

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження роботи багатогвинтової палі довжиною 2м на  
сприйняття горизонтальних сил і моментів

Виконав: студент 6 курсу, групи МБмн-61  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Іванов М.Ю.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Чорномаз Н.Ю.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Данильченко С.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Бобик М.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівельної  
механіки

\_\_\_\_\_ Ковальчук Я.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 «Будівництво і цивільна інженерія»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Іванову Миколі Юрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження роботи багатогвинтової палі довжиною 2м на сприйняття  
горизонтальних сил і моментів

Керівник роботи Чорномаз Наталія Юріївна, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Огляд літератури за темою роботи

2) Методика проведення моделюючого експерименту

3) Методика проведення польових досліджень

4) Статистична обробка отриманих під час досліджень даних

5) Висновки, рекомендації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Пояснювальна записка 60-80 аркушів формату А4, мультимедійна презентація 15-25 слайдів.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Чорномаз Н.Ю., к.т.н., ст. викл.		
Охорона праці	Каспрук В.Б., к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викл.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою досліджень		
2	Методика проведення моделюючого експерименту		
3	Методика проведення польових досліджень		
4	Статистична обробка отриманих під час досліджень даних		
5	Висновки, рекомендації.		
6	Графічне оформлення		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Іванов М.Ю.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Чорномаз Н.Ю.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Вступ. ....	6
1 Літературний огляд.....	9
2 Методика модельного експерименту . ....	17
2.1 Завдання експерименту.....	17
2.2 Методика проведення експерименту . ....	17
2.3 Критерій вибору масштабу для проведення експерименту.....	19
2.4 Підбір матеріалу для виготовлення модельної палі.....	20
2.5 Опис стенду С-01 для модельного випробування.....	21
2.6 Підготовка ґрунтової основи і фіксація показань горизонтального переміщення.....	22
2.7 Передача горизонтального зусилля на палі.....	23
2.8 Проведення експерименту.....	25
3 Результати модельного експерименту.....	29
3.1 Для модельних паль еквівалентних довжині 2,0 м.....	29
3.2 Для модельних паль еквівалентних довжині 2,5 м. ....	32
3.3 Для модельних паль еквівалентних довжині 3,0 м. ....	34
3.4 Висновки по модельному експерименту.....	38
4 Методика натурного експерименту.....	40
4.1 Завдання натурного експерименту.....	40
4.2 Сутність проведення натурного експерименту.....	40
4.3 Умови проведення натурного експерименту ... ..	41
4.4 Фіксація показників горизонтального переміщення.....	41
4.5 Передача зусиль.....	42
4.6 Рекомендації по проведенню випробувань паль на дію горизонтальних навантажень.....	44
4.7 Параметри гвинтових паль для польових випробувань.....	45
5 Результати натурного експерименту.....	46
5.1 Для багатогвинтових гвинтових паль завдовжки 2,0 м. ....	46
5.2 Для багатогвинтових гвинтових паль завдовжки 2,5 м. ....	48
5.3 Для багатогвинтових гвинтових паль завдовжки 3,0 м. ....	50
5.4 Висновки за підсумками проведення натурного експерименту.....	52

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. ....	55
6.1 Охорона праці.....	55
6.1.1 Організація охорони праці працівників на підприємстві . . ....	55
6.1.2 Правила поведінки під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій.....	57
6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях . ....	60
6.2.1 Оцінка стійкості об'єкту будівництва до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості. ....	60
6.2.2 Організація і проведення досліджень з оцінки стійкості об'єкту будівництва в НС. Розробка заходів щодо підвищення стійкості промислового об'єкту .....	62
6.2.3 Висновки до підрозділу .....	65
Висновок .....	66
Бібліографія.....	67

Сучасна історія застосування гвинтових паль налічує близько 200 років. У 1838 році інженер Олександр Мітчелл з Англії отримав позику на будівництво освітлювальних споруд в зоні припливно-відпливних басейнів поблизу Лондона, запропонувавши наконечник палі у вигляді гвинта, для того щоб можна було закручувати палі в ґрунт.

У затоці Делавер (США) в 1850р був побудований маяк за новою технологією. Фундамент для нього виконали з металевих труб з привареними елементами у вигляді гвинтових лопатей. Занурення труби в ґрунт здійснювалося за допомогою загвинчування. Ця технологія отримала широке застосування для будівництва сотні маяків на території США і застосовувалася протягом десятиліть.

Гвинтові палі постійно модернізувалися і в Англії, і в США та інших країнах світу. В СРСР гвинтові палі мало використовувалися, тільки при будівництві в умовах вічної мерзлоти, у військовому і в електромережевому будівництві.

Переваги гвинтових паль, в порівнянні з іншими видами фундаментів:

- низька трудомісткість;
- відсутність земляних робіт;
- можливість використання в умовах обмеженого простору, в безпосередній близькості від підземних комунікацій, в умовах щільної міської забудови;
- можливість проведення робіт на протязі всього року;
- відсутність необхідності інженерного планування майданчика;
- можливість використання в зонах підтоплення;
- мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище;
- простота повного демонтажу і як наслідок можливість використання як основи тимчасових споруд.

Існуючі норми проектування істотно занижують розрахункову несучу здатність гвинтових паль, а також не враховують напруження відпору ґрунту або спільну роботу палі і ґрунтової основи при горизонтальному навантаженні та роботу ґрунту між витками лопатей паль.

**Мета роботи:** визначення реального значення несучої здатності багатогвинтової палі довжиною 2 м при дії горизонтальних сил і моментів.

**Об'єкт дослідження** – багатогвинтова паля довжиною 2м при дії горизонтальних сил і моментів.

**Предмет дослідження** – несуча здатність багатогвинтової палі довжиною 2 м при дії горизонтальних сил і моментів.

**Завдання дослідження:**

- виявити основні особливості розрахунку та роботи гвинтових паль;
- з'ясувати основні методологічні аспекти проведення модельного експерименту та польових випробувань з визначення несучої здатності багатогвинтових паль довжиною 2,0м 2,5м і 3,0 м;
- розробити модель гвинтової та гладкої палі;
- визначити характер роботи гвинтових паль довжиною 2,0м 2,5м і 3,0 м при дії горизонтальних сил і моментів;
- визначити схему роботи гвинтових паль довжиною 2,0м 2,5м і 3,0 м при дії горизонтальних сил і моментів;
- з'ясувати вплив гвинтових лопатей на несучі здатність багатогвинтових паль при дії горизонтальних сил і моментів
- на підставі польових випробувань провести аналіз несучої здатності багатогвинтових паль довжиною 2,0м 2,5м і 3,0 м;
- розробити рекомендації по збільшенню несучої здатності багатогвинтових паль.

**Методи дослідження** – аналіз літературних джерел, експериментальні.

**Наукова новизна отриманих результатів**-Отримала подальший розвиток методика визначення несучої здатності багатогвинтових паль довжиною 2 м. при дії горизонтальних сил і моментів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати можуть бути використані для проектування нових та реконструкції існуючих будівель та споруд різноманітного функціонального призначення, а також в лекційних і практичних курсах.

Апробація. Основні положення та окремі результати даного дослідження доповідались на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» м. Тернопіль, ТНТУ 27-28.11.2019



## РОЗДІЛ 1

### ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

За рахунок наявності різних видів, розмірів і конфігурацій гвинтових лопатей палі можна значно регулювати характеристики фундаментів.

На вітчизняному ринку фундаментобудівництва представлена продукція компанії «BAU Group».



Гвинтові палі «BAU» представляють собою патентований кований конусний корпус з трубної заготовки з привареною спіраллю.

Особливістю, характерною для палей «BAU», є застосування лопатей малих діаметрів з великою кількістю витків. Це дає можливість занурювати палі за допомогою спеціальних палепогружних механізмів з невеликим крутними моментами або використовувати малогабаритне обладнання. Проведення експериментальних і розрахунково-теоретичних досліджень з урахуванням особливостей ґрунтів регіонів вплине на більш широке застосування палей «BAU» в практиці.

Рисунок 1.1 - Різновиди палей "BAU"

Згідно СП 50-102-2003 «Проектування і влаштування пальових фундаментів», розрахункова несуча здатність гвинтових паль визначається за формулою:

$$F_d = \gamma_c [(\alpha_1 c_1 + \alpha_2 \gamma_1 h_1) A + u_{fi}(h_d)] \quad (1)$$

Для того щоб розрахувати несучу здатність гвинтових паль під впливом горизонтальних навантажень потрібно в формулу (1) ввести перехідний коефіцієнт вертикального навантаження в горизонтальне навантаження  $K_q$ .

$$F_d = K_q \gamma_c [(\alpha_1 c_1 + \alpha_2 \gamma_1 h_1) A + u_{fi}(h_d)], \quad (2)$$

Для кожного типорозміру гвинтових паль необхідно визначити свій перехідний коефіцієнт, це обумовлюється тим, що зі збільшенням глибини занурення палі несуча здатність на горизонтальне навантаження починає більшою мірою обмежуватися згинальною жорсткістю матеріалу палі. Зазначений факт знаходить своє відображення в роботі [20].

Коефіцієнт  $K_q$  обчислюється за формулою:

$$K_q = \frac{P_d}{P_q} \quad (3)$$

де  $P_q$  і  $P_d$  середньозважена несуча здатність гвинтових палі під впливом вертикальних і горизонтальних навантажень відповідно.

$$P_q = \frac{\sum_{i=1}^n P_{qi}}{n} \quad (4)$$

$$P_d = \frac{\sum_{i=1}^n P_{di}}{n} \quad (5)$$

Від характеру деформування горизонтально навантаженого пального фундаменту в ґрунті залежить його несуча здатність.

В даний час загальноприйнятою класифікацією паль за цією ознакою можна вважати наступний їх умовної поділ: короткі жорсткі, короткі гнучкі, довгі гнучкі. Фактор жорсткого защемлення оголовка палі в ростверк, призводить до зміни характеру їх роботи в ґрунті.

При горизонтальному навантаженні коротка жорстка паля з вільною головою повертається в ґрунті без вигину. Ця ж паля за умови закладення голови в ростверк під дією горизонтального навантаження переміщається поступально. В цьому випадку горизонтальне переміщення голови палі, забитої в ростверк в порівнянні з головою вільностоячої палі буде істотно менше (за даними В. Вгroms [60] в 3 і більше разів).

Горизонтально навантажені короткі гнучкі палі обертаються в ґрунті з вигином. При защемленні голови палі в ростверк цьому повороту буде перешкоджати зворотний момент в защемленні і опір ґрунту. В результаті це призводить до зниження горизонтального переміщення цієї палі в порівнянні із палею з вільною головою при умові застосування до них рівнозначного горизонтального навантаження.

Деформації довгої гнучкої горизонтально навантаженої палі з вільною головою відбувається в результаті утворення пластичного шарніра на незначній глибині від поверхні ґрунту. Горизонтально навантажена довга паля з жорстким защемленням в ростверк втрачає несучу здатність при утворенні двох пластичних шарнірів, в місці жорсткого защемлення і на деякій глибині від поверхні ґрунту. За даними В.Вгroms [60], як у випадку коротких гнучких палей, виникає додатковий момент в місці жорсткого защемлення, що призводить до зменшення в 2.6 рази горизонтального переміщення палі в порівнянні з вільно стоячою. Залежно від того до якого класу по гнучкості відноситься фундамент, буде обрана та чи інша розрахункова рахункова схема пальового фундаменту і, відповідно, метод його розрахунку на перераховані вище види навантажень.

У міру проведення досліджень різних дослідників критерії, за якими роботу палі можна було б віднести до того чи іншого класу, зазнали значних змін. Стосовно їх довжини до діаметру  $l/d$  В. Г. Березанцев (1946 р.) [7] та ін. Розділили палі на короткі жорсткі та довгі гнучкі.

Палі вважалася короткою жорсткою при  $l/d < 12$  і поворотною в ґрунті, а при  $l/d > 12$  - довгою гнучкою і гнучкою в ґрунті. Така класифікація є незадовільною оскільки не враховує деформаційні характеристики ґрунту і жорсткість поперечного перерізу палі.

Вважаємо за доцільне скористатися рекомендаціями В. В. Знам'янського [23], який проводив порівняльний аналіз методик класифікацій та порівнював їх дані з результатами експериментальних випробувань палей.

Згідно з його дослідженням, найкращу збіжність з експериментальними даними дає формула, запропонована В. Broms [60] (1964 р.)

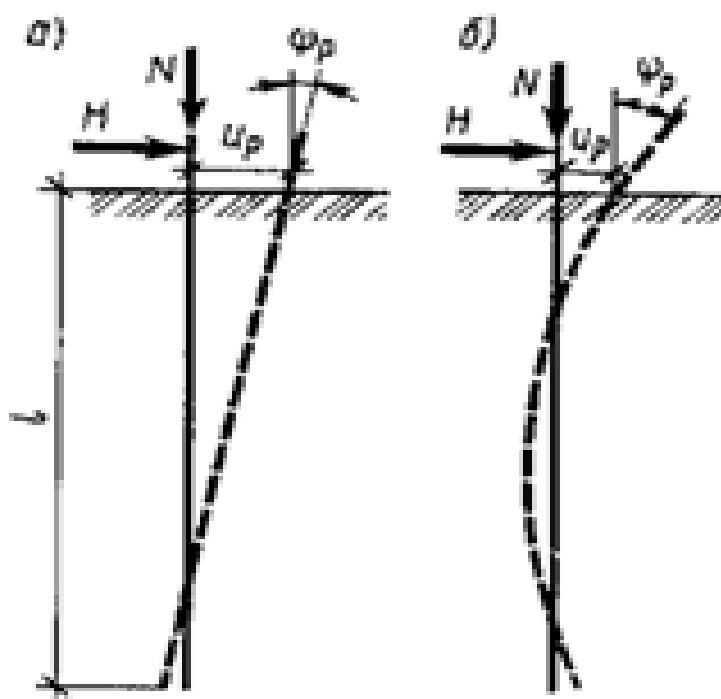


Рисунок 1.2 - Схеми роботи горизонтально навантажених палей

Слід враховувати довжину палі і жорсткість її поперечного перерізу при віднесенні її до тієї чи іншої категорії жорсткості, а також деформаційні властивості ґрунтової основи.

Робота Б.В. Бохолдіна і Е. В. Труфанова [8] присвячена вивченню результатів особливості взаємодії палей з ґрунтом основи і представлені альтернативні методи розрахунку палевих фундаментів.

З цієї умови випливає, що напруга відпору ґрунту або реактивний тиск на бічній поверхні при горизонтальному навантаженні стрижня знаходиться в прямій залежності від його граничних значень.

Ґрунт робить основний опір у верхній частині горизонтально навантаженої палі, в нижній частині палі він проявляє себе тільки на великих глибинах. Крім того, зі збільшенням навантаження верхня зона ґрунту збільшується, а її межа переміщується нижче. При розробці методики розрахунку паль потрібно враховувати, що одночасно паля робить деякий поворот (один з важливих чинників). На підставі експериментальних даних досліджень Б.В. Бохолдіна [8] слід вважати, що залежність переміщення палі від навантаження нелінійна.

Пропонується розглянути систему "паля-ґрунт", а саме закономірності взаємодії в класичному напівпросторі Ренкіна, з огляду на необхідність оцінки опору палі на кожному етапі її горизонтального навантаження. Палю в півпросторі Ренкіна в першому наближенні пропонується розглядати як плоский стержень, до якого в головній його частині прикладена горизонтальна сила  $Q$ . За початок координат приймається точка прикладання сили.

У разі глинистих ґрунтів для кожної площини укусу можна відкинути вищерозміщену частину ґрунтового середовища і розглядати цю площину як граничну поверхню.

$$\sigma_x = (\gamma z + q) \frac{1 - \omega_p \sin \varphi}{1 + \omega_p \sin \varphi} + \sigma_z$$

У місті Дніпропетровську в травні 2012 [28] року проводилися випробування статичними осьовими вдавлюючими, висмикувальними і горизонтальними навантаженнями шести буро-загвинчуючих дослідних паль завдовжки 2,500 м і діаметром 0,076 м.

Метою польових випробувань було визначення розрахункових вдавлюючих, висмикують і горизонтальних навантажень, що допускаються на буро-загвинчують палі, занурені до проектної позначки і випробувані без замочування просадних ґрунтів.



Рисунок 1.3 - Буро-загвинчувальна паля

Результати випробувань експериментальних буро-загвинчувальних паль статичними навантаженнями, проведених в ґрунтах природної вологості, становлять:

- 1) при дії статичних вдавлюючих навантажень:
  - по палі БЗ-2 -  $P = 15,0$  кН (1,50 тс)
  - по палі БЗ-3 -  $P = 15,0$  кН (1,50 тс);
- 2) при дії статичних висмикувати навантажень:
  - по палі БЗ-1 -  $P = 6,0$  кН (0,60 тс)
  - по палі БЗ-2 -  $P = 2,0$  кН (0,20 тс)
  - по палі БЗ-3 -  $P = 2,0$  кН (0,20 тс)
  - по палі БЗ-4 -  $P = 6,5$  кН (0,65 тс)
- 3) при дії статичних горизонтальних навантажень:
  - по палі БЗ-5 -  $P = 8,2$  кН (0,82 тс)
  - по палі БЗ-6 -  $P = 7,2$  кН (0,72 тс).

Визначення нормативних граничних опорів паль по результатами проведених випробувань виконано з наступних умов:

при дії вертикальної вдавлюючого навантаження - по навантаженню попереднього «зриву» палі;

при дії вертикальної висмикуючого навантаження - по навантаженню, що передуює виходу палі  $\geq 25,00$  мм («зриву» палі);

при дії горизонтального навантаження - по навантаженню, що відповідає переміщенню верху палі 40,00 мм.

На основі проведених випробувань були розроблені методичні рекомендації для розрахунку несучої здатності гвинтових паль.

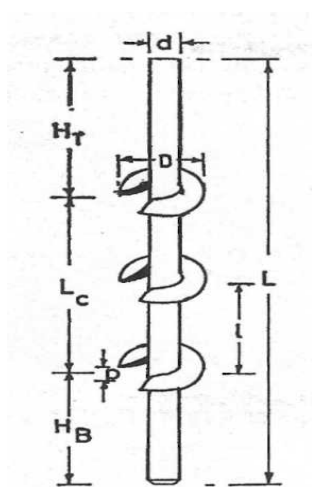


Рисунок 1.4 - Експериментальна паля

Робота S. Narasimha and M. Dinakara "Дослідження роботи модельних гвинтових паль в зв'язних ґрунтах" [65]

У цьому експериментальному дослідженні була зроблена спроба розробити гвинтові палі, які підходять для використання в зв'язних ґрунтах. А також визначити вплив вологості ґрунту на несучу здатність гвинтової палі і вплив на несучу здатність розміру і частоти установки гвинтових лопатей.

Для проведення експерименту були виготовлені серії з гвинтових паль різної конструкції. Експерименти проводилися в лабораторному випробувальному стенді.

Результати випробувань показали, що несуча здатність значно зменшується зі збільшенням вологості, а також збільшення числа пластин призводить до збільшення несучої здатності при роботі паль на дію вертикальних зусиль як для вдавлюючих, так і для висмикючих навантажень. Так само порівнюючи роботу паль з різними діаметрами лопатей був зроблений висновок, що діаметр лопаті збільшує несучу здатність гвинтовий палі.

Для оптимального використання паль відношення відстані між гвинтовими пластинами до діаметру пластин ( $L/D$ ) має бути між 1,0 і 1,5 у в'язких ґрунтах. Результати висмикувальних випробувань показують, що для цих інтервалів максимальний обсяг ґрунту включений в роботу. Якщо гвинтові пластини розташовані на більшій відстані, опір ґрунту в міжлопастному просторі знижується.



## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА МОДЕЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

#### 2.1 Завдання експерименту

— Розробка моделі та експериментально-теоретичних залежностей по визначенню опору гвинтової палі горизонтальному зрушенню, що дозволяє прогнозувати процеси, що протікають в системі «паля- ґрунтова основа» під час її роботи по сприйняттю горизонтальних сил і моментів;

— Дослідження роботи і взаємодії системи «паля-ґрунтова основа» при комплексній дії на палю горизонтального навантаження і згинального моменту.

— Внесення коригувань в методики розрахунку гвинтових паль на спільну дію горизонтального навантаження і згинального моменту з урахуванням отриманих експериментальних даних.

#### 2.2 Методика проведення експерименту

Для досягнення поставлених цілей був проведений масштабний експеримент по методиці еквівалентних матеріалів, що дозволяє моделювати роботу палювих фундаментів з урахуванням основних вимог механічної і геометричної подоби.

Суть методу еквівалентних матеріалів, розробленого Г.Н. Кузнецовим, стосовно до задачі моделювання системи «паля-ґрунт» полягає в наступному:

- ґрунт і палі виготовляють з штучно підібраних матеріалів з дотриманням геометричної подібності моделі фундаменту і природи;
- механічна подоба моделі і природи означає що матеріал моделі підбирається таким чином, щоб його фізико-механічні властивості знаходилися в певних співвідношеннях з фізико-механічними властивостями природи;

- необхідні співвідношення визначаються на підставі загального закону динамічної подоби з урахуванням одночасної дії сил тяжіння і внутрішньої напруги, при цьому множники подібності моделей ґрунту і палі повинні бути однаковими.

Дотримання зазначених умов призводить до того, що механічні процеси, які відбуваються в системі «палля-ґрунт» будуть розвиватися в формі близької до природи. Це дозволяє достовірно поширювати закономірності, виявлені в ході масштабного експерименту на роботу пальових фундаментів в натурних умовах.

Згідно описаного методу маючи дані про характеристики механічних властивостей змодельованих ґрунтів, ми можемо для заданого відношення  $\gamma_M/\gamma_H$  і заданого масштабу моделі  $L/l$  підрахувати чисельний обсяг пропонованих характеристик механічних властивостей матеріалу моделі, які необхідні для забезпечення подібності моделі і природи.

В якості визначальних фізико-механічних характеристик повинні бути взяті ті характеристики, які грають в даному процесі провідну роль.

При підборі матеріалів - еквівалентів для сипучих і пластичних ґрунтів можна в першому наближенні як визначальних характеристик користуватися сукупністю значень зчеплення  $C$ , і безрозмірним коефіцієнтом  $\tan \varphi$ , Де  $\varphi$  кут внутрішнього тертя матеріалу.

Для забезпечення умов подібності процесів, що протікають в ґрунті, слід дотримуватись таких рівностей:

$$C_M = \frac{l}{L} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_H} \cdot C_H$$

$$\tan \gamma_M \approx \tan \gamma_H$$

де  $\frac{l}{L} = m_L$  - лінійний масштаб;

$\gamma_M, \gamma_H$  - питома вага матеріалів моделі і природи;

$C_M, C_H$  - зчеплення матеріалу моделі і реального ґрунту природи.

Остання рівність має мати місце, так як в подібних системах безрозмірні характеристики повинні бути рівні між собою.

### 2.3 Критерій вибору масштабу для проведення експерименту

Розмір частинок ґрунтової основи не повинен перевищувати розміру поверхні лопаті модельної гвинтовий палі.

Устаткування дозволяє встановити розмір ступені завантаження палі не менше 100г.

Виходячи з даних обмежень був обраний масштаб моделі 1:10. Модельні палі є масштабними копіями натурних палей.

Гвинтові лопаті імітує різьблення з кроком 4 мм. Для випробувань прийняті три групи гвинтових палей завдовжки 300, 230, 200 мм., Що відповідає довжині натурних палей завдовжки 3,0 2,5 2,0 метра. Рис. 2.1



Рисунок 2.1 Моделі багатовиткових гвинтових палей

## 2.4 Підбір матеріалу для виготовлення модельної палі

Натурні багатовиткові гвинтові палі виготовляють зі сталі по ГОСТ 2590-88. Характер деформування палі в ґрунті розраховується відповідно до рекомендацій В.В. Знам'янського за формулою, де  $c = kd$ ;

d- діаметр палі;

k- коефіцієнт постели ґрунту;

EI- жорсткість поперечного перерізу палі. Далі по  $\lambda L$  визначаємо характер роботи палі при  $\lambda L \leq 1.5$  - коротка жорстка паля;  $1.5 < \lambda L < 2.5$  - коротка гнучка паля;

$\lambda L > 2.5$ - довга гнучка паля.

В ході розрахунку отримуємо:  $\lambda_2 = 5.3$   $\lambda_{2.5} = 6.6$

$\lambda_3 = 7.9$

Палі всіх типів довжин працюють як довгий гнучкий стержень, тобто верхня частина палі, яка сприймає горизонтальне навантаження буде згинатися в ґрунті без значного переміщення нижнього кінця палі.

Як еквівалентний матеріал для модельних палі була обрана склопластикові арматура з Модулем пружності 5,5.104 МПа

Використовуючи співвідношення Кузнецова отримуємо значення моменту інерції для модельної палі:

$$I_m = \frac{l}{L} * \frac{E_m}{E_n} * I_n$$

$I_m = 1,53 \cdot 10^{-8} \text{ см}^4$ , звідси діаметр модельної палі:

$D_{\text{мод}} \approx 12 \text{ мм}$

## 2.5 Опис стенду С-1 для модельного випробування

Для проведення масштабного експерименту модернізований випробувальний стенд.



Рисунок 2.2 - Стенд С-1

Стенд представляє собою металевий каркас, що складається з двох рам об'єднаних між собою сполучними елементами (Рис. 2.2). Кожна з двох рам, зварена з металопрокату по ГОСТ 8509-93. З'єднувальні елементи являють собою металопрокатний кутник 32x32x4 (ГОСТ 8509-93). Металеві рами посилені шістьма вертикальними вставками з кутника 45x42x4 зі сталі (ГОСТ 8509-93).

Для спостереження за напружено-деформованим станом ґрунту і роботою паль контактна поверхня бічної панелі виконана з органічного скла товщиною 4 мм. Бічні стінки і днище стенду виконані з фанери березової, ламінованої, ФСФ сорт 3/3.

## 2.6 Підготовка ґрунтової основи і фіксація показань горизонтального переміщення

Методика ущільнення ґрунтової основи визначалася експериментальним шляхом. Підготовлений піщаний ґрунт укладається шарами в 20 мм. Для досягнення необхідної щільності ґрунту  $1,65 \text{ г/см}^3$  потрібно 30 циклів прокаток катка масою 3,60 кг для кожного шару. Кількість циклів прокатування було знайдено шляхом визначення щільності ґрунтової основи при послідовному збільшенні повторень. Було встановлено, що при збільшенні кількості прокатів більше 30 щільність ґрунту не збільшується.



Рисунок 2.3 - Укладений ґрунт в стенд С-01 для модельного випробування

Горизонтальне зміщення паль фіксувалося індикаторами годинникового типу з ціною поділки  $0,01 \text{ мм}$  (ГОСТ 577-680). Індикатори встановлювалися на регульовані стрижні, закріплені на рамці, виконані з арматури А-500с.  $\varnothing 14 \text{ мм}$  і кутника 45x42 зі сталі (ГОСТ 8509-93).

## 2.7 Передача зусилля на палі

Вертикальне зусилля на модельні багатовиткові гвинтові палі передавалося шляхом установки вантажів на оголовки палей. Співвісність прикладання навантаження була забезпечена шляхом закріплення вертикальних стрижнів в центр оголовка палей.

Горизонтальне зусилля передавалось через систему блоків, закріпленими з торців стенда і струн, безпосередньо пов'язаних з оголовками палей і підвісів, на які встановлювалися вантажі.



Рисунок 2.4 - Система блоків для передачі горизонтального навантаження

Випробування паль на дію горизонтальних навантажень виконують з метою визначення величини переміщень палі під впливом горизонтальних навантажень. Величина ступеня навантаження приймається кратною отриманого розрахункового опору палі на вигин і повинна бути не більше  $1/10-1/15$  передбачуваного нормативного горизонтального навантаження на палю.

Комплекс проведених експериментів повинен відповідати ГОСТ 30416-96 [3] (ГРУНТИ. Лабораторні випробування). Установки для проведення випробувань повинні розміщуватися на жорсткій горизонтальній основі, що виключає ударні і вібраційні впливи на прилади та зразки ґрунту. Механізми для навантажування зразка ґрунту (важільні, гідравлічні, пневматичні, електромеханічні і ін.) повинні забезпечувати:

- співвісну передачу нормального навантаження на зразок ґрунту і її вертикальність;
- прикладання дотичного навантаження в суворо фіксованій площині зрізу;
- можливість навантажування зразка ґрунту ступенями або безперервно при заданій постійній швидкості деформування зразка;
- сталість тиску на кожному ступені навантажування.

Пристрої для вимірювання деформацій зразка ґрунту в процесі випробування (прилади для автоматичного запису деформацій, індикатори годинникового типу і т.п.) повинні забезпечувати похибки вимірювань в межах допуску. Прилади для випробування ґрунтів необхідно тарувати не рідше одного разу на рік для врахування їх власних деформацій при визначенні деформацій зразка ґрунту. Вимірювальні прилади повинні періодично піддаватися метрологічній повірці та мати відомість поправок в межах робочого діапазону кожного приладу. Частина установок і прилади, що стикаються з водою і ґрунтом, повинні бути виготовлені з корозійностійких матеріалів.





Рисунок 2.5 - Встановлені тензometri

Відповідно до ГОСТ 12248-96 п. 5.1.4.8, випробування слід вважати закінченим, якщо при додавання чергового ступеню дотичного навантаження відбувається миттєвий зріз (зрив) однієї частини зразка по відношенню до іншої або загальна деформація зрізу перевищить 4 мм.

## 2.8 Проведення експерименту

Гвинтові палі занурювалися в ґрунт закручуванням з привантаженням. Це пояснюється тим, що при здавлюванні гвинтової палі, ґрунт знаходиться між лопатями палі і по периметру палі втрапить несучу здатність тим самим, внесе похибку в досліджувану модель.

Палі-стрижні (еталонні палі) заглиблювати слабкими ударами - що імітувало роботу копра.



Рисунок 2.6 - Занурення модельних паль в ґрунт

Після занурення випробовуваної палі в ґрунт, паля перебувала в стані відпочинку протягом 24 годин.

В процесі експерименту моделі гвинтових паль піддаються впливу статичних горизонтальних і вертикальних навантажень. Завантаженість виконується ступенями. Для кожного типорозміру палі величина одного ступеня завантаження - різна.

Горизонтальна завантаженість:

- модель, еквівалентна палі довжиною 3м. - 200г. до початку деформацій, 100г. після початку деформацій.

- модель, еквівалентна палі довжиною 2,5 м. - 200г. до початку деформацій, 100г. після початку деформацій

- модель, еквівалентна палі довжиною 2м. - 100г. протягом усього завантаження.

Кожна ступінь навантаження витримується до умовної стабілізації горизонтальних переміщень палі на рівні поверхні ґрунту, заміряються індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. За умовну стабілізацію приймаємо

горизонтальне переміщення палі рівне 0,02 мм. за останні 15 хв. спостережень. Збільшення величини навантаження відбувалося плавно - вантажі уклалися на вантажну платформу акуратно, без удару.



Рисунок 2.7 - Загальний вигляд стенду під час випробувань модельних палей

За одну серію експерименту навантажувались дві моделі палей. Всього було випробувано 24 моделі палей. На кожну палею вівся журнал випробувань.

Для виведення коефіцієнта пропорційності і його перевірки в лабораторних умовах, необхідно було знати характеристики ґрунту, в якому проводилися випробування. З цією метою, після закінчення експерименту, лоток був спустошений від ґрунту до поверхні, що залягає нижче вістря найдовшої палі. З цієї позначки були взяті зразки ґрунту цілісної структури і зразки для визначення природної вологості ґрунту. Так само були проведені дослідження для визначення кута внутрішнього тертя.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

#### 3.1 Для моделей палей еквівалентних довжині 2,0 м

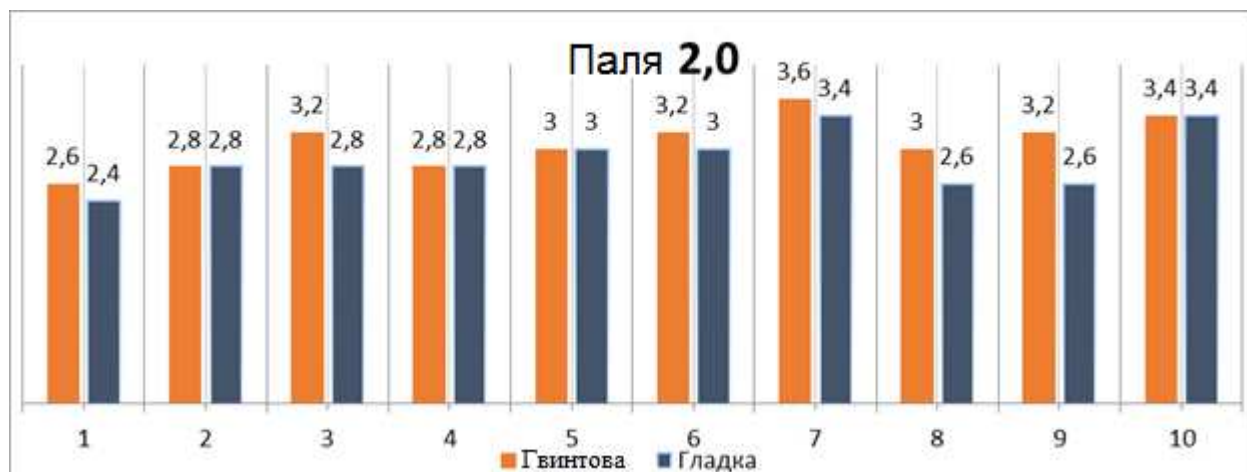
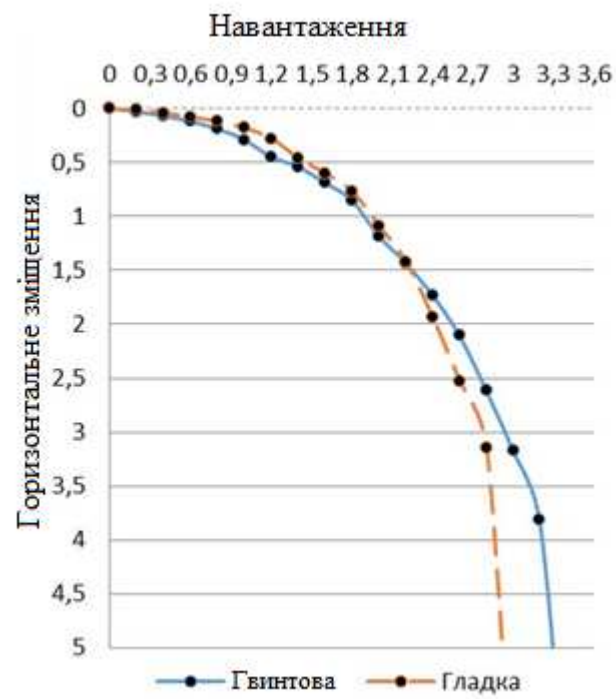
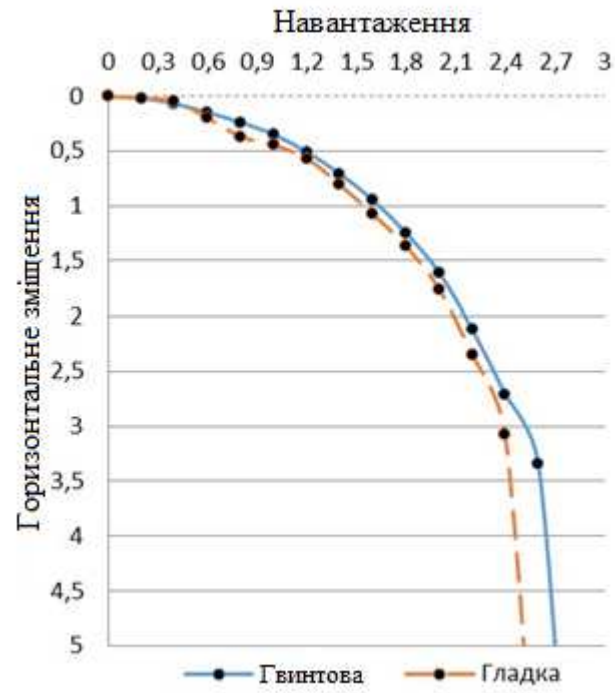


Рисунок 3.1 - Зведений графік несучої здатності пар палей (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 2,0 м.

На рисунку 3.1 наведено графік залежності навантаження при однаковому горизонтальному зміщенні для двох видів палей (гвинтова і гладка) однієї довжини, еквівалентній 2,0 м. Середнє значення несучої здатності гладкої модельної палі на основі 10 випробувань склало 2,85 кг. Відхилення від середнього значення - 17%. Середнє значення несучої здатності гвинтової модельної палі - 3,12 кг. Відхилення від середнього значення - 16%. За результатами модельних випробувань середнє значення несучої здатності гвинтової модельної палі більше на 6% відносно гладкої модельної палі.



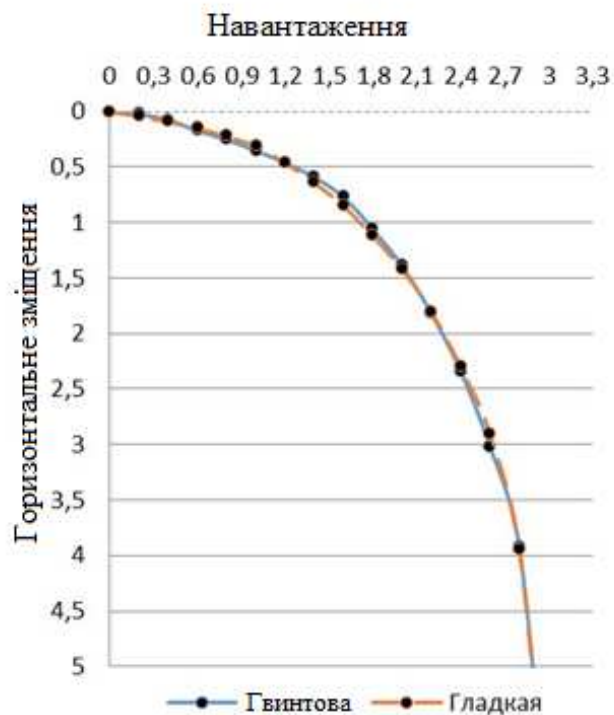
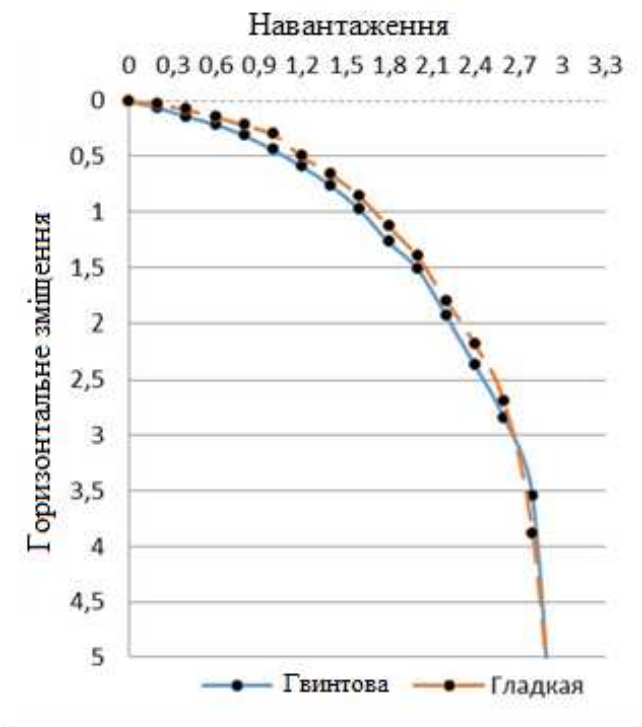


Рисунок 3.2 - Графіки залежності деформації пар паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 2,0 м від дії горизонтального навантаження

На рисунку 3.2 показано графік залежності динаміки протікання процесу для кожної пари паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 2,0 м від дії горизонтального навантаження, які розкривають процес дії сил. Дані графіки демонструють рівномірність прикладання горизонтального навантаження на випробувальні зразки, а також однорідність ґрунтової основи і рівномірність її ущільнення.

### 3.2 Для моделей паль еквівалентних довжині 2,5 м

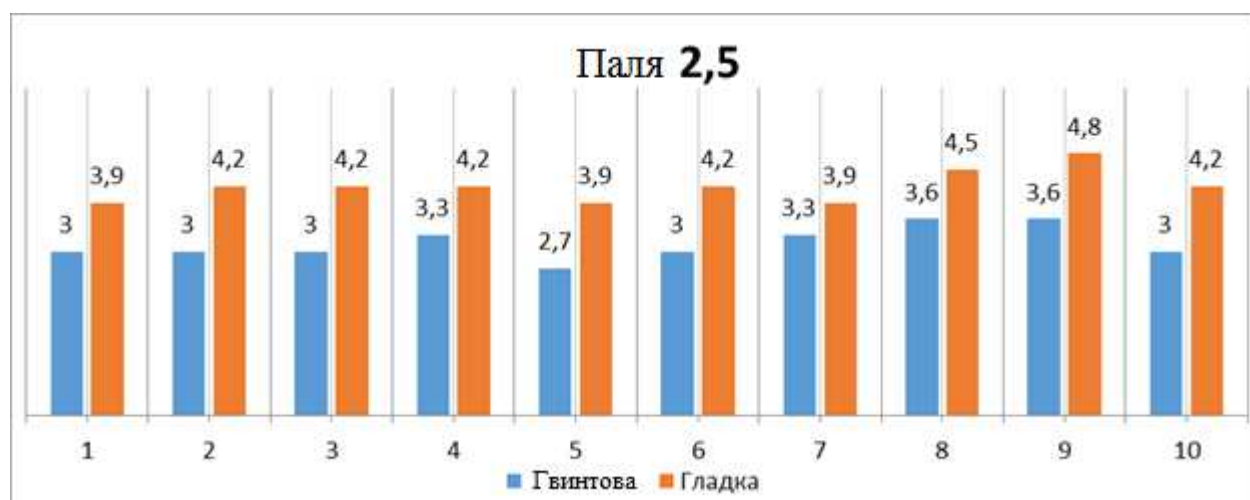


Рисунок 3.3 - Зведений графік несучої здатності пар паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 2,5 м.

На рисунку 3.3 наведено графік залежності навантаження при однаковому горизонтальному зміщенні для двох видів паль (гвинтова і гладка) однієї довжини, еквівалентній 2,5 м. Середнє значення несучої здатності гладкої модельної палі на основі 10 випробувань склало 4,18 кг. Відхилення від середнього значення - 14%. Середнє значення несучої здатності гвинтової модельної палі - 3,23 кг. Відхилення від середнього значення - 13%. За результатами модельних випробувань середнє значення несучої здатності гвинтової модельної палі більше на 24% відносно гладкої модельної палі.



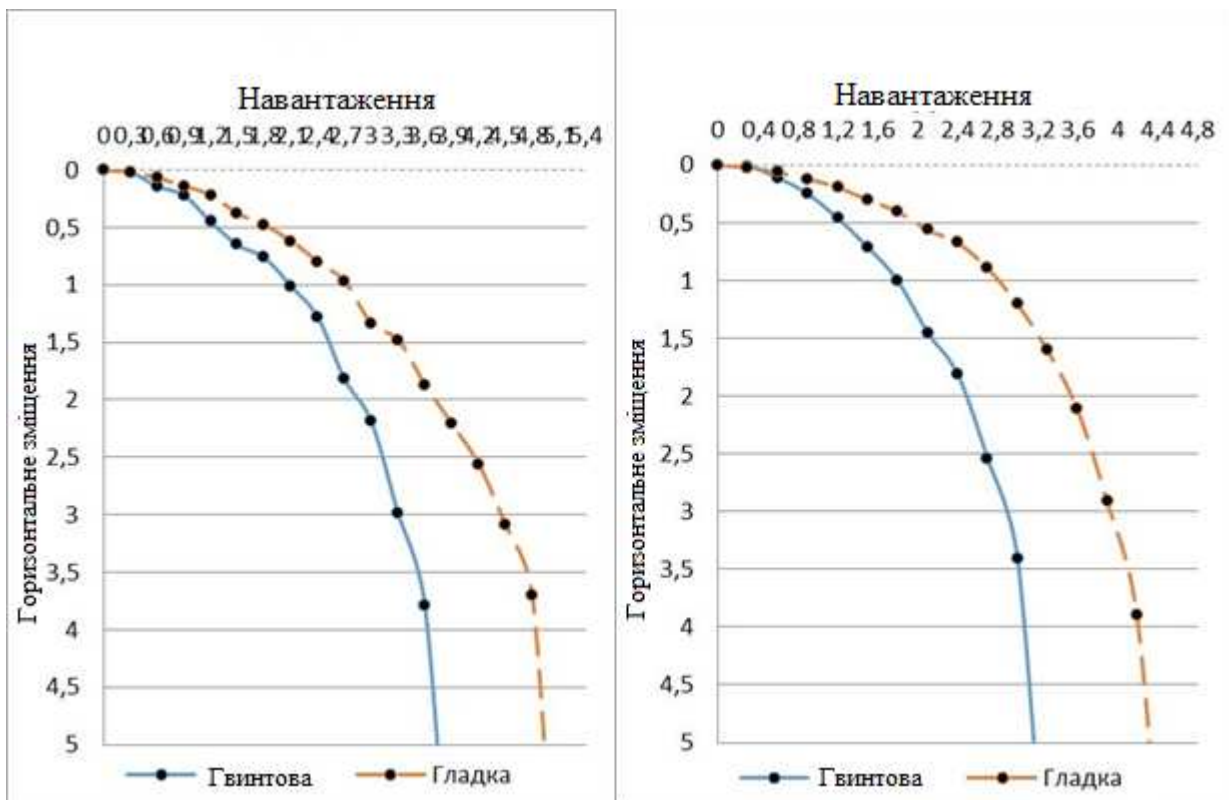


Рисунок 3.4 - Графіки залежності деформації пар паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 2,5 м від дії горизонтального навантаження.

На рисунку 3.4 показані графіки залежності динаміки протікання процесу для кожної пари паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 2,5 м від дії горизонтального навантаження, які розкривають процес дії сил. Дані графіки демонструють рівномірність прикладання горизонтального навантаження на випробовувані зразки, а також однорідність ґрунтової основи і деяку нерівномірність її ущільнення.

### 3.3 Для моделей палі еквівалентних довжині 3,0 м

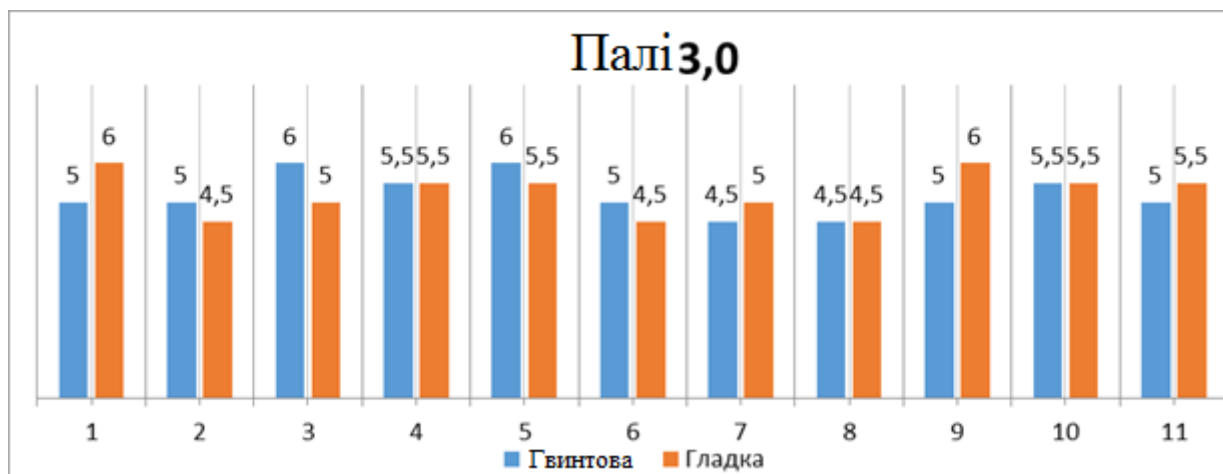


Рисунок 3.5 - Зведений графік несучої здатності пар палі (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентній 3,0 м.

На рисунку 3.5 наведено графік залежності навантаження при однаковому горизонтальному зміщенні для двох видів палі (гвинтова і гладка) однієї довжини, еквівалентній 3,0 м. Середнє значення несучої здатності гладкої модельної палі на основі 10 випробувань склало 5,21 кг. Відхилення від середнього значення - 15%. Середнє значення несучої гвинтової модельної палі - 5,24 кг. Відхилення від середнього значення - 15%. За результатами модельних випробувань середні значення несучої здатності гвинтової модельної палі і гладкої модельної палі знаходяться в межах вимірювальної похибки.

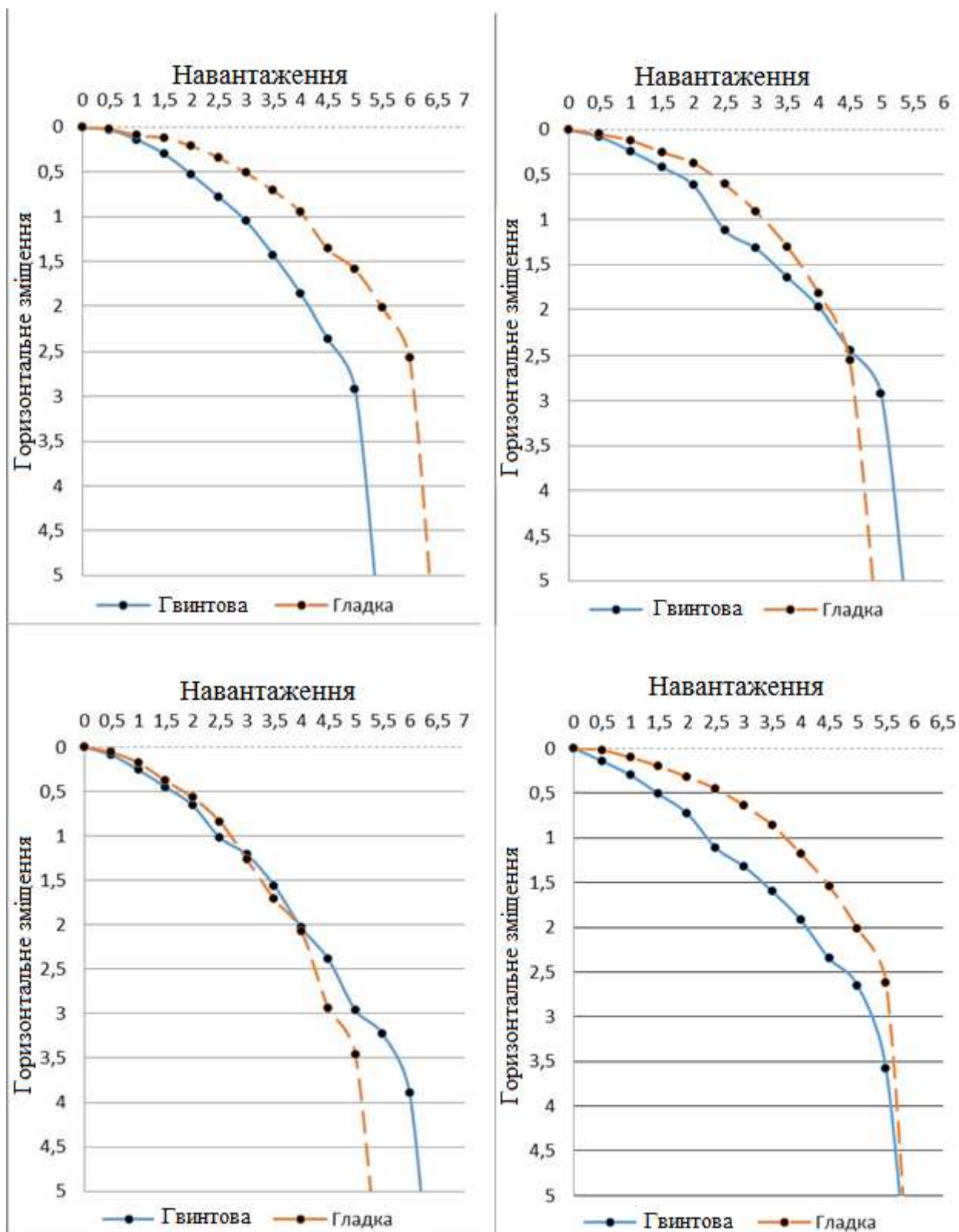


Рисунок 3.6- Графіки залежності деформації пар паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 3,0 м від дії горизонтального навантаження.

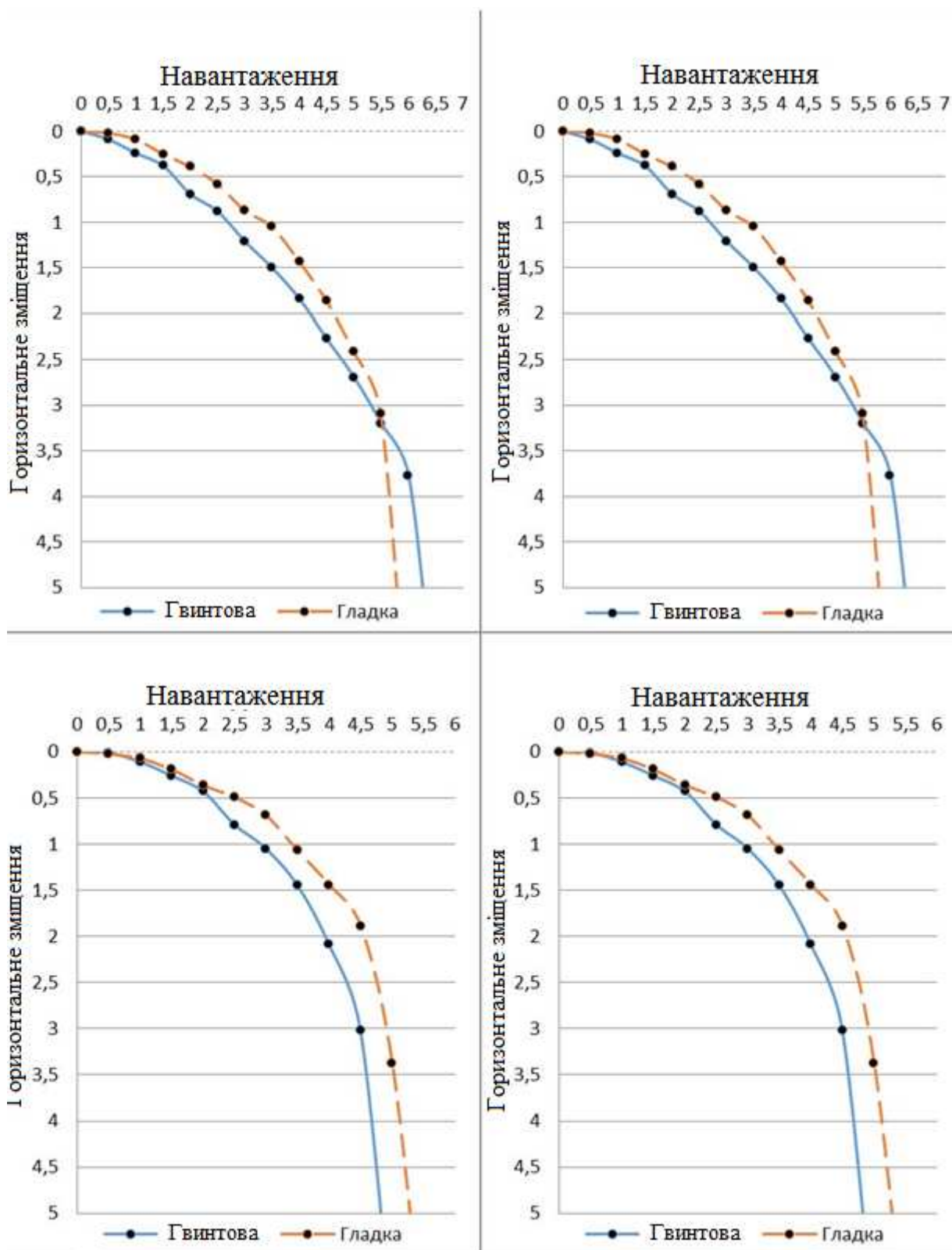


Рисунок 3.7 - Графіки залежності деформації пар паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 3,0 м від дії горизонтального навантаження.

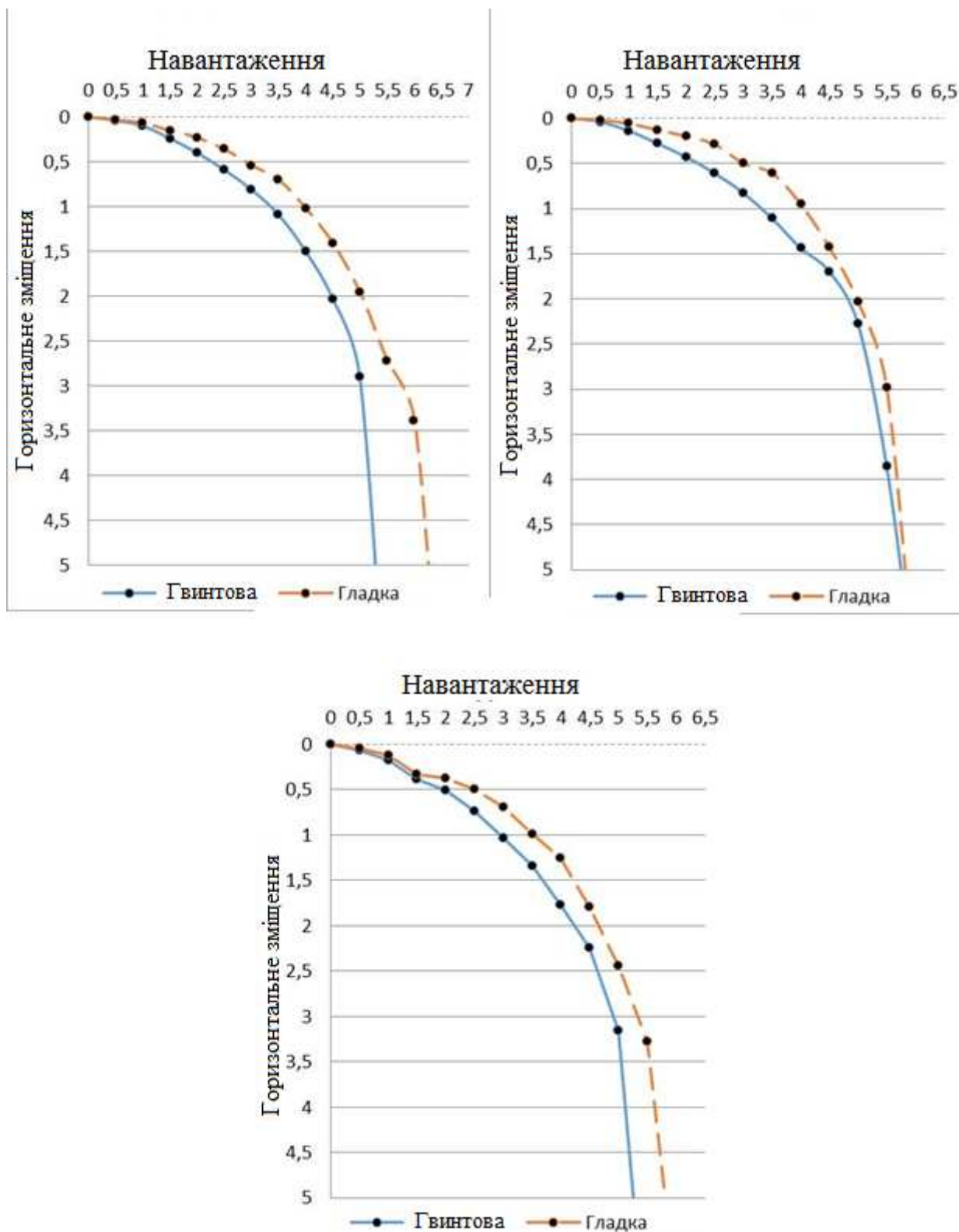


Рисунок 3.8 - Графіки залежності деформації пар паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 3,0 м від дії горизонтального навантаження.

На рисунках 3.5-3.8 показані графіки залежності динаміки протікання процесу для кожної пари паль (гвинтова і гладка) довжиною еквівалентної 3,0 м від дії горизонтального навантаження, які розкривають процес дії сил. Дані графіки демонструють рівномірність прикладання горизонтального навантаження на випробовувані зразки, а також однорідність ґрунтової основи і деяку нерівномірність її ущільнення.

### 3.4 Висновки по модельному експерименту

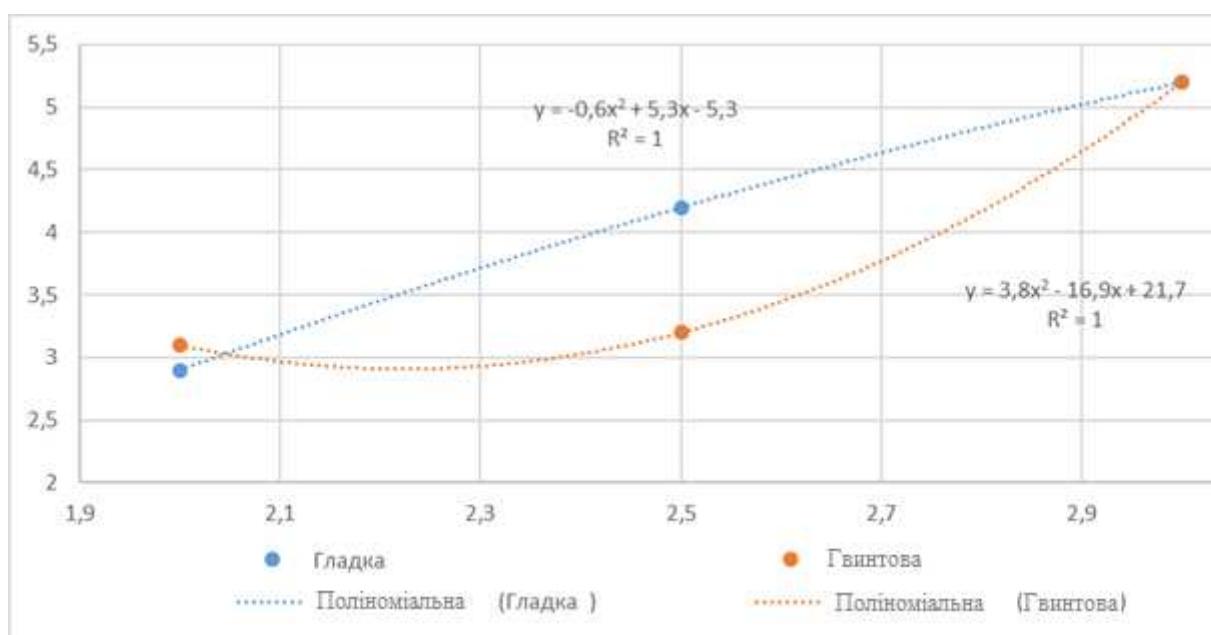


Рисунок 3.9 - Графік залежності середньої несучої здатності від довжини зразків модельних паль (гвинтова і гладка)

На рисунку 3.9 показана залежність середньої несучої здатності у вигляді деякої криволінійної функції для зразків модельних паль. Для гвинтової модельної палі функція залежності має більш пологий вигляд, в зв'язку з тим, що стрижень гвинтової модельної палі еквівалентній 2,5м був дещо коротший стрижня гладкої модельної палі еквівалентній 2,5м. Загальне зростання несучої здатності обумовлено збільшенням площі, що сприймає горизонтальне навантаження палі, а також збільшення жорсткості стрижня при збільшенні довжини.

Аналізуючи дані, отримані в ході проведення модельного експерименту, можна прийти до наступних висновків:

- несуча здатність палі на вплив горизонтальних навантажень залежить від жорсткості поперечного перерізу палі;
- наявність гвинтів на стовбурі палі не суттєво впливає на збільшення несучої здатності (до 6% для палі еквівалентним 2,0 м, що є статистично незначним значенням).

## РОЗДІЛ 4

### МЕТОДИКА ПОЛЬОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

#### 4.1 Завдання польового експерименту

- визначення несучої здатності багатовиткових гвинтових паль на дію горизонтальних навантажень в реальних польових умовах;
- підтвердження на практиці результатів модельного експерименту.
- внесення коригувань в методики розрахунку гвинтових паль на спільну дію горизонтального навантаження і згинального моменту з урахуванням отриманих експериментальних даних.

#### 4.2 Сутність проведення польового експерименту

Для досягнення поставлених цілей проведений польовий експеримент на майданчику, при будівництві малоповерхової будівлі з використанням фундаментів із гвинтових паль. Геологічні будова майданчика до глибини 5м:

Грунтовий шар потужністю 0,4-0,6 м

Пісок середньої крупності фізико механічні властивості.

Польові випробування паль проводилися відповідно до ГОСТ 5686-94 для визначення несучої здатності і переміщення (деформацій) з подальшим порівнянням отриманих даних з розрахунковими.

Випробування паль на дію горизонтальних навантажень виконують з метою визначення величини переміщень палі під впливом горизонтальних навантажень.



### **4.3 Умови проведення польового експерименту**

Голови паль, які підлягають статичним випробуванням, повинні виступати над поверхнею ґрунту на висоту 40-60 см.

Відстань від осі випробовуваної натурної палі до анкерної палі або до найближчої опори вантажної платформи, а також до опор реперної установки повинна бути не менше 5 найбільших розмірів поперечного перерізу палі (діаметром до 800 мм), але не менше 2 м. При контрольних випробуваннях паль це відстань повинна бути не менше  $3d$ , але не менше 1,5 м. Для еталонної палі або палі-зонда відстань повинна бути не менше 1 м.

У всіх випадках вісь гідродомкрата повинна збігатися з геометричною віссю палі.

Під час статичного випробування робочих палі навантаження на них не повинна перевищувати розрахункову, помножену на коефіцієнти 1,1-1,5 залежно від категорії будівлі (споруди).

### **4.4 Фіксація показань горизонтального переміщення**

Переміщення випробовуваної палі вимірюють за допомогою двох індикаторів годинникового типу ИЧ-50. Індикатори не повинні мати розбіжності більше 50% при опадах менше 1 мм, 30% - за опадах від 1 до 5 і 20% - при опадах більше 5 мм. Індикатори кріплять безпосередньо перед випробуванням до реперного пристрою, встановленого з двох сторін палі. Реперні опори повинні бути нерухомі протягом усього періоду випробувань. Вимірювальні прилади повинні бути захищені від безпосереднього впливу сонячних променів, сильного вітру, піщаного пилу і дощу.

Горизонтальні переміщення палі слід вимірювати на рівні прикладання навантаження і рівні поверхні ґрунту.



Рисунок 4.1 - Установка індикатора годинникового типу ИЧ-50

#### 4.5 Передача зусиль

Гідравлічний домкрат і його датчик тиску тарують і перевіряють на стабільність тиску. Вони повинні забезпечити зусилля, передбачене програмою випробувань, його контроль і точність вимірювання деформацій.

Величина ступеня навантаження зазвичай приймається кратною отриманого розрахункового опору палі на вигин і повинна бути не більше  $1 / 10-1 / 15$  передбачуваного нормативного горизонтального навантаження на палю.

На кожному ступені навантажування натурної палі знімають виміри по всіх приладах для вимірювання деформацій в наступній послідовності: нульовий відлік - перед вантаженням палі, перший відлік - відразу після прикладення навантаження, потім послідовно чотири виміри з інтервалом 30 хв і далі через кожну годину до умовної стабілізації деформації (загасання переміщення).

Горизонтальне переміщення голови палі при заданому ступені навантаження вважається стабілізованим, якщо його приріст становить не більше 0,01 мм при розташуванні палі (до глибини її закладення) в пісках - за останню годину, в глинистих ґрунтах - за останні 2 години.

Випробування палів форсованим методом дозволяється в тих випадках, коли передбачені проектом горизонтальні навантаження відносяться до короткочасних (монтажним).



Рисунок 4.2 - Загальний вигляд установки для випробування палів

#### 4.6 Рекомендації по проведенню випробувань паль на горизонтальне навантаження

Випробування паль на горизонтальне навантаження рекомендується проводити наступним чином:

- після стабілізації переміщень на кожному ступені навантаження переходять відразу до другого рівня. В кінці завантаження виробляють повне розвантаження;

Відповідно до ГОСТ 5686-94 [3] навантаження паль при їх випробуванні повинна бути доведена до величини, що викликає переміщення не менше ніж на 40 мм - для порожніх круглих паль, паль-оболонок і набивних з розширеною п'ятою.

При контрольних випробуваннях робочих паль, які долають до заданої в проекті величини переміщень, але не більше 10 мм, за несучу здатність приймається навантаження, відповідна на графіку заданій величині переміщення, при відсутності обмеження - переміщенню, рівному 10 мм.

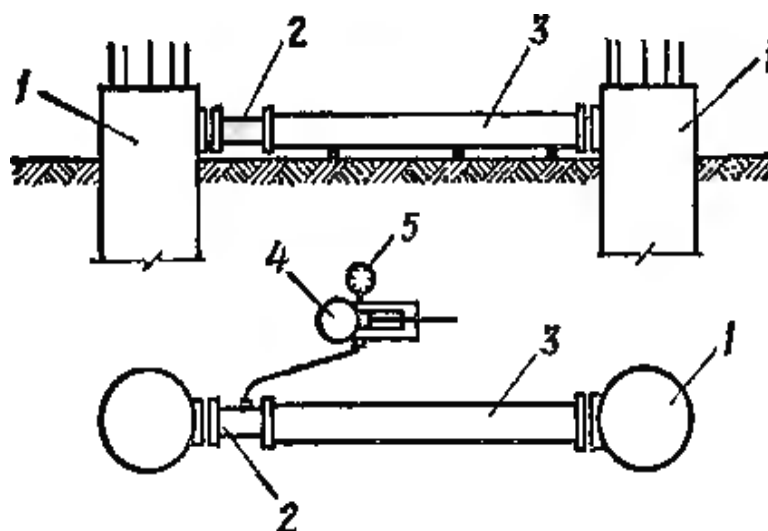


Рисунок 4.3 - Установка для випробування паль на горизонтальне навантаження:

1-паль, 2-гідродомкрат, 3-розпірна балка, 4-насосна станція, 5-манометр

#### **4.7 Вихідні дані по гвинтових палях, що випробовуються в польовому експерименті**

В експерименті брало участь три групи гвинтових палей діаметром 76 мм довжиною 2,0 м, 2,5 м і 3,0 м, по 8 зразків.

Загальні геометричні характеристики палей:

- діаметр зовнішній  $\varnothing 76,1$  мм;
- діаметр внутрішній  $\varnothing 68,6$  мм;
- діаметр різьби M24;
- товщина фланця 8 мм.

Згідно з методикою експерименту, зразки палей одного виду проходили випробування попарно.

Таким чином, для кожного виду палей було проведено по 4 експерименти.

## РОЗДІЛ 5

### РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

В результаті польового експерименту були отримані графіки переміщення оголовків паль від прикладеного навантаження.

#### 5.1 Для багатовиткових гвинтових паль завдовжки 2,0 м

Таблиця 5.1. Несуча здатність гвинтовий палі 2,0 м. На дію горизонтального навантаження.

Гвинтова паля 2,0 м.				
№ палі	Навантаження при деф. в 1 см.	Навантаження при деф. в 2 см.	Навантаження при деф. в 3 см.	Навантаження при деф. в 4 см.
1	0,943	1,674	2,178	2,399
2	1,159	1,810	2,251	2,416
3	0,915	1,671	2,113	2,278
4	0,980	1,840	2,164	2,298
Серед.	0,999	1,749	2,176	2,348

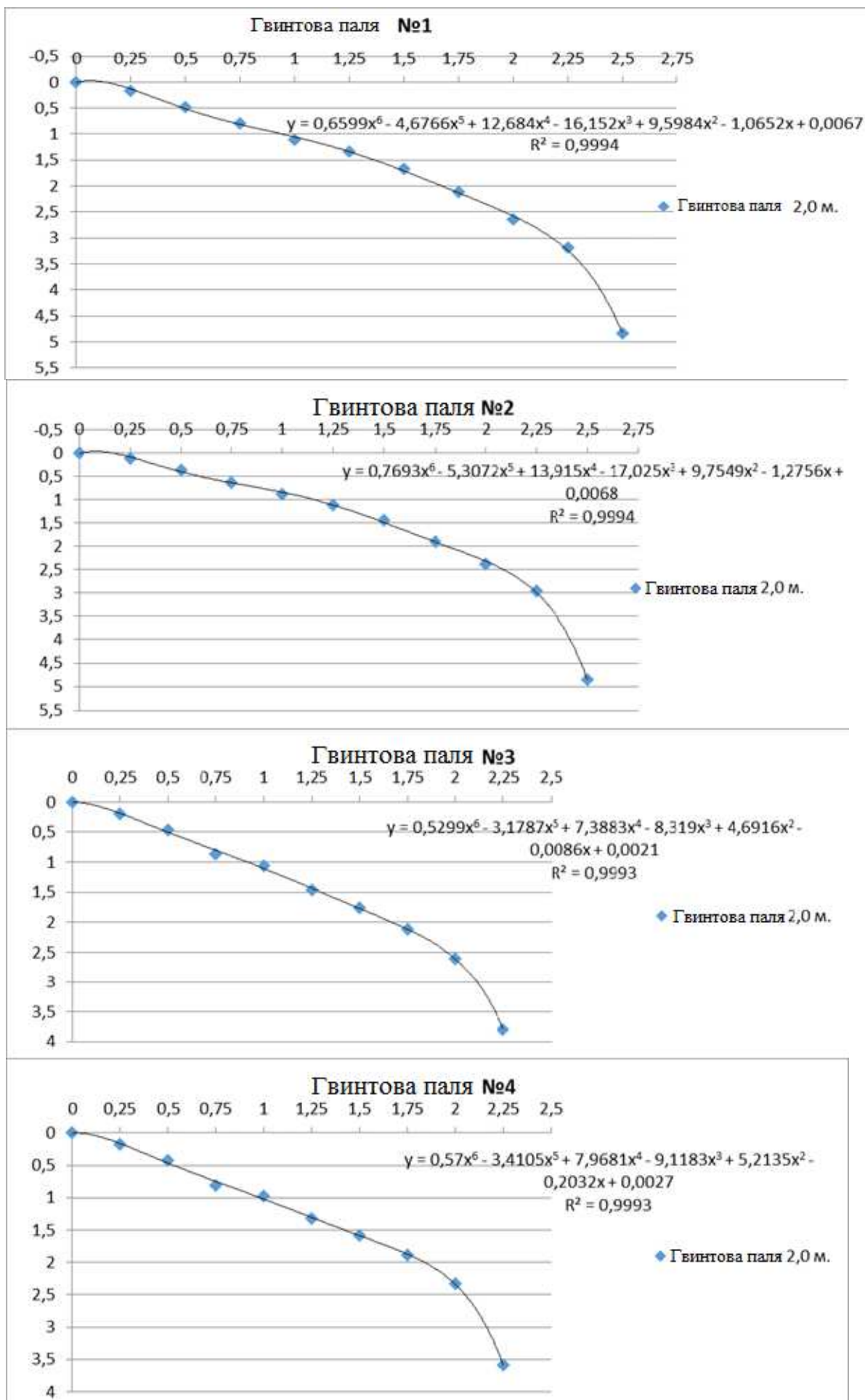


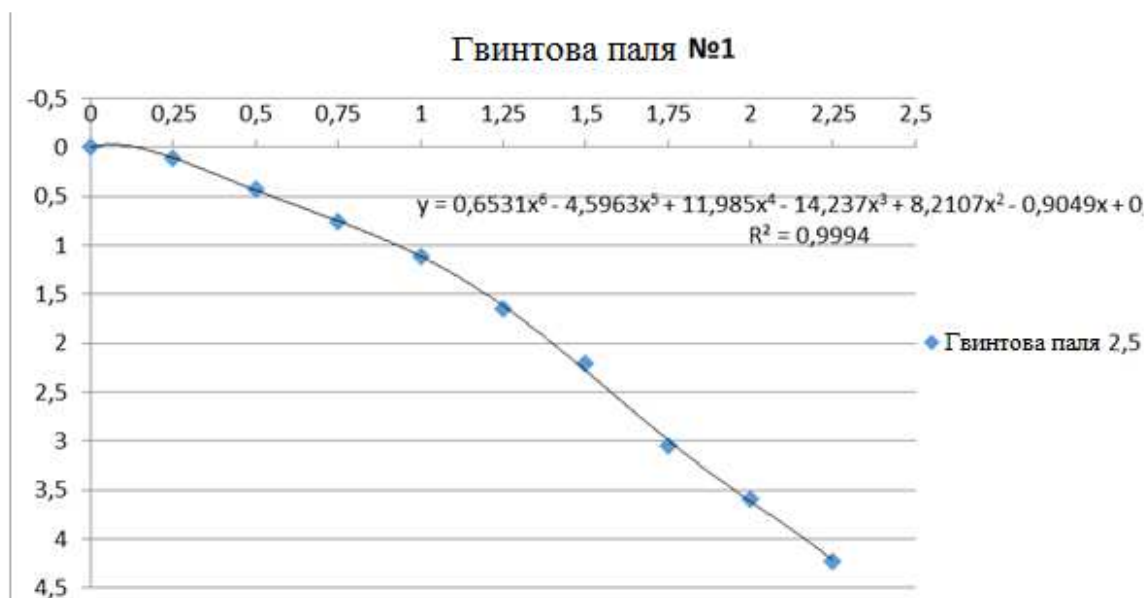
Рисунок 5.1 - Графіки залежності деформації паль №1, 2, 3, 4 довжиною 2 м від дії горизонтального навантаження

На рисунку 5.1 показані графіки залежності динаміки протікання процесу для кожної гвинтової палі завдовжки 2,0 м від дії горизонтального навантаження, які розкривають процес дії сил. Дані графіки демонструють рівномірність прикладання горизонтального навантаження на випробовувані зразки, а також однорідність ґрунтової основи, а також відсутність деформацій стовбура палі.

## 5.2 Для багатовиткових гвинтових палей завдовжки 2,5 м

Таблиця 5.2. Несуча здатність гвинтовий палі 2,5 м. На дію горизонтального навантаження

Гвинтова паля 2,5 м.				
№ палі	Навантаження при деф. в 1 см.	Навантаження при деф. в 2 см.	Навантаження при деф. в 3 см.	Навантаження при деф. в 4 см.
1	0,930	1,400	1,755	2,167
2	0,969	1,477	1,925	2,359
3	0,731	1,189	1,638	2,085
4	1,002	1,619	2,081	2,243
Серед.	0,908	1,421	1,850	2,213





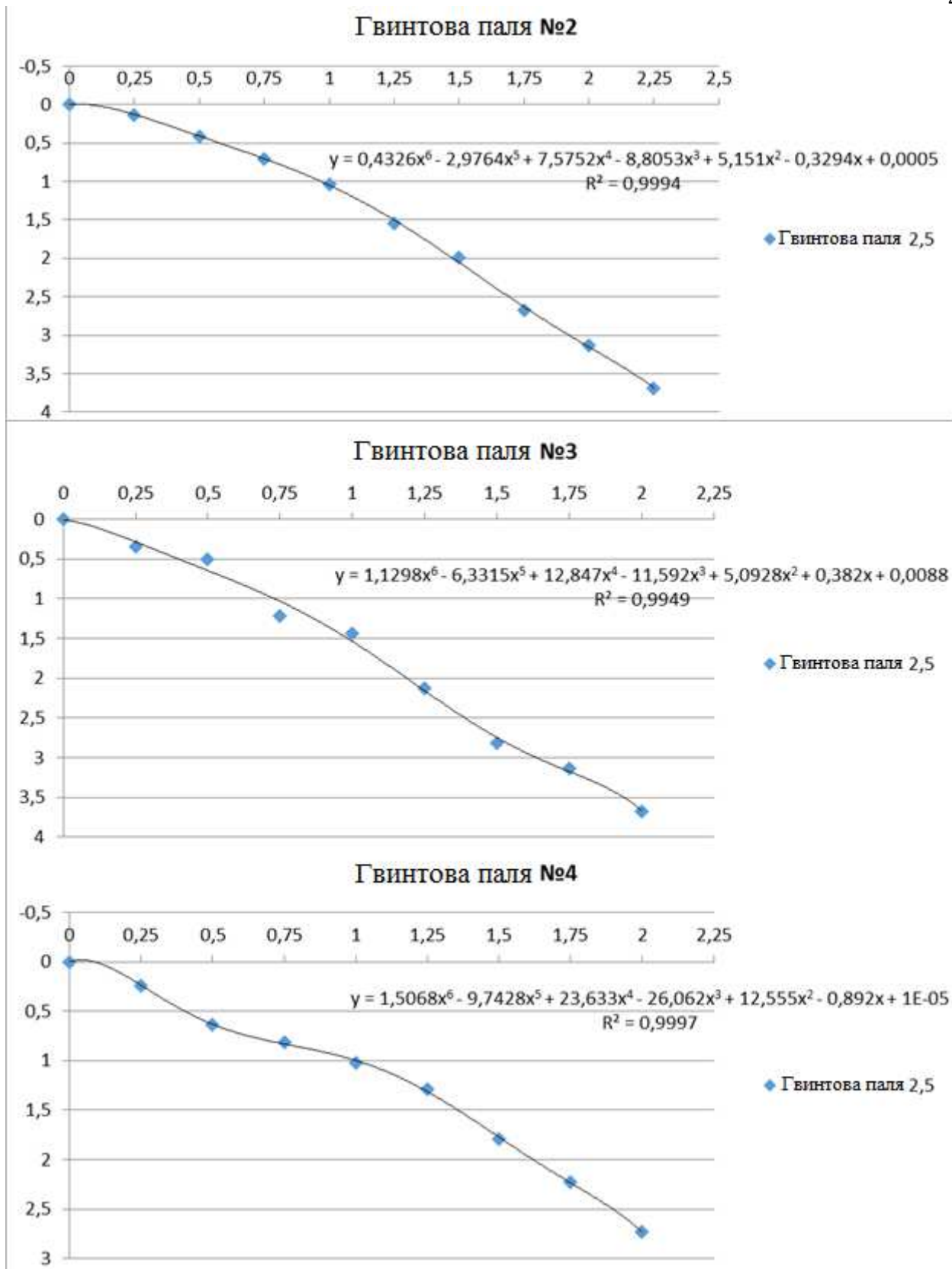


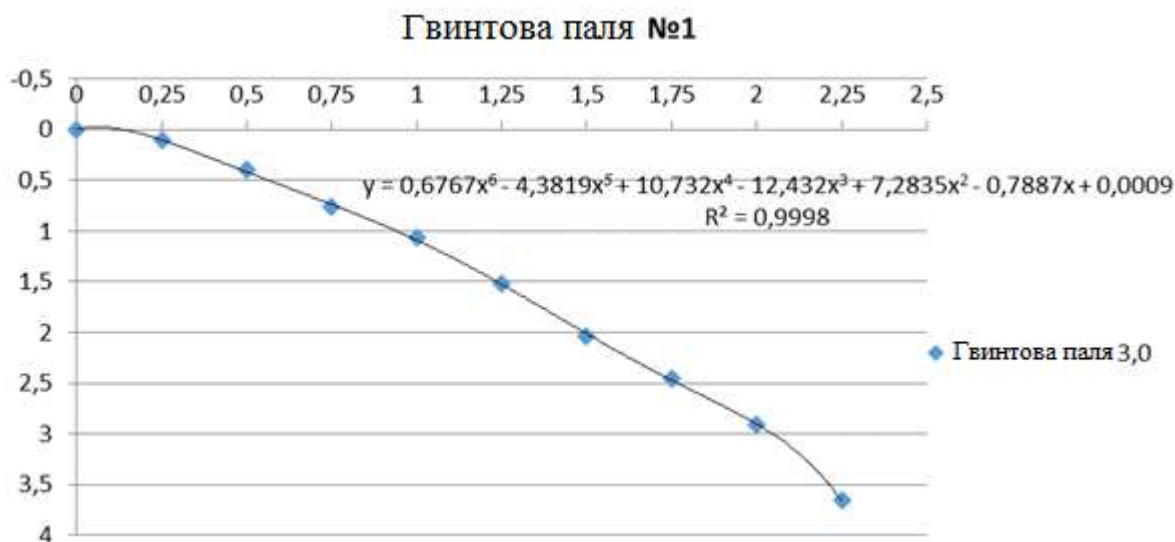
Рисунок 5.2 - Графіки залежності деформації палей №1, 2, 3, 4 довжиною 2,5 м від дії горизонтального навантаження

На рисунку 5.2 показані графіки залежності динаміки протікання процесу для кожної гвинтової палі завдовжки 2,5 м від дії горизонтального навантаження, які розкривають процес дії сил. Дані графіки демонструють рівномірність прикладання горизонтального навантаження на випробовувані зразки, а також однорідність ґрунтової основи і деякі деформації стовбура палі.

## 5.2 Для багатовиткових гвинтових паль завдовжки 3,0 м

Таблиця 5.3. Несуча здатність гвинтової палі 3,0 м. На дію горизонтального навантаження.

Гвинтові паля 3,0 м.				
№ палі	Навантаження при деф. в 1 см.,т.	Навантаження при деф. в 2 см.,т.	Навантаження при деф. в 3 см.,т.	Навантаження при деф. в 4 см., т.
1	0,940	1,494	2,047	2,313
2	1,003	1,519	2,051	2,319
3	0,840	1,502	1,823	2,262
4	0,632	1,296	1,750	2,346
Серед	0,854	1,453	1,918	2,310



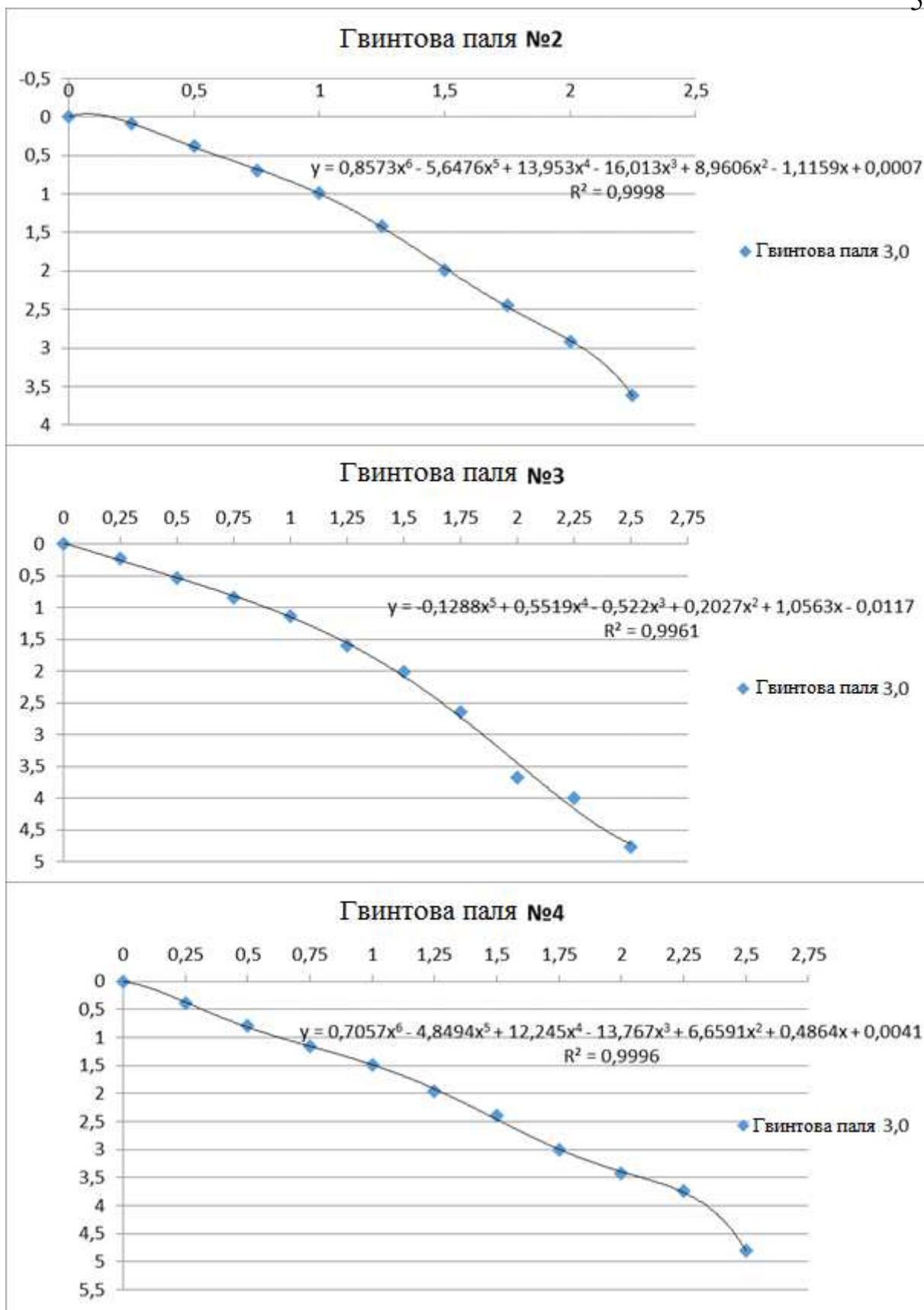


Рисунок 5.3 - Графіки залежності деформації палей №1, 2, 3, 4 довжиною 3 м від дії горизонтального навантаження

На рисунку 5.3 показані графіки залежності динаміки протікання процесу для кожної гвинтової палі завдовжки 3,0 м від дії горизонтального навантаження, які розкривають процес дії сил. Дані графіки демонструють рівномірність прикладання горизонтального навантаження на випробовувані зразки, а також однорідність ґрунтової основи і деякі деформації стовбура палі.

#### 5.4 Висновки за підсумками проведення натурального експерименту експерименту

Таблиця 5.4. Середні значення несучих здібностей гвинтових паль на дію горизонтального навантаження.

Довжина палі	Навантаження при деф. в 1 см.	Навантаження при деф. в 2 см.	Навантаження при деф. в 3 см.	Навантаження при деф. в 4 см.
2,0	0,999	1,749	2,176	2,348
2,5	0,908	1,421	1,850	2,213
3,0	0,854	1,453	1,918	2,310

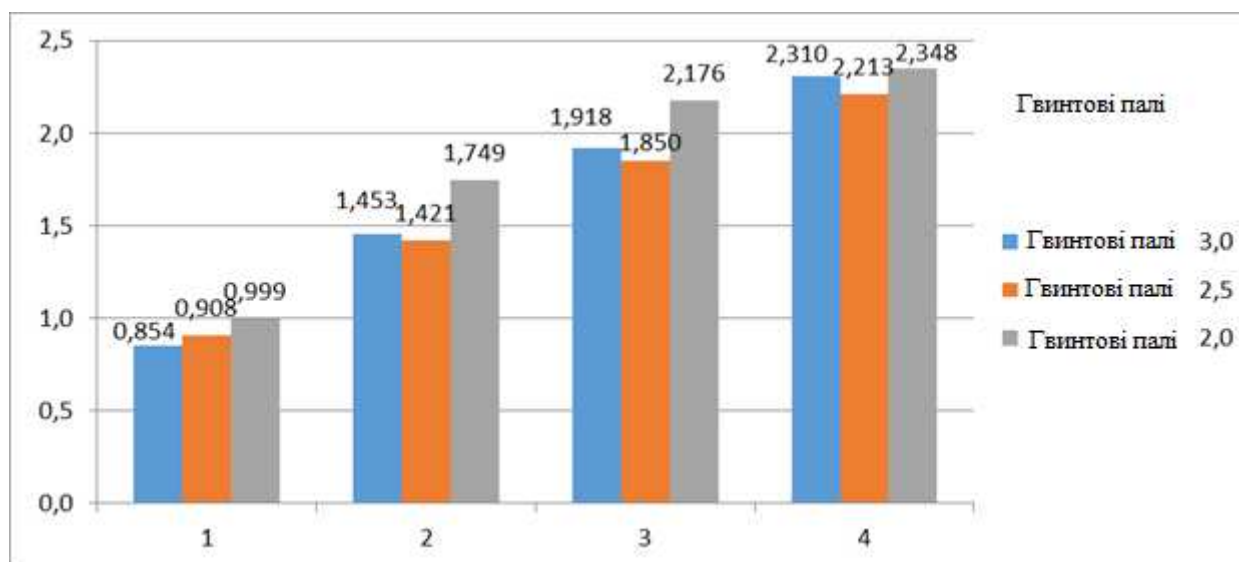


Рисунок 5.4 - Графік середніх значень несучої здатності гвинтових паль від дії горизонтального навантаження.

На рисунку 5.4 показано графік середніх значень несучої здатності гвинтових паль завдовжки 2,0, 2,5, 3,0 м від дії горизонтального навантаження при переміщенні оголовка паль на 1, 2, 3, 4 см відповідно. З графіка випливає, що підсумкова несуча здатність гвинтових паль незначно відрізняється і максимальна різниця становить 5,7%. При деформації голови палі на 1, 2, 3 см гвинтова паля довжиною 2,0 м працює краще максимально на 19% щодо гвинтових паль завдовжки 2,5 м і 3,0 м. Це можна пояснити тим, що палі довжиною 2,0 м за рахунок більшої жорсткості працює як короткий жорсткий стрижень і повертається в ґрунті. Палі 2,5 м, 3, м працюють як короткий гнучкий стрижень з деформацією стовбура палі. А значить застосування палі довжиною 2,0 м економічно доцільніше.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 6.1 Охорона праці

##### 6.1.1 Організація охорони праці працівників на підприємстві

З метою забезпечення сприятливих для здоров'я умов праці, високого рівня працездатності, профілактики травматизму і професійних захворювань, отруєнь та відвернення іншої можливої шкоди для здоров'я на підприємствах, в установах і організаціях різних форм власності повинні встановлюватися єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів, пов'язаних з діяльністю людей, а також до якості машин, обладнання, будівель та інших об'єктів, які можуть мати шкідливий вплив на здоров'я. Всі державні стандарти, технічні умови і промислові зразки обов'язково погоджуються з органами охорони здоров'я в порядку, встановленому законодавством. Власники і керівники підприємств, установ та організацій зобов'язані забезпечити в їхній діяльності виконання правил техніки безпеки, виробничої санітарії та інших вимог щодо охорони здоров'я, передбачених законодавством, не допускати шкідливого впливу на здоров'я людей (ст. 28 Основ законодавства України про охорону здоров'я).

Власник зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі й на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити дотримання прав працівників, гарантованих чинним законодавством.

З цією метою власник забезпечує функціонування системи управління охороною здоров'я, для чого створює на підприємстві підрозділи, які традиційно іменуються службою охорони праці. Типове положення про службу охорони праці затверджене наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 р. № 255. Служба охорони праці створюється на підприємствах з кількістю працюючих 50 і більше осіб. На підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони

праці можуть виконувати у порядку сумісництва (суміщення) особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають виробничий стаж роботи не менше трьох років і пройшли навчання з охорони праці. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю. Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.[80]

На службу охорони праці покладено виконання таких завдань. У разі відсутності впровадженої системи якості відповідно до ISO 9001, опрацювання ефективної системи управління охороною праці на підприємстві та сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожного працівника; забезпечення фахової підтримки рішень роботодавця з цих питань; організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників; вивчення та сприяння впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників; контроль за дотриманням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, положень (у разі наявності) галузевої угоди, розділу "Охорона праці", колективного договору та актів з охорони праці, що діють у межах підприємства; інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці.

### **6.1.2 Правила поведінки під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій.**

Під час монтажу будівельних конструкцій, крім погодженого і затвердженого у встановленому порядку ПВР, необхідно виконувати вимоги дійсного документа, ДБН "Техніка безпеки в будівництві", ДНАОП 0.00-1.03-93 "Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, а також інших державних і відомчих нормативних актів і документів з урахуванням змін, які публікуються у журналі "Охорона праці"

Під час монтажу будівельних конструкцій основними шкідливими виробничими факторами слід вважати:

- машини і механізми, що рухаються і працюють, включаючи вантажопідіймальні;
- переміщення при підйомі і установці в проектне положення конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також укрупнених блоків будинків і споруд;
- втрату стійкості монтуємих чи змонтованих будівельних майданчиків;
- розташування робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок;
- недостатню освітленість робочої зони;
- дію вітру на вантажопідіймальні крани, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції чи частини будинків і споруд;
- фізичні перевантаження при перенесенні вантажів вручну;
- підвищену чи знижену температуру повітря робочої зони;
- небезпечну і шкідливу дію на людей електричного струму, електричної дуги, електромагнітного випромінювання і статичної електрики;
- вплив підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань при виконанні електрозварювальних робіт, а також іонізуючих випромінювань при контролі якості зварених швів;



- токсичний і дратівний вплив на дихальні шляхи газів і аерозолів, що утворюються при зварювальних роботах;
- токсичний і дратівний вплив лакофарбових матеріалів, а також пари від них на дихальні шляхи людини при виконанні антикорозійних робіт;
- використання порохового монтажного інструмента.

Попередження чи зниження впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, повинно забезпечуватися при:

- пересуванні і роботі машин, механізмів і літальних апаратів - шляхом позначення знаками безпеки небезпечних зон, інженерної підготовки шляхів їх переміщення, а також дотримання правил безпечної їх експлуатації;
- переміщенні конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також при втраті стійкості монтуємих чи змонтованих будівельних конструкцій - шляхом дотримання технології виконання робіт, а також прийняття в необхідних випадках інженерно-технічних рішень, що забезпечують несучу здатність цих конструктивних елементів;
- розташуванні робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень, використання прогресивних засобів підмашування: автомобільних гідравлічних підйомників (АГП), телескопічних підйомників, колисок, навішених на гак вантажопідіймальних кранів, і т.д., а також застосуванням страхувальних пристроїв і пристосувань;
- недостатній освітленості робочої зони - забезпеченням освітленості площадок складування, будмайданчиків, монтажних площадок і робочих місць за спеціально розробленим проектом відповідно до ГОСТ 12.1.046-85 "Норми освітлення будівельних майданчиків";
- дії вітру на вантажопідіймальні механізми, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції (ферми, колони і ін.), частини будинків і споруд - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень на підставі

перевірочних розрахунків на вітрові навантаження: для вантажів, що піднімаються кранами, відповідно до вимог ГОСТ "Крани вантажопідіймальні. Навантаження "вітрове" і для окремо змонтованих конструкцій, частин будинків і споруд відповідно до розділу 6 ДБН "Навантаження і впливи", з урахуванням вітрової пульсаційної складової;

- фізичних перевантаженнях - шляхом максимальної механізації ручної праці і дотримання допустимих норм навантажень при підйомі і переміщенні одиночних вантажів вручну, які не повинні перевищувати для жінок 10 кг при сумісництві з іншою роботою і 7 кг постійно на протязі робочої зміни; для чоловіків - максимум 50 кг;
- підвищеній чи зниженій температурі повітря робочої зони - використанням спецодягу, а також дотриманням тривалості робочого дня і перерв у роботі відповідно до діючих нормативних документів;
- дії електричного струму (у всіх його проявах) на організм людини - дотриманням вимог ГОСТ 12.1.013-78 "Електробезпека. Загальні вимоги", ПУЕ, ПТЕ і ПТБ;
- впливі підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань, а також газів і аерозолів, що утворюються при виконанні зварювальних роботах і роботах, що їх супроводжують, - дотриманням вимог ГОСТ 12.3.003-86 "Роботи електрозварювальні. Вимоги безпеки", а також нормативних актів і документів, що діють в країні;
- токсичному і дратівному впливі лакофарбових матеріалів і пари від них - з урахуванням ГОСТ 12.3.016-87 "Роботи антикорозійні. Вимоги безпеки" і ГОСТ 12.1.005-76 "Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги";. [82...83]

### **6.1.3 Висновки до підрозділу 6.1**

Дотримання вимог, перелічених у даному розділі, забезпечить безпечні умови праці, позбавить травматизму, профзахворювань та виникнення небезпечних факторів, аварій. Покращаться умови праці та виробниче середовище.

У разі порушення норм і правил охорони праці, невиконання колективного договору, наказів роботодавця або розпоряджень органів нагляду за станом охорони праці, внаслідок чого трапилися нещасні випадки, виникли професійні захворювання або інші важкі наслідки настає кримінальна відповідальність.

При виконанні будівельних робіт порушення нормативних і правових актів, а також правил експлуатації будівельних механізмів, якщо це завдало шкоди здоров'ю людей або могло спричинити людські жертви та інші тяжкі наслідки карається позбавленням волі на строк до одного року або виправними роботами на той самий термін, або грошовим стягненням до 20 мінімальних неоподаткованих розмірів заробітної плати.

## **6.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **6.2.1 Оцінка стійкості об'єкту (цеху) до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості.**

Шляхи та методи підвищення стійкості функціонування об'єкту (цеху) в умовах надзвичайної ситуації в мирний та воєнний час, доволі різноманітні і визначаються конкретними специфічними особливостями кожного окремого підприємства.

Вибір найбільш ефективних (в тому числі і з економічної точки зору) шляхів і способів підвищення стійкості функціонування об'єкту, можливий

тільки на основі всебічної ретельної оцінки кожного підприємства, як об'єкту громадянської оборони.

За критерій стійкості об'єктів до впливу ударної хвилі ,беруть максимальне значення надлишкового тиску, при якому будинки, споруди й устаткування зберігаються, або одержують слабкі руйнування (ушкодження). При оцінці стійкості визначають наступне:

- максимальний можливий надлишковий тиск ударної хвилі  $\Delta P_{\Phi \max}$  очікуване на об'єкті;
- виділяють основні елементи на об'єкті, від яких залежить його працездатність;
- визначають надлишковий тиск, при яких будинки, споруди, устаткування одержують слабкі, середні, сильні і повні руйнування;
- визначають межі стійкості кожного виділеного елемента до ударної хвилі щодо надлишковому тиску  $\Delta P_{\Phi \lim}$ , при якому елементи одержують слабкі руйнування;
- визначають межі стійкості об'єкту в цілому до ударної хвилі по мінімальній межі стійкості його складових елементів.

Все це буде залежати від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції й розмірів елементів об'єкта, орієнтації відносно вибуху, розміщення будівель і споруд, рельєфу місцевості, характеру аварії, сили землетрусу чи бурі.

Врахувати їх разом для кожного об'єкта неможливо. Тому опір конструкцій дії вибухової хвилі прийнято характеризувати надмірним тиском у фронті ударної хвилі який призводить до слабких, середніх і сильних руйнувань.

Послідовність проведення оцінювання:

- визначення максимального надмірного тиску ударної хвилі, сейсмічної хвилі чи сили бурі, яка очікується на об'єкті;
- виділення основних елементів на об'єкті (тваринницькі ферми, склади, майстерні, комбикормовий цех, цехи переробки та ін.), від яких залежатиме функціонування об'єкта і виробництво продукції;

- оцінка стійкості кожного елемента об'єкта;
- порівняння розрахованої межі стійкості об'єкта з очікуваним максимальним надмірним тиском ударної хвилі сейсмічної хвилі чи сили бурі.
- визначення ступеня можливих руйнувань за таблицею результатів оцінки для елементів об'єкта при можливому і максимальному значенні надмірного тиску, тиску сейсмічної хвилі чи сили бурі і можливі при цьому втрати (відсотки).

На основі результатів оцінки стійкості об'єкта роблять висновки і пропозиції по кожному елементу і об'єкту в цілому: межа стійкості об'єкта, найбільш вразливі його елементи, характер і ступінь руйнувань при максимальному надмірному тиску, сильному землетрусі і урагані, можливі збитки; межа доцільного підвищення стійкості найбільш вразливих елементів об'єкта і пропозиції (заходи) для підвищення межі стійкості об'єкта.

Такими заходами можуть бути:

- укріплення несучих конструкцій та перекрить будівель установкою додаткових колон, ферм, контрфорсів або підкосів;
- розміщення обладнання на нижніх поверхах будівель або в підвалах, надійне закріплення на фундаменті;

### **6.2.2 Організація і проведення досліджень з оцінки стійкості об'єкту (цеху, агрегата і т.п.) в НС. Розробка заходів щодо підвищення стійкості промислового об'єкту**

Оцінювання стійкості роботи об'єкту – це всебічне вивчення підприємства з погляду здатності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, відновлення виробництва при одержанні середніх і слабких руйнувань.

Мета дослідження складається в тому, щоб виявити уразливі місця в роботі об'єкту у воєнний час і виробити найбільш ефективні пропозиції і рекомендації, спрямовані на підвищення його стійкості. Надалі ці рекомендації включаються в план заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкту, що і реалізується.

Дослідження стійкості підприємств проводиться силами інженерно-технічного персоналу із залученням фахівців науково-дослідних і проектних організацій, пов'язаних із даним підприємством. Організатором і керівником дослідження є керівник підприємства – начальник ЦО об'єкту.

Весь процес планування і проведення дослідження можна розділити на три етапи: перший – підготовчий, другий – оцінка стійкості роботи об'єкту в умовах воєнного часу, третій – розробка заходів, що підвищують стійкість роботи об'єкту.

На першому етапі розробляються керівні документи, визначається склад учасників дослідження й організується їхня підготовка.

Основними документами для організації дослідження стійкості роботи об'єкту є: наказ керівника підприємства; календарний план основних заходів щодо підготовки до проведення дослідження; план проведення дослідження.

Наказ директора підприємства (керівника дослідження) розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням особливостей і конкретних умов, пов'язаних із виробничою діяльністю об'єкту. У наказі вказуються: мета і задачі майбутнього дослідження, час проведення робіт, склад учасників і задачі дослідницьких груп, терміни готовності звітної документації.

Календарний план підготовки до проведення дослідження визначає основні заходи і терміни їхнього проведення, відповідальних виконавців, сили і засоби, які беруть участь у поставлених задачах.

План проведення дослідження стійкості роботи об'єкту є основним документом, що визначає зміст роботи керівника дослідження і дослідницьких груп головних фахівців. У плані вказуються: тема, мета і тривалість

дослідження, склад слідчих груп і зміст їхньої роботи, порядок дослідження. Тривалість дослідження встановлюється в залежності від обсягу робіт і підготовленості учасників, залучених до виконання задач, і може складати два – три місяці.

Залежно від складу основних виробничо-технічних служб на об'єкті можуть створюватися такі дослідницькі групи:

- начальника відділу капітального будівництва;
- головного енергетика;
- головного технолога;
- головного механіка;
- відділу матеріально-технічного постачання та ін.

Крім того, створюється група штабу ЦО об'єкту, в яку входять начальники служб оповіщення і зв'язку, протирадіаційного і протихімічного захисту сховищ і ПРУ, медична, охорони суспільного порядку, матеріально-технічного постачання.

Для узагальнення отриманих результатів і подання загальних пропозицій створюється група керівника дослідження на чолі з головним інженером чи начальником виробничого відділу. Чисельність дослідницьких груп залежить від обсягу розв'язуваних задач, специфіки виробництва і може складати 5 – 10 чоловік. Притягнуті до досліджень представники зовнішніх організацій беруть участь у роботі відповідних груп.

Підвищення стійкості об'єкта досягається посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкту. Для цього на кожному ОНГ завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо важливих елементів об'єкту. Заходи будуть економічно обґрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для

забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, бо у процесі проектування, як відзначалося раніше, у багатьох випадках можна домогтися логічного поєднання загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що знизить витрати на їх реалізацію.

### **6.2.3 Висновки до підрозділу 6.2**

Будівельна галузь як структурна ланка сучасної економіки України характеризується комплексом чинників, які зумовлюють колективну і індивідуальну безпеку людей як на етапі спорудження об'єктів будівництва, так і на етапі їх експлуатації. Визначальним чинником для дотримання необхідних умов безпеки є Державні будівельні норми, які охоплюють вимоги до конструкцій, матеріалів, технології спорудження будівельної продукції. Поряд з цим в країні існує мережа контролюючих інстанцій, які призначені для вчасного попередження і виявлення відхилень, які можуть негативно вплинути на експлуатаційні параметри будівель і споруд, стати причиною аварії, зумовити матеріальні витрати і людські жертви. Дотримання встановлених вимог з безпеки життєдіяльності є одним з вузлових питань будівельної галузі.



## ВИСНОВОК

1. З'ясовано особливості роботи та розрахунку паль, зокрема гвинтових.
2. Визначено методологічні особливості проведення модельного експерименту та польових випробувань з визначення несучої здатності багатогвинтових паль при дії горизонтальних сил і моментів
3. Аналізуючи графіки залежності деформацій паль від дії горизонтального навантаження можна зробити висновок, що характер роботи паль всіх випробуваних довжин в ґрунті схожий і в моменті втрати стійкості має практично однакову величину.
4. В цілому всі палі працюють за схемою довгий-гнучкий і короткий-гнучкий стрижень. У зв'язку з цим в роботі по сприйняттю горизонтального навантаження бере участь тільки верхня частина палі, яка однакова у всіх зразків випробуваних паль.
5. Гвинтові лопаті в роботі паль не беруть участь, так як знаходяться в нижньому перетині паль.
6. Виходячи з проведених польових випробувань і їх аналізу можна зробити висновок, що несуча здатність гвинтових паль на дію горизонтальних сил і моментів для довжини від 2-х до 3-х метрів і діаметром 76 мм, не залежить від їх довжини.
7. Для збільшення несучої здатності паль на вплив горизонтальних навантажень необхідно:
  - збільшити діаметр палі;
  - збільшити товщину стінки стовбура палі;
  - розмістити гвинтові лопаті у верхньому перетині палі для включення їх в роботу по сприйняттю горизонтальних навантажень.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд
2. СП 50-102-2003. Проектування і влаштування пальових фундаментів.
3. ГОСТ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. - 51с.
4. Ангельский, Д. В. К расчету свайных оснований на горизонтальные нагрузки / Д. В. Ангельский // тр.МАДИ. М. - Л., 1937. - Вып. 7. - С. 4149.
5. Архангельский, М. М. Расчет гибких фундаментов, свай и шпунтовых стенок на действие горизонтальных сил / М. М. Архангельский // тр. НИИЖТа. М., Трансжелдориздат, 1952. - Вып.VIII. - С. 95-115.
6. Баранов, Н. Б. Обоснование параметров и режимов работы оборудования для устройства винтонабивных свай: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.05.04. – Омск, 2008. – 17 с.
7. Барвашов, В. А. Экспериментально-теоретические исследования расчетных моделей свайно-плитных фундаментов / В. А. Барвашов, Г. Г. Болдырев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2009. – № 5. – С. 32-39.
8. Бахолдин Б. В. Сопротивление свай горизонтальным нагрузкам / Б. В. Бахолдин, Е. В. Труфанова // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 2010. - №6. – С. 8-13.
9. Берлинов, М. В. Основания и фундаменты : учеб. для вузов по спец. "Городское стр-во" / М.В. Берлинов. – М. : Высш. шк., 1988. – 319 с. : ил.
10. Берлинов, М. В. Расчет оснований и фундаментов : учеб. для сред. проф. учеб. заведений (специальность 2903 "Стр-во и эксплуатация зданий и сооружений") / М. В. Берлинов, Б. А. Ягупов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2000. – 268 с. : ил.
11. Бугров А.К., Плакс А.А. Применение статического зондирования грунтов для расчета свай на горизонтальную нагрузку // Проблемы свайного фундаментостроения [Текст]: труды 3 междунар. конференции. Ч. 1. – [Б. м.: б. и.], 1992. - С 99-101.

12. Буслов, А. С. Работа свай на горизонтальную нагрузку за пределами упругости в связных грунтах / А. С. Буслов Ташкент: Фан, 1979. - 106с.
13. Вильман, Ю. А. Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные прогрессивные методы: [учеб. пособие для строит. вузов] / Ю. А. Вильман. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. – 336 с.: ил.
14. Гинзбург, Л. Винтовые сваи в фундаментах малоэтажных домов / Л. Гинзбург // Дом. – 2010. – № 2. – С. 26-30.
15. Голубков, В. Н. Экспериментальные исследования работы свай на горизонтальную нагрузку / В. Н. Голубков // Сб. тр. НИИ. М., Стройвоенмориздат, 1948. - № 11. - С. 5-34.
16. Григорян, А. А. К расчету свай на горизонтальную нагрузку в просадочных грунтах / А. А. Григорян, Г. С. Лекумович, И. Я. Лучковский // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1981. - № 3. - С. 18-20.
17. Григорян, А. А. Свайные фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах / А. А. Григорян М., Стройиздат, 1984. - 160с.
18. Денисов, О. Л. Экспериментальные исследования горизонтально нагруженных фундаментов из полых круглых свай / О. Л. Денисов, М. Е. Меркурьев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2010. – № 2. – С. 2-5.
19. Дмоховский, В. К. О влиянии геометрической формы свай на ее сопротивляемость / В. К. Дмоховский: тр.МИИТ. М., 1927. - Вып. VI. - С. 193- 211.
20. Железков В. Н. Разработка нормативного документа “Проектирование и устройство фундаментов из винтовых свай” / В. Н. Железков, П. И. Романов, Л. И. Качановская, М. С. Ермошина //Вестник гражданских инженеров. - 2008. - №2. - С. 42-45.
21. Железков Н. В. Винтовые сваи в энергетических и других отраслях строительства. - СПб.: Издательский дом “Прагма”, 2004.- 125 с.

22. Жуков Н. В. Сопротивление свай горизонтальным нагрузкам / Н.В. Жуков, И.Л. Балов // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 2010. - №6. – С. 11-14.
23. Знаменский В. В. Инженерный метод расчета горизонтально нагруженных групп свай: учеб. пособие для вузов по строит. специальностям / В. В. Знаменский. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2000. – 128 с.
24. Исследование работы винтовых свай «КРИННЕР» в условиях морозного пучения грунтов / И. В. Носков, Д. И. Цысь, А. В. Крайнов, И. Н. Цысь // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 131-136.
25. Качановская, Л. И. Разработка стандарта организации ОАО "ФСК ЕЭС" "Проектирование и устройство фундаментов из винтовых свай" / Л. И. Качановская, П. И. Романов, М. С. Ермошина // Электрические станции. – 2009. – № 4. – С. 49-52.
26. Кунц, Ш. Использование технологии BAUER LIFT CELL с буронабивными сваями / Ш. Кунц, Л. Хюммелер, А. Леманн // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2010. – № 8. – С. 40-42.
27. Лалетин, Н. В. Расчет свайных анкеров на действие горизонтальной силы / Н. В. Лалетин // Теории сооружений и конструкций: тр. Воронеж, инж.- стр. ин-та. Воронеж, 1964. — № 10, вып. 1. -С. 119-133.
28. Лубнин, В. В. Машины и оборудование для погружения свай: [Учеб. для ПТУ]. / В.В. Лубнин, В.З. Заикина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. – 214 с.: ил.
29. Мазуренко, Л. В. Расчет одиночных свай на действие горизонтальных нагрузок / Л. В. Мазуренко, Д. А. Шварцман // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1967. - № 2. - С. 35-38.
30. Малинин, А. Г. Технология устройства анкерных свай "Атлант" / А. Г. Малинин, Д. А. Малинин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2010. – № 1. – С. 17-20.

31. Мальцев, А. Т. Расчет жестких свай на горизонтальную и наклонную нагрузку / А. Т. Мальцев, В. С. Сажин // Эффективные железобетонные конструкции сельских зданий, материалы и технология. ЦНИИЭПсельстрой. М., 1983. - С. 93-100.
32. Мамедов, К. М. К вопросу расчета горизонтально нагруженных свай в нелинейно деформируемой среде / К. М. Мамедов, М. Д. Джафаров // Ученые записки ВУЗов МВССО АзССР / АзИСИ. Сер. 10, 1976. № 1. - С. 86-94.
33. Мангушев, Р. А. Современные свайные технологии: учеб. пособие / Р. А. Мангушев А. В. Ершов. А. И. Осокин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2010. – 235 с.: ил.
34. Механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. пособие по направлению подготовки дипломир. специалистов - "Стр-во" / [С. Б. Ухов и др.] ; под ред. С. Б. Ухова. – Изд. 2-е, перераб, и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 567 с. : ил.
35. Миронов, В. В. О методе расчета свай на горизонтальные нагрузки / В. В. Миронов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1971. - № 1. -С. 15-17.
36. Мителюк Н. С. Сваи и свайные фундамент: справочное пособие / Н. С. Мителюк. – Киев. – Изд-во “Будивельник”. – 1977. – 256 с.
37. Носков И. В. Исследование работы многовитковых винтовых свай / И. В. Носков, А. Ю. Халтурин // Ползуновский вестник. – 2011. - №1. – С. 142- 147.
38. Носков, И. В. Методика и результаты полевых испытаний винтовых свай / И. В. Носков, А. Ю. Халтурин // Известия вузов. Строительство. – 2011.– N№ 1. – С. 121-126.

40. Носков, И. В. Учет статических испытаний свай при проектировании зданий и сооружений в аналогичных грунтовых условиях / И. В. Носков // Ползуновский вестник. – 2007. – № 1/2. – С. 63-65.
41. О техническом проекте ОАО "ФСК ЕЭС" "Унифицированные конструкции фундаментов на винтовых сваях для опор ВЛ 35-300 кВ" / Л. И. Качановская [и др.] // Электрические станции. – 2011. – № 5. – С. 31-35.
42. Пономарев, А. Б. Основы исследований и расчета фундаментов из полых конических свай: [учеб. пособие / А. Б. Пономарев; [учеб. пособие по направлению 653500 "Стр-во"]]. – М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2005. – 160 с.
43. Пономарев, А. Б. Основы исследований и расчета фундаментов из полых конических свай / А. Б. Пономарев / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 1999. – 166с.
44. Проблемы свайного фундаментостроения [Текст]: труды 3 междунар. конференции. Ч. 1. – [Б. м.: б. и.], 1992. – 205 с.
45. Разоренов, В. Ф. Механические свойства грунтов и несущая способность свай / В.Ф. Разоренов, Э.М. Моргун, А.А. Сакевич. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1987. – 224 с.
46. Ромакин, Н. Е. Сопротивление внедрению конусного наконечника винтовой сваи в грунт / Н. Е. Ромакин, С. В. Лебедев // Строительные и дорожные машины. – 2011. – № 2. – С. 36-39.
47. Ромакин, Н. Е. Сопротивление завинчиванию винтовой сваи в грунт / Н. Е. Ромакин, С. В. Лебедев // Строительные и дорожные машины. – 2011. – № 9. – С. 37-42.
48. Сваи, работающие на горизонтальную нагрузку // ProSvai.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – [Б. м.], 2010-2011. – Режим доступа: <http://prosvai.ru/svaynie-fundamenti/svai-rabotaiusche-na-gorizontalnuiu-nagruzku>. – Загл. с экрана.
49. Смолин, Б. С. Опыт проведения испытаний буронабивных свай по

стандарту ASTM (США) / Б. С. Смолин, В. В. Захаров, В. В. Пузанов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2009. – № 2. – С. 29-32.

50. Смолин, Б. С. Особенности проведения испытаний свай по российским и американским нормам / Б. С. Смолин, В. В. Захаров, В. В. Пузанов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2010. – № 1. – С. 26-28.

51. Строительство промышленных объектов на быстровозводимых стальных винтовых сваях // Промышленное и гражданское строительство. – 2001. – № 6. – С. 16-18

52. Строганов, А. С. Теоретические и экспериментальные исследования работы длинных одиночных свай на горизонтальную нагрузку / А. С. Строганов Инф.мат-лы /ВОДГЕО. М., 1953. - № 4. - 80с.

53. Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям: Физ.-хим. свойства грунтов. Малозаглублен. фундаменты и грунтовые основания. Трансп. сооружения. Технология и контроль качества устройства фундаментов. Свайные фундаменты. Реконструкция и усиление фундаментов / Рос. о-во по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению, Перм. гос. техн. ун-т; под общ. А. А. Бартоломея. - М.: [б. и.], 2000. - 306 с.: ил.

54. Филатов А. В. Экспериментальные исследования эпюр реактивного давления грунта и перемещения свай при горизонтальных нагрузках / А. В. Филатов // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 2010. - №6. – С. 32- 34.

55. Хафизов, Р. М. Опыт применения винтовых свай в многолетнемерзлых грунтах на Бованенковском НГКМ / Р. М. Хафизов // Газовая промышленность. – 2011. – № 7. – С. 92-96.

56. Шахирев В.В., Рывкин А.А. Расчет коротких жестких свай переменного сечения с уширением на горизонтальную нагрузку при действии внешнего момента и вертикальной силы // Проблемы свайного фундаментостроения: труды 3 междунар. конференции. Ч. 1. – [Б. м.: б. и.], 1992. - С 187-189.

57. Шахирев, В. Б. Новый метод расчета коротких жестких свай на горизонтальную нагрузку / В. Б. Шахирев // Строительство и архитектура Белоруссии. 1987. - № 1. - С. 35-36.
58. Шахирев, В. Б. К вопросу о работе жесткой сваи на горизонтальную нагрузку / В. Б. Шахирев, Г. С. Янышев // Строительство предприятий нефтепереработки и нефтехимии: тр. БашНИИСтроя. М.: Стройиздат, 1965. - Вып. V. - С. 75-83.
59. Boswell, L. F. Computer Methods for predicting pile behaviour / L. F. Boswell, V. Sinhh // Proceedings of the First International Conference on computing in civil engineering. Published by American Soc. Civil Engineering. — New York, 1991. - pp. 825-836.
60. Broms-Bent B. Lateral resistance of piles in cohesoinless soil // Jornal of the Soil Mechanics and Foundations Div., - Vol. 90.- №3.
61. Davisson, M. T. Model Study of Laterally Loaded Piles / M. T. Davisson, J. R. Salley // Journal of the Soil Mech. and Found.Div., ASCE. Sept., No. SM5, 1970, vol. 96, p. 1605-1628.
62. Matlock, H. Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles / H. Matlock, L. Rees // J. Soil Mech. and Foud. Engin. Div. No. SM5, Proc. ASCE. -1960. Paper 2626. - Vol. 86. - pp. 63-91.
63. Sogge, R. Laterally loaded pile design / R. Sogge // J. Proc. Amer. Soc. Civil Engrs., Geotechn. Div., 1981, vol. 107, NGT9, p. 1179-1199.
64. What is Screw Piling // Russell Heale Engineering Screw Piling [Electronic resource]. – Electronic text data. – Melbourne, [200-]. – Mode of access: <http://www.rheale.com.au/screwpiling/>. – Title from screen.