. Расчет оснований сооружений. / В.Г. Березанцев – Л. : Стройиздат, 1970. –207с.
14. Бойко И. П. Напряженно–деформированное состояние упругопластического дилатирующего основания свайных фундаментов / И. П. Бойко // Основания и фундаменты. Респ. межвед. научно–техн. сб. – К. : Будівельник. – 1986.– Вып. 19. – С. 7–9.
15. Бойко И. П. Теоретические основы проектирования свайных фундаментов при упругопластическом деформировании основания И. П. Бойко // Основания и фундаменты. Респ. межвед. научно–техн. сб.– К. : Будівельник.– 1985.– Вып.18. – С.11–17.
16. Бойко И. П. О преимуществах полуаналитического метода конечных элементов при расчете свай / И. П. Бойко, А. Е. Дельник, А. П. Козак // Основания и фундаменты. Респ. межвед. научно–техн. сб. – К. : Будівельник. – 1991. – Вып. 24. – С. 10–12.
17. Бровко И. С. Экспериментальные исследования на моделях взаимодействия эффективных конструкций фундаментов, сооружаемых без выемки грунта, с основанием // Труды 11 Украинской научно–технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению. – Часть 1. – Полтава. – 1996. – С. 10–12.
18. Ваганов І. І. Пальові фундаменти для прибудов / І. І. Ваганов, М. М. Попович // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві : науково–технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2006. С. 58–62.
19. Винников Ю. Л. Методики моделювання взаємодії фундаментів з ущільненою основою : огляд / Ю. Л. Винников // Будівельні конс-

- трукції. – К. : НДІБК. – 2008. – № 71 : В 2-х кн. : Книга 1. – С. 325–333.
20. Винников Ю. Л. Численные исследования напряженно-деформированного состояния оснований при устройстве и работе фундаментов уплотнения / Ю. Л. Винников, Н. Л. Зоценко // Геотехника Поволжья – 99: Сб. трудов. – Йошкар-Ола : Салика, 1999. – С. 58–64.
21. ВСН–01–76. Инструкция по расчету, проектированию и устройству оснований и фундаментов сельскохозяйственных зданий с трехшарнирными рамами. – М. : Минсельстрой СССР, 1978. – 96 с.
22. ВСН–26–84. Ведомственные строительные нормы по проектированию и устройству пирамидальных свай и забивных блоков для малоэтажных сельских зданий. – М. : Минсельстрой СССР, 1985. – 46 с.
23. Вяли Т. Несущая способность клиновидных свай / Вяли Т., Метс М., Таммемяэ О. // Ускорение научно–технического прогресса в фундаментостроении : Сб. научн. тр. – Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 19–21.
24. Ганичев И. А. Устройство искусственных оснований и фундаментов / И. А. Ганичев – М. : Стройиздат, 1981. – 543 с.
25. Герсеванов Н. М. Свайные основания и расчет фундаментов сооружений / Н.М. Герсеванов – М. : Стройвоенмориздат, 1948. – 270 с.
26. Гильман Я. Д. Фундаменты из тавровых свай зданий распорной системы на лессовых грунтах / Гильман Я. Д., Дежин Ю. В., Логутин В. В., Дедух А. И. // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении : Сб. научн. тр. – Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 22–23.
27. Гильман Я. Д. Исследования и опыт внедрения фундаментов, возводимых без выемки грунта, зданий на лессовых основаниях // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 132–138.

28. Глазер С. И. К расчету свай переменной жесткости / С. И. Глазер, В. С. Рыбин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1983. – № 5. – С. 22–23.
29. Голубков В. Н. Определение глубины зоны деформации в глинистых грунтах. / В. Н. Голубков и др. // Основания и фундаменты. – 1990. – вып. 23. – С. 20 – 22.
30. Голубков В. Н. Исследование характера развития осадок свайных фундаментов из пирамидальных свай и деформаций их оснований / В. Н. Голубков, А. И. Догадайло // Основания и фундаменты. – 1979. – Вып. 12. – С. 13–17.
31. Голубков В. Н. Опыт применения безростверковых фундаментов из пирамидальных свай / В. Н. Голубков, А. И. Догадайло, Г. Н. Симонов // Основания и фундаменты – 1976. – вып. 9. – С. 21–25.
32. Голубков В. Н. Исследование влияния различных факторов на сопротивление пирамидальных свай при воздействии горизонтальной нагрузки / В. Н. Голубков, А. И. Догадайло, Г. Н. Симонов // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении : Сб. научн. тр. – Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 25–26.
33. Голубков В. Н. О работе свайных фундаментов в основаниях подстилаемых слабыми грунтами / В. Н. Голубков, А. Н. Догадайло, Г. Н. Симонов // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 121–126.
34. Голубков В. Н. Экспериментальные исследования формирования объема зоны деформации в основании фундаментов из пирамидальных свай / В. Н. Голубков, Ю. Ф. Тугаенко, В. С. Марченко, Ю. Ф. Суходоев // Основания и фундаменты – 1976.– Вып. 9. – С. 25–30.
35. Гольдштейн М. А. Механические свойства грунтов. / М. А. Гольдштейн – М. : Стройиздат, 1973. – 373 с.
36. Горбунов-Посадов М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин – М. : Стройиздат, 1984. – С. 63–65.
37. Готман А. Л. К вопросу учета трения грунта по боковой поверхности пирамидальной сваи при совместном действии вертикальной и

- горизонтальной нагрузок / А.Л. Готман // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 282–283.
38. Готман А. Л. Расчет пирамидальных свай на совместное действие вертикальной, горизонтальной и моментной нагрузок / А. Л. Готман // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М. : Стройиздат. – 1987. – № 1. – С. 12–14.
39. Готман А. Л. Расчет свай переменного сечения на совместное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок МКЭ / А. Л. Готман // СБ. Тр. IV Международной конференции по проблемам свайного фундаментостроения. – Пермь, 1994. – Ч. 1. – С. 76–81.
40. Григорян А. А. Набивные сваи с уплотненным забоем (обзор) / Григорян А. А., Чиненков Ю. А. – М. : ВНИИИС, 1981. – 45 с.
41. Громов Р. С. Экспериментальные исследования возможности расчета горизонтально нагруженных свай с использованием коэффициента постели / Р. С. Громов, Д. А. Шварцман, В. С. Зеленский // Основания, фундаменты и механика грунтов – 1986. – № 3. – С. 11–13.
42. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М. : Стройиздат, 1981. – 319 с.
43. Далматов Б. И. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов / Б. И. Далматов, Ф. К. Лапшин, Ю. В. Россихин – Л. : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1975. – 240 с.
44. Денисов О. Г. Основания и фундаменты промышленных и гражданских зданий: учебное пособие. – М. : Высшая школа, 1968. – 375 с.
45. Денисов О. Л. Некоторые результаты исследований вертикально нагруженных фундаментов с наклонными сваями на моделях // Труды НИИпромстроя. Основания и фундаменты. Механизация работ нулевого цикла. – Уфа, 1979. – С. 42–48.
46. Денисов О. Л. Исследование работы фундаментов из забивных вертикальных и наклонных свай на горизонтальную нагрузку // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1982. – №2. – С. 11–13.

47. Денисов О. Л. Развитие новых направлений проектирования кустовых свайных фундаментов / О. Л. Денисов // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 26–28.
48. Динь Дацзюнь. Усовершенствование метода расчета балок на упругом основании / Динь Дацзюнь // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1989. – № 3. – С. 24–26.
49. Дмоховский В. К. Основания и фундаменты / В. К. Дмоховский, Н. Н. Богословскийю – М.,–Л. : Госстройиздат, 1940. – 380 с.
50. Дмоховский В. К. О влиянии геометрической формы сваи на ее сопротивляемость // Труды МИИТ. – Вып. 6. – М., 1927. – С. 27–34.
51. Довгий А. Н. Экспериментальные исследования влияния изгибной жесткости железобетонных свай при горизонтальном нагружении / А. Н. Довгий, Г. С. Лекумович, И. Я. Лучковский // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1988. – № 4. – С. 9–11.
52. Друкований М. Ф. Використання числових методів для розрахунку фундаментів із паль / М. Ф. Друкований, М. М. Попович // Вісник ВПІ. – 1999. – № 4. – С. 18–21.
53. Друкований М. Ф. Раціональне використання пірамідальних паль / М. Ф. Друкований, М. М. Попович // Будівництво України. – 1999. – № 1. – С. 41–42.
54. Жемочкин Б. Н. Расчёт упругой заделки стержня. – М. : Стройиздат, 1948. – 66 с.
55. Жуйван И. А. Результаты исследований и опыт использования свай различных конструкций в условиях г. Одессы / И. А. Жуйван, А. В. Новский // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 353–354.
56. Жуков Н. В. Метод расчета коротких свай на горизонтальные, наклонные и моментные нагрузки // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 242–248.
57. Жуков Н. В. Пути технического прогресса сельского фундаментостроения // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1973. – № 1. – С. 1–3.
58. Жуков Н. В. Расчет несущей способности забивных фундаментных блоков на вертикальные вдавливающие, горизонтальные нагрузки

- и изгибающие моменты // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1986. – № 1. – С. 12–15.
59. Жуков Н. В. Исследование влияния вертикальной пригрузки на горизонтальные перемещения и сопротивление свай-колонн горизонтальным нагрузкам / Н. В. Жуков, И. Л. Белов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1978. – № 1. – С. 11–14.
60. Жуков Н. В. Исследование работы пирамидальных свай на статические и динамические нагрузки в просадочных грунтах / Н. В. Жуков, Л. П. Карабанова // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении: Сб. научн. тр. – Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 77–78.
61. Жуков Н. В. Сопротивление фундаментных блоков таврового сечения воздействию наклонных нагрузок / Н. В. Жуков, В. Г. Буданов, Л. В. Головачева // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1988. – № 3. – С. 16–18.
62. Заварыкин Л. Г. Нелинейный расчет сжато-изогнутых свай / Л. Г. Заварыкин, Б. М. Мазо, В. Б. Швец // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении: Сб. научн. тр. – Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 60–61.
63. Завриев К. С. К расчёту свай и свай-оболочек на горизонтальные и моментные нагрузки // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1974. – № 2. – С. 10–11.
64. Завриев К. С. Расчет свай на продольно-поперечный изгиб и устойчивость // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – № 1. – С. 15–17.
65. Завриев К. С. Расчет фундаментов мостовых опор глубокого заложения / К. С. Завриев, Г. С. Шпиро – М. : Транспорт, 1970. – 215 с.
66. Задворнев Г. А. Нелинейный расчет свай при действии горизонтальных нагрузок // Основания и фундаменты. – 1983. – Вып. 16. – С. 29–31.
67. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – Л. : Наука, 1968. – 96 с.
68. Золотухин Ю. Д. Испытание строительных конструкций: учебное пособие. – Мн. : Выш. школа, 1983. – 208 с.

69. Зоценко М. Л. Фундаменти з коротких пірамідальних паль / М. Л. Зоценко, Б. Завалій, В. Поліщук, В. Старцун // Сільське будівництво. – 1981. – № 3. – С. 24–26.
70. Зоценко Н. Л. К определению несущей способности фундаментов, сооружаемых без выемки грунта // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 4–7.
71. Зоценко Н. Л. К расчету пирамидальных свай на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок. / Н. Л. Зоценко // Исследование свайных фундаментов : Межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1988. – С. 94–100.
72. Зоценко Н. Л. Примеры расчета оснований и фундаментов сельских зданий и сооружений / Н. Л. Зоценко, А. В. Яковлев. – К. : Будівельник, 1986. – С. 104.
73. Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. – М. : Высшая школа, 1985. – 352 с.
74. Каган Г. Л. Экспериментальный метод определения коэффициента жесткости основания // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении : сб. научн. тр. – Том 1. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 98–99.
75. Кананян А. С. Расчет свай подверженных действию горизонтальных сил. / А. С. Кананян // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1968. – № 2. – С. 10–14.
76. Карлов В. Д. Основания и фундаменты в районах распространения вечномёрзлых грунтов. – М. : СПб. – 1997. – 178 с.
77. Клемяционок П. Л. Косвенные методы определения показателей свойств грунтов. – Л. : Стройиздат. Ленингр. отделение, 1987. – 144 с.
78. Клепиков С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. – К. : НИИСК, 1996. – 206 с.
79. Коваль В. Е. Устройство безростверковых свайных фундаментов / В. Е. Коваль, А. П. Угнивенко, В. П. Оперштейн // Строительство и архитектура. – 1981. – № 1. – С. 16–18.

80. Козлов В. М. К расчету свай (столбов) переменного сечения / В. М. Козлов, А. В. Пусков // Тезисы докладов зональной научно-технической конференции. – Владивосток, 1983. – С. 209–211.
81. Кононов А. В. Влияние взаимодействия свай на несущую способность свайных фундаментов при действии горизонтальной нагрузки: Дис канд. техн. наук: 05.23.02. / А. В. Кононов – М., 1984. – 181 с.
82. Костерин Э. В. Расчет сваи или столба на поперечные нагрузки с учетом упругой работы грунта. // Э. В. Костерин «Основания и фундаменты» / Учебник автомобильно-дорожных ВУЗов, М. : Высшая школа, 1978. – С. 205–211.
83. Котлярова Е. В. Комбинированные фундаменты с пирамидальными сваями / Е. В. Котлярова // Труды 11 Украинской научно-технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению. – Часть 111. – Полтава. – 1996. – С. 35–38.
84. Корнієнко М. В. Чисельне моделювання роботи стовпчастих пальових фундаментів з розширенням в лесових грунтах / М. В. Корнієнко, Д. А. Карпенко // Будівельні конструкції, Том 1. – К. : НДІБК. – 2008 – № 71. – С. 406–415.
85. Кравцов В. Н. Экспериментальные исследования забивных пирамидальных свай таврового поперечного сечения // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 139–142.
86. Крутов В. И. Фундаменты в уплотненном грунте // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 3–8.
87. Крутов В. И. Фундаменты из забивных блоков / Крутов В. И., Тропп В. Б. – К. : Будівельник, 1987. – 119 с.
88. Кручинина О. И. Пирамидальные сваи в вечномёрзлых грунтах // Труды НИИ оснований и подз. сооружений, 1987. – Вып. 87. – С. 52–59.
89. Лавров В. Н. Несущая способность ленточного фундамента при действии эксцентричной наклонной нагрузки / В. Н. Лавров,

- В. Г. Федоровский // Труды НИИ оснований и подз. сооружений, 1987. – Вып. 88. – С. 105–115.
90. Ландарь А. М. Расчет коротких пирамидальных свай на действие горизонтальной нагрузки // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1976. – Вып.9. – С. 48–50.
91. Лapidус Л. С. К расчету одиночных свай по деформациям / Лapidус Л. С., Лапшин Ф. К. // Известия Вузов. Строительство и архитектура, 1972. – № 11. – С. 51–54.
92. Лапшин Ф. К. Оценка эффективности свай, устраиваемых с полным вытеснением грунта в их объеме // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 127–131.
93. Лебеда А. Ф. Экспериментальные исследования буробетонных фундаментов на горизонтальную нагрузку // Основания и фундаменты. – 1985. – Вып. 18. – С. 52–56.
94. Леденев В. В. Основания и фундаменты при сложных воздействиях / В. В. Леденев – Тамбов : Изд. ТГТУ, 1996. – 399 с.
95. Лекумович Г. С. Экспериментальные исследования свай, работающих на горизонтальную нагрузку // Основания, фундаменты и механика грунтов. труды НИИОСП им. Герсеванова Госстроя СССР. 1973. – Вып. 63. – С. 54–57.
96. Лешуков М. Р. Приложение метода конечных разностей к расчету свай переменной жесткости // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1988. – Вып. 21. – С. 38–40.
97. Луга А. А. К расчету свайных фундаментов опор мостов на горизонтальные нагрузки. / А. А. Луга // – Труды ВНИИ трансп. стр-ва. – М. : ЦНИИС, 1960. – С. 36–41.
98. Луга А. А. Комплекс исследований прочности, деформативности и устойчивости фундаментов опор мостов. – М. : Изд-во НИИОПС, Госстрой СССР, 1967. – 87 с.
99. Лундин Л. Ш. Влияние горизонтальных нагрузок на работу куста свай в глинистых грунтах: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.02 / Л. Ш. Лундин. – Днепропетровск, 1981.– 22 с.
100. Лундин Л. Ш. Некоторые особенности расчета свай в многослойном основании при действии горизонтальных и моментных на-

- грузок / Л. Ш. Лундин // Изв. вузов. Сер. Стр-во и архитектура. – 1989. – № 1. – С. 116–120.
101. Лучковский И. Я. О расчете горизонтально нагруженных свай на основе упругопластической модели / И. Я. Лучковский, Г. С. Лекумович, А. Н. Довгий // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении : сб. научн. тр. – Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 46–47.
102. Малацидзе Э. Г. Расчет фундаментов из коротких призматических свай со сборными ростверками на совместные вертикальные и горизонтальные нагрузки / Э. Г. Малацидзе // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1988. – Вып. 21. – С. 43–47.
103. Малацидзе Э. Г. Рациональный угол погружения наклонных пирамидальных свай / Э. Г. Малацидзе, С. Д. Акимов, П. П. Лычев // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1985. – Вып. 18. – С. 59–62.
104. Малацидзе Э. Г. Фундаменты из коротких свай, работающие на горизонтальные нагрузки / Э. Г. Малацидзе, С. А. Слюсаренко // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1976. – вып. 9. – С. 50–53.
105. Мальцев А. Т. Расчет жестких свай на горизонтальную и наклонную нагрузки / А. Т. Мальцев, В. С. Сажин // Эффективные железобетонные конструкции сельских зданий, материалы и технология. – М. : ЦНИИЭПсельстрой, 1983. – С. 93–100.
106. Марченко В. С. Результаты полевых исследований деформаций грунта в основании одиночной пирамидальной сваи и свайного фундамента / В. С. Марченко, Ю. Ф. Тугаенко // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1973. – Вып. 6. – С. 84–88.
107. Матус Ю. В. Исследование работы пирамидальной сваи с низким ростверком на горизонтальную нагрузку // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1983. – Вып. 16. – С. 55–58.
108. Матус Ю. В. Натурные исследования пирамидальных свай в слое песка подстилаемого мощным слоем ила / Ю. В. Матус, В. Н. Митюшков, К. П. Синявский // Основания и фундаменты. Ре-

- спубликанский межведомственный научно-технический сборник :
– К. : Будівельник, 1971. – Вып.4. – С. 48–52.
109. Меклер М. Пальові фундаменти під будівлі розпірної конструкції. / М. Мерлер // Сільське будівництво. – 1977. – № 6. – С. 43.
110. Метелюк Н. С. Влияние защемления головы сваи в ростверке на её сопротивление горизонтальной нагрузке / Н. С. Метелюк, Г. Ф. Шишко, Михайленко // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1971. – № 4. – С. 18–22.
111. Механика грунтов, основания и фундаменты / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский, З. Г. Тер-Мартиросян. – М, 1994. – 524 с.
112. Миндлин Р. Сосредоточенная сила в упругом полупространстве / Р. Миндлин // Сб. переводов «Механика». – 1952. – Вып. 4 (14). – С. 118–141.
113. Миронов В. В. О методе расчёта свай на горизонтальные нагрузки // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1971. – № 3. – С. 15–17.
114. Миронов В. В. О расчёте свай конечной длины на горизонтальные нагрузки / В. В. Миронов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1973. – № 1. – С.3–6.
115. Миронов В. С. Практический метод расчета свай на действие горизонтальных нагрузок // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. –1965. – № 5. – С. 24–32.
116. Моргун А. И. Совершенствование конструкций и методов расчета свай и свайных фундаментов с использованием МГЭ // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 71–72.
117. Моргун А. И. Практический метод расчета пирамидальных свай на горизонтальные нагрузки с применением ЭВМ / Моргун А. И., Моргун А. С., Попович Н. Н. // Информ. листок № 83–13, индекс 67. 03 – Винница : ВЦНТИ, 1983.
118. Моргун А. И. Фундаменты для распорных конструкций зданий и сооружений / Моргун А. И., Попович Н. Н. // Достижения научно-технического прогресса в строительстве – производству. – Винница, 1990. – С. 35.

119. Новикова Л. А. Экспериментальные и теоретические исследования совместной работы основания и фундаментов из парных пирамидальных свай // Труды 11 Украинской научно-технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению. – Часть III. – Полтава. – 1996. – С. 39–46.
120. Новые фундаменты на стройках Одессы. Одесса: Маяк, 1976. – 106 с.
121. Огранович А. Б. Расчет жесткой пирамидальной сваи на горизонтальную нагрузку в упругом полупространстве // Строительная механика и расчет сооружений. – 1989. – № 4. – С. 7–9.
122. Основания и фундаменты : справочник / [Г. И. Щецов, И. В. Носков, А. Д. Слободян и др.]; под ред. Г. И. Швецова. – М. : Высш. шк., 1991. – 383 с.
123. Орел А. А. Исследование работы пирамидальных свай при действии горизонтальных нагрузок / А. А. Орел, А. М. Ландарь // Тр. ВНИИ трансп. Стр-ва. – 1976. – Вып. 98. – С. 45–60.
124. Основания и фундаменты на лессовых просадочных грунтах / В. А. Зурнаджи., В. П. Ананьев, Я. Д. Шильман, Ю. В. Дежин. – Ростов : Из-во РГУ, 1968. – 224 с.
125. Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1–10–2009. Зміна 1 – [Чинні від 2011–07–01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011 – 55 с. – (Державні будівельні норми України).
126. Петраков А. А. К вопросу совершенствования методов расчета оснований и фундаментов / А. А. Петраков // Будівельні конструкції. – 2001 – № 54. – С. 534–539.
127. Пилягин А. В. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений: учебное пособие / А. В. Пилягин – М. : Из-тво Ассоциации строительных вузов, 2006. – 248 с.
128. Пилягин А. В. Напряженно-деформированное состояние основания пирамидальной сваи в вытрамбованной скважине со слабым подстилающим слоем / А. В. Пилягин, А. Б. Шукенбаев // Труды 11 Украинской научно-технической конференции по механике грун-

- тов и фундаментостроению. – Часть 1. – Полтава, –1996. – С. 20–23.
129. Платонов Е. В. Экспериментальные исследования работы висячих пирамидальных свай в просадочных грунтах / Е. В. Платонов, В. И. Хазин // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1971. – Вып. 4. – С.71–75.
130. Полищук А. И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий / А. И. Полищук – Нортхэмптон: STT; Томск: STT, 2004. – 476 с. – ISBN 0–9702353–6–4 (STT, Нортхэмптон), ISBN – 5–93629–128–6 (STT, Томск).
131. Попович М. М. Розрахунок пірамідальних паль на горизонтальні навантаження з врахуванням їх геометричних характеристик // Тези Респуб. конф. «Індивідуальний житловий будинок». – Вінниця, 1996. – С. 88.
132. Попович М. М. Раціональний тип фундаменту для конструктивних схем будівель та споруд з додатковим горизонтальним навантаженням / М. М. Попович, Н. Б. Попович // Тези Респуб. конф. «Індивідуальний житловий будинок». – Вінниця, – 1996. – С. 89.
133. Попович М. М. Методи розрахунку опору пірамідальних паль на горизонтальні навантаження // Вісник ВПИ. – 1999. – № 2. – С.19–22.
134. Попович М. М. Дослідження оптимальної форми бокової поверхні елементів збірно-монолітних паль / М. М. Попович, І. І. Ваганов // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця.– 2009 – № 2. С. 58–64.
135. Проектирование и устройство свайных фундаментов : СП 50–102–2003. – [Одобрено постановлением Госстроя РФ от 21.06.2003 г. № 96]. – М. : ГП ЦПП, 2004. – 94 с.
136. Прудентов А. И. Железобетонные сваи с грунтовым ядром. – Л. : Издат. литературы по стр-ву., 1971. – 161 с.
137. Ваганов І. І. Проектування основ і фундаментів : навч. посіб / Ваганов І. І., Маєвська І. В., Попович М. М., Тітко О. В. – Вінниця: ВНТУ, 2003. – 132 с.

138. Разоренов В. Ф. Влияние эксцентриситета приложения вертикальной нагрузки и относительного заглубления на крен моделей фундамента в песчаных грунтах // В. Ф. Разоренов, В. В. Леденев. Проектирование и строительство сооружений на намывных грунтах : тезисы докладов. – Тюмень, – 1984. – С. 66–68.
139. Рекомендации по расчету свайных фундаментов с несущими ростверками: Р 5.01.015.05 – [Срок действия: с 1.01.2006 г. по 1.01.2011г.]. – Минск : НППРУП «СТРОЙТЕХНОРМ», 2005. – 24 с.
140. Рекомендации по расчёту свай на горизонтальную нагрузку в связных и несвязных грунтах с учетом образования зон предельного равновесия. – М. : НИИОСП, 1982. – 72 с.
141. Репников Л. Н. Метод расчета балок на упругом основании (совмещенное упругое полупространство и основание Винклера) / Л. Н. Репников, С. В. Рахимов // Основания, фундаменты и подземные сооружения. – М., :1970. – С. 44–55.
142. Рыжков В. М., Куприн В. М. Расчет комбинированных свай в вечномёрзлых грунтах при действии горизонтальных и моментных нагрузок / Рыжков В. М., Куприн В. М. // Труды НИИ оснований и подз. Сооружений. – 1987.– Вып. 87. – С. 66–73.
143. Рыжков А. М. Определение прочности и деформативности грунтов в строительстве. – К. : Будівельник, 1976. – 134 с.
144. Савостюк Н. М. Пирамидальные сваи на сельских стройках Белоруссии // Строительство и архитектура Белоруссии. – 1980. – № 1. – С. 11–12.
145. Седов Л. И. Механика сплошной среды. – М. : Наука, 1976. – 536 с.
146. Симвулиди А. И. Расчет инженерных конструкций на упругом основании : учебное пособие для строит. спец. вузов / И. А. Симвулиди – 5-е изд. перераб. и доп. – М. : Высш.школа, 1987. – 576 с.
147. Слободян А. Д. Определение сопротивления сваи горизонтальным нагрузкам по результатам статического зондирования грунтов / А. Д. Слободян, А. В. Мельников // Изв. ВУЗов. Стр-во и архитектура. – 1989. – № 2. – С. 27–30.

148. Слюсаренко С. А. Фундаменты под сельскохозяйственные сооружения с горизонтальными нагрузками / С. А. Слюсаренко, Э. Г. Малацидзе // Основания и фундаменты. – 1979. – Вып. 12. – С. 80–84.
149. Слюсаренко С. А. Исследование масштабного фактора при нагружении фундамента горизонтальной силой / С. А. Слюсаренко, В. В. Леденев, С. В. Иконин, Л. А. Ковальчук // Основания и фундаменты. – 1981. – Вып. 14. – С. 60–63.
150. Слюсаренко С. А. Свайные фундаменты в лессовых грунтах под действием наклонной нагрузки / С. А. Слюсаренко, Э. Г. Малацидзе // Основания и фундаменты. – 1981. – Вып. 14. – С. 63–67.
151. Смирнов Л. Исследования несущей способности свай на горизонтальную нагрузку. / Л. Смирнов // – Инженерная геология, механика грунтов: тезисы докладов межреспубликанской конференции. – Минск, – 1982. – С. 187–191.
152. Сваи и свайные фундаменты : спр. Пособие / [Н. С. Метелюк, Г. Ф. Шишко, А. Б. Соловьева, В. В. Грузинцев]. – К. : Будівельник, 1977. – 256 с.
153. Свайные фундаменты : СНиП 2.02.03–85. – [Введен в действие с 1–01–1987]. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
154. Сорочан Е. А. Исследование работы свай в набухающих грунтах при действии горизонтальной нагрузки / Е. А. Сорочан, А. Н. Лосев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1985. – № 3. – С. 10–12.
155. Сорочан Е. А. Особенности работы горизонтально нагруженных свай в набухающих грунтах / Е. А. Сорочан, А. Н. Лосев // Ускорение научно–технического прогресса в фундаментостроении : сб. научн. тр. – Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 36–39.
156. Справочник проектировщика. Сложные основания и фундаменты / под ред. Ю. Г. Трофименкова. – М. : Издат. литер. по стр-ву, 1969. – 271 с.
157. Строганов А. С. Теоретические и экспериментальные исследования работы длинных одиночных свай на горизонтальную нагрузку // Информационные материалы ВОДГЕО. 1953. – № 4. – 80 с.

158. Строительные нормы и правила. Земляные сооружения, основания и фундаменты – М. : Госстрой России, 1998. – 121 с.
159. Теория подобия и размерностей. Моделирование / П. М. Алабушев, В. Б. Геронимус, Л. М. Минкевич, Б. А. Шеховцов. – М. : Высшая школа, 1968. – 208 с.
160. Титко О. В. Оцінка ефективності фундаментів з групи взаємозалежних паль : Монографія. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 114 с.
161. Трегуб А. С. Исследование взаимодействия свайных фундаментов и ростверка с основанием / А. С. Трегуб, А. С. Шокарев // Світ геотехніки :– 2005. – № 4. – с.19–24.
162. Тетиор А. Н. Проектирование и сооружение экономичных конструкций фундаментов. – К. : Будівельник, 1975. – 203 с.
163. Тугаенко Ю. Ф. Экономичные фундаменты стоек эстакад без выемки грунта / Тугаенко Ю. Ф., Барчукова Т. Н. // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 148–151.
164. Усманов М. М. Расчет ФВК на действие горизонтальных нагрузок по «отказам» при вытрамбовывании / М. М. Усманов, Б. В. Гончаров, Ю. М. Шеменков // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 189–190.
165. Ухов С. Б. Механика грунтов, основания и фундаменты / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский, З. Г. Тер-Мартirosян – М. : Издат. АСВ. – 1994. – 524 с.
166. Феда Я. Использование теории подобия для определения механических характеристик грунта // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1980. – № 3. – С. 26–29.
167. Федоровский В. Г. Расчет свай и свайных кустов на горизонтальную нагрузку по модели линейно деформируемого полупространства // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1988. – № 4. – С. 20–23.
168. Филатов А. Ф. Экспериментальные исследования эпюр реактивного давления грунта и перемещений свай при горизонтальных на-

- грузках // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1977. – № 1. – С. 32–34.
169. Федоровский В. Г. Конечноэлементный расчет осадок свай в мерзлом грунте по модели упруго-вязкопластической среды / В. Г. Федоровский, В. Ф. Александрович // Материалы XI Междун. симпоз. по реологии грунтов. – М. : НИИОСП, 2003. – С. 97–110.
170. Фурсович М. О. Визначення несучої здатності бурюін'єкційних паль при дії вертикальної і горизонтальної складової навантажень // Будівельні конструкції. – 1999. – Вип. 51. – С. 355–358.
171. Хазин В. И. Конструкции фундаментов сельскохозяйственных зданий на коротких пирамидальных сваях. – К. : Будівельник, 1984. – 100 с.
172. Хазин В. И. Конструкции пирамидальных свай уплотнения и их расчет на ЭВМ / В. И. Хазин, Б. М. Ахмедпашаев // Эффективные фундаменты, сооружаемые без выемки грунта. – Полтава, 1991. – С. 280–284.
173. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. В. Шапиро – М. : Мир, 1969. – 395 с.
174. Циприанович И. В. К расчету свай с уширениями на горизонтальную нагрузку по деформациям основания // Основания и фундаменты. – 1971. – Вып. 4. – С. 122–127.
175. Шапиро Д. М. Курс лекций по расчёту моделированию геотехнических объектов / Д. М. Шапиро // Будівельні конструкції, Том 2. – К. : НДІБК. – 2011 – № 75. – С. 643–647.
176. Федоровский В. Г. Метод расчета свайных полей и других вертикально армованных массивов / В. Г. Федоровский, С. Г. Безволев // «ОФМГ». – 1994. – № 3. – С. 11–15.
177. Шахирев В. Б. Расчет свай пирамидальной формы на совместное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок –/ В. Б. Шахирев // VI Прибалтийско-Беларусская конференция по геотехнике : тезисы докладов. – Таллин: 1986. – С. 199–203.
178. Шахирев В. Б. Экспериментальные исследования свай на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок // Сб. трудов НИИ промстроя, – М. : – 1973. вып. XI. – С. 63 – 67.

179. Швец В. Б. Исследование распределения контактных напряжений щелевых фундаментов при совместном действии вертикальных и горизонтальных нагрузок / В. Б. Швец, А. И. Алексеев, В. М. Дервянко, Ю. Н. Никифоров // Ускорение научно–технического прогресса в фундаментостроении : – сб. научн. тр.– Том 2. – М. : Стройиздат, 1987. – С. 214–215.
180. Шапиро Д. М. Упрогопластический расчет несущей способности свай / Д. М. Шапиро, Н. Л. Зоценко, С. В. Беда // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1996. – № 6. – С. 34–39.
181. Швецов А. В. Исследование напряженно–деформированного состояния основания пирамидальных свай / А. В. Швецов, И. М. Омельчак, С. В. Ирундин // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала : межвузовский сб. научн. тр. – Пермь, 1987. – С. 23–27.
182. Швецов Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты. – М. : Высшая школа, 1997. – 319 с.
183. Шеменков Ю. М. Исследования фундаментов в вытрамбованных котлованах и разработка метода расчета при действии горизонтальной нагрузки / Ю. М. Шеменков, А. Л. Готман // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 117–120.
184. Шишко Г. Ф. Уточненный расчет усилий в пирамидальных и конусовидных сваях при сложном сочетании нагрузок // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1981. – Вып. 14. – С. 86–90.
185. Щур Е. В. Математическое моделирование напряженно–деформированного состояния системы «пирамидальная свая – основание» // Механика грунтов и фундаментостроение. – Одесса, 1997. – С. 133–134.
186. Ягупов Б. А. Строительные конструкции. Основания и фундаменты. – М. : Стройиздат, 1991. – 665 с.
187. Banerjee R. An approach to design of vertical piles subjected to lateral loads. J. Inst. Eng. (India) Civ. Eng. Div., 1980. – S. 249–253.
188. Broms B. Lateral resistance of piles in cohesive soil. // J. of Mech. and Found. Proc. ASCE. – 1964. – No. 3825. – S. 27–63.

189. Budhu M., Davies T.G. Analysis of laterally loaded piles in soft clay // *J. Of Geotechnical Engineering, USA*. – 1988. – No. 1. – S. 21–39.
190. Ly B. L. A direct method for estimation of the deflection of a laterally loaded pile. / Ly B. L. // *Nunur. Meth. Geotech. Proc. 3rd Int. conf.*, 1979. – Rotterdam, 1979. – Vol. 3. – S. 1069–1071.
191. Klosinski B. Uproszczone obliczanie zginanych pali wielkosrednicowych / Klosinski B. // *Inz. i bud.* – 1979. – No. 3. – S. 92–95.
192. Matlock H. Correlations for design of laterally loaded piles in soft clay / Matlock H. // *Proc. 2nd Ann. Offshore Techol. Conf*, – Houston, 1970. – S. 577–594.
193. Meissner H. Tragverhalten achsial und horisontal belasteter bohrpfähle in körnigen böden. *Geotechnik*. / Meissner H., 1982. – S. 115–124.
194. Nosnosc krotkich prefabrykowanych zelbetowych pali fundamentowych // *Inzynieria i Budownictwo*, 1978. – No. 2. – S. 61–63.
195. Poulos H. G. The behavior of laterally loaded piles: II–pile groups. / Poulos H. G. // *Proc ASCE*. – 1971. – Vol. 97. – No. SM5. – P. 738–751.
196. Sullivan W. R. Unified method for analysis of laterally loaded piles in clay. / Sullivan W. R., Reese L. S., Fenske C. W. // *Numer, Meth. Offshou Pil. Proc. Conf*. – London, 1980. – P. 135–146.
197. Sogge R. L. Laterally loaded pile design. // *J. Geotechn. Eng. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. End.* – 1981. – Vol. 10, No. 9. – P. 1179–1199.
198. Yoshida I., Yoshinake R.A. Method to estimate modulus of Horizontal subgrade Reaction for a pile. // *Soils and Found., Engineering*. – 1972. – Vol. 12, No. 3. – P. 1–17.

Наукове видання

Попович Микола Миколайович

**РОБОТА ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ НА СУМІСНУ ДІЮ
ГОРИЗОНТАЛЬНИХ І ВЕРТИКАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено М. Поповичем

Підписано до друку 16.11.2012 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. Арк. 6,7
Наклад 100 прим. Зам № 2012-185

Вінницький національний технічний університет,
КІВЦ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.