

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання індивідуальних завдань
з дисципліни**

«МЕХАНІКА ГРУНТІВ, ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ»

Харків – 2021

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд 24 квітня 2020 р., протокол № 9.

Методичні вказівки містять індивідуальні завдання та порядок їх виконання з дисципліни «Механіка ґрунтів, основи та фундаменти», передбачені навчальним планом (контрольна робота, розрахункова робота, розрахунково-графічна робота тощо). Методичні вказівки призначено для студентів спеціальностей 273 «Залізничний транспорт» та 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання, а також інших спеціальностей відповідних напрямків.

Укладачі:

доц. О. С. Герасименко,
проф. Л. В. Трикоз

Рецензент

доц. Д. О. Потапов

ЗМІСТ

Основні позначення.....	4
Вступ.....	5
1 Вихідні дані для виконання індивідуального завдання.....	6
1.1 Навантаження та гідрогеологічні дані.....	6
1.2 Склад індивідуального завдання	7
1.3 Послідовність проектування фундаменту на палях.....	11
2 Визначення розрахункових характеристик ґрунтів і навантажень.....	12
2.1 Визначення розрахункових характеристик ґрунтів.....	12
2.2 Визначення розрахункових навантажень на фундамент..	12
3 Проектування фундаментів на палях.....	13
3.1 Аналіз гідрогеологічних умов. Визначення несучого шару ґрунту і типу паль за умовами роботи.....	13
3.2 Визначення умовного і розрахункового опору ґрунтів...	15
3.3 Поняття про умовний R_0 , нормативний R_H і розрахунковий R опір ґрунту.....	19
3.4 Визначення розмірів ростверку і паль.....	19
3.5 Визначення несучої здатності паль за матеріалом і ґрунтом.....	25
3.6 Визначення кількості паль, їх розміщення у ростверку та уточнення його розмірів.....	28
3.6.1 Кількість вертикальних паль у фундаменті.....	28
3.6.2 Розміщення розрахованої кількості паль у ростверку	29
3.6.3 Уточнення розмірів ростверку.....	30
4 Розрахунок фундаменту на палях за граничними станами....	32
4.1 Перевірка фундаменту на палях за першою групою граничного стану.....	32
4.2 Перевірка фундаменту на палях за другою групою граничного стану. Розрахунок осідання фундаменту.....	35
Список літератури.....	43
Додаток А. Довідкові матеріали.....	44

ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Коефіцієнти:

- γ_f – надійності за навантаженням;
- γ_g – надійності за ґрунтом;
- γ_n – надійності за призначенням споруди;
- m, γ_c – умов роботи.

Характеристики ґрунтів:

- ρ_s – густина (щільність) часток ґрунту, $\text{кг/м}^3, \text{т/м}^3$;
- ρ_d – густина (щільність) сухого ґрунту, $\text{кг/м}^3, \text{т/м}^3$;
- ρ – густина (щільність) ґрунту, $\text{кг/м}^3, \text{т/м}^3$;
- e – коефіцієнт пористості;
- W – вологість ґрунту, природна, частки одиниць;
- W_p – вологість на межі розкочування, частки одиниць;
- W_L – вологість на межі текучості, частки одиниць;
- S_r – ступінь вологості;
- I_L – показник текучості;
- I_p – число пластичності;
- φ – кут внутрішнього тертя, град;
- c – питоме зчеплення, Па;
- E – модуль деформації, Па;
- R_c – границя міцності на одноосьовий стиск скельних ґрунтів, Па;
- γ – питома вага ґрунту, Н/м^3 ;
- γ_s – питома вага часток ґрунту, Н/м^3 .

Навантаження, тиск, опір:

- F – горизонтальна сила, Н;
- M – момент сил, Нм;
- N – сила, нормальна до подошви фундаменту, Н;
- F_R – рівнодіюча всіх сил, Н;
- Q – власна вага фундаменту, Н;
- p, p_{max} – середній і максимальний тиск подошви фундаменту на ґрунт, Па;
- R – розрахунковий опір ґрунту, Па;
- R_o – умовний опір ґрунту, Па;
- R_n – нормативний опір ґрунту, Па;
- σ_z – вертикальне нормальне напруження, Па;
- σ_{zg} – напруження від власної ваги ґрунту, Па;
- σ_{zp} – напруження додаткове від зовнішнього навантаження, Па.

Геометричні характеристики:

b – ширина (менша сторона або діаметр) подошви фундаменту або палі, м;

L, a – довжина подошви фундаменту, м;

A – площа подошви фундаменту, м²;

d – глибина закладання фундаменту, м;

d_w – глибина води, м;

l_p – робоча довжина палі, м;

L_k – конструктивна довжина палі, м;

b_n – розмір сторін поперечного перерізу палі, м;

h – товщина шару ґрунту або висота насипу, м;

e_o – ексцентриситет рівнодіючої навантажень щодо центральної осі подошви фундаменту, м;

r – радіус ядра перерізу фундаменту на рівні його подошви, м;

W – момент опору подошви фундаменту, м³;

z – відстань від подошви фундаменту до розрахункового перерізу у глибину, м;

H_c – глибина товщі, що стискується, м;

s – осідання фундаменту, м.

ВСТУП

Найважливішою частиною споруди є фундамент – частина будівлі чи споруди, переважно підземна, яка сприймає навантаження від споруди і передає їх на основу, природну (складену ґрунтами) чи штучну. З метою індустріалізації робіт, підвищення надійності і зниження вартості споруд застосовують фундаменти на палях. Останнім часом їх застосовують при різних за величиною навантажень і довжині паль. Застосування фундаментів на палях значно зменшує об'єм земляних робіт, доцільне для споруджень без підвалів при високому горизонті ґрунтових вод. Велике значення мають фундаменти на палях для будівництва мостів і труб залізничного транспорту та різних гідротехнічних споруд.

Ці методичні вказівки складено відповідно до вимог [1÷4] і призначено для студентів усіх форм навчання.

1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Навантаження та гідрогеологічні дані

Для виконання проекту студент одержує індивідуальне завдання за шифром:

перша цифра шифру – номер групи;

друга та третя – порядковий номер студента за журналом групи.

Наприклад: група 5, порядковий номер у журналі групи 5 – шифр буде 505.

Номер студента за журналом групи за таблицею 1.1 визначає тип мостової опори: **1** – проміжна мостова опора (рисунок 1.1), **2** – берегова опора (рисунок 1.2), номер свердловини геологічного розрізу, а також суму абсолютних значень середньомісячних мінусових температур за зиму в районі будівництва M_t (таблиця 1.1).

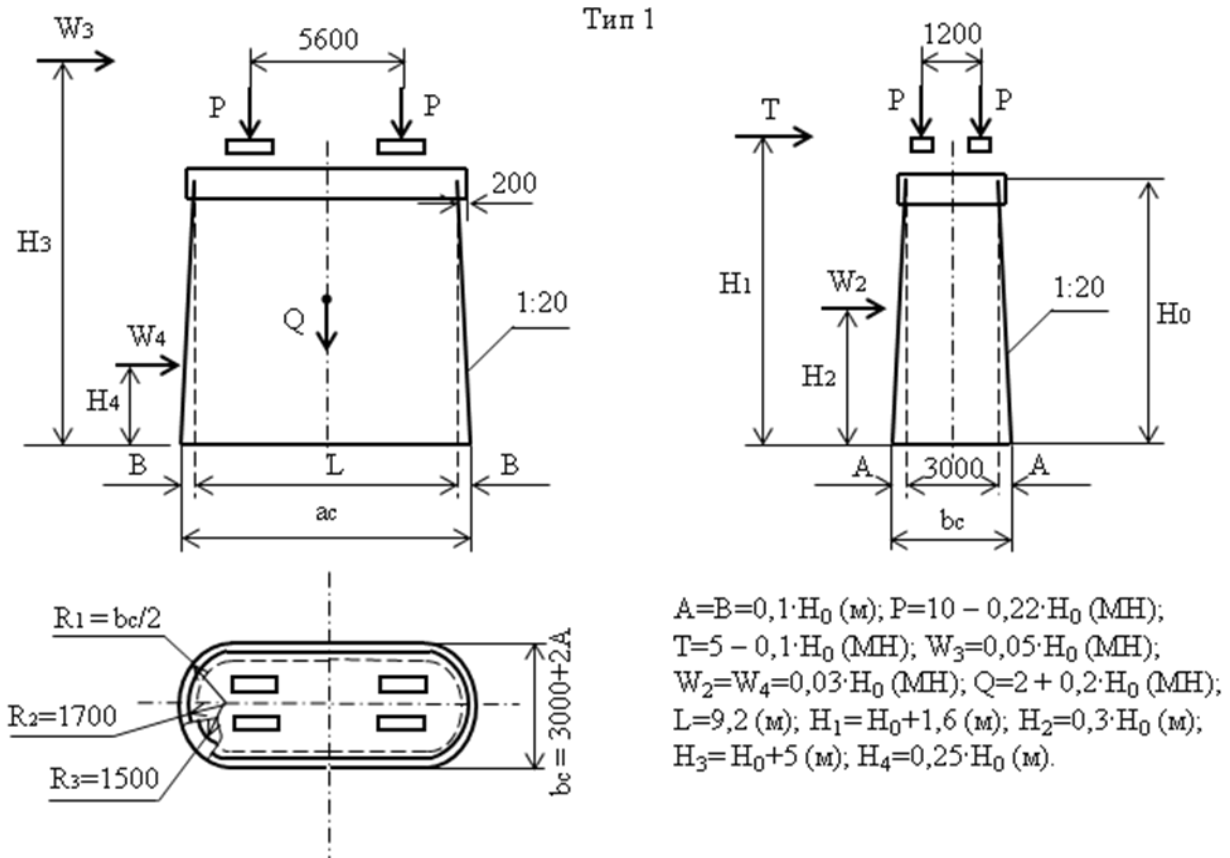


Рисунок 1.1 – Проміжна мостова опора

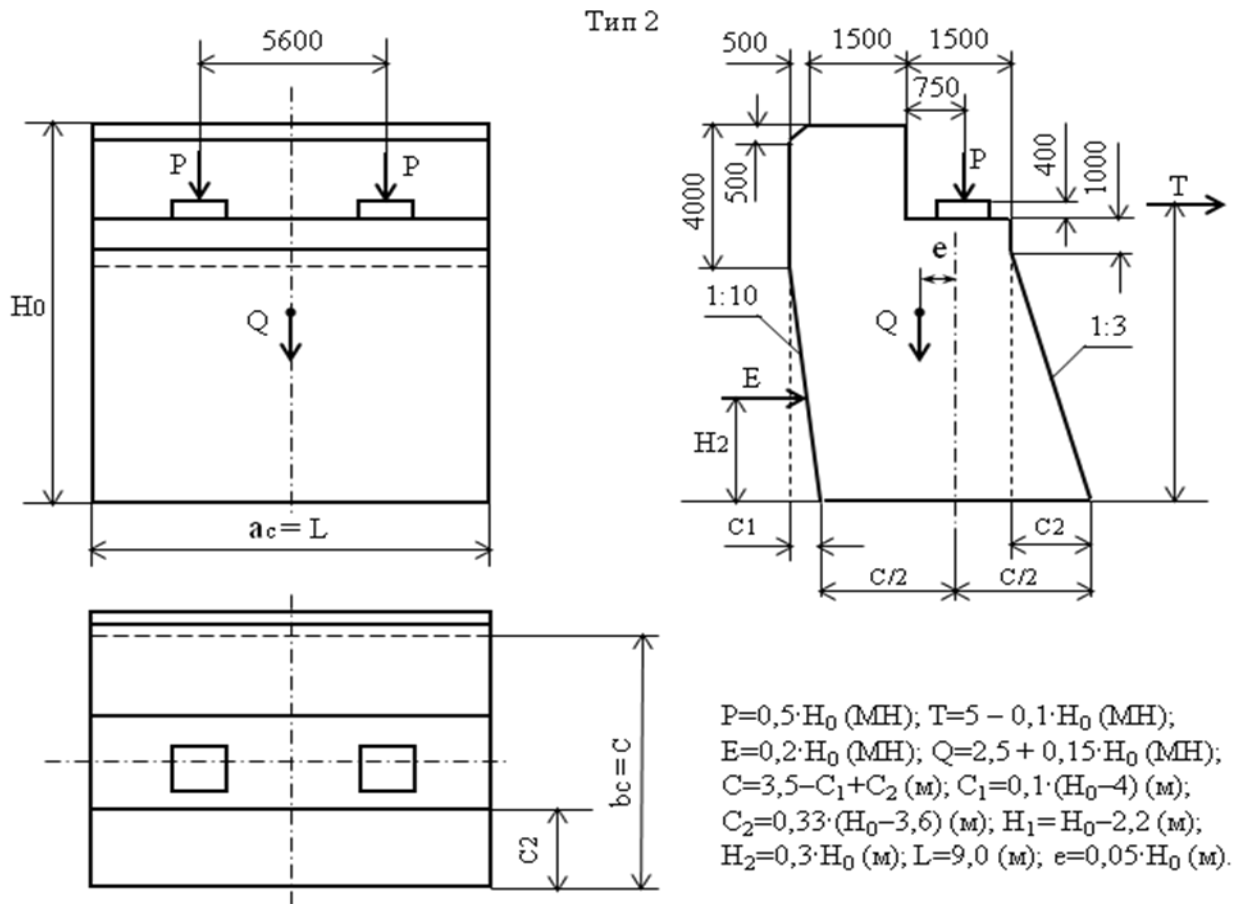


Рисунок 1.2 – Берегова мостова опора

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Номер за списком	Номер свердловини	Номер за списком	Номер свердловини	Номер за списком	Номер свердловини	Тип опори	Висота опори (модуль) H_0 , м					M_t , °C
							Номер групи					
							1	2	3	4	5	
1	30	11	20	21	10	1	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	20
2	29	12	19	22	9	2	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	22
3	28	13	18	23	8	1	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	24
4	27	14	17	24	7	2	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	26
5	26	15	16	25	6	1	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	28
6	25	16	15	26	5	2	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	30
7	24	17	14	27	4	1	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	32
8	23	18	13	28	3	2	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	34
9	22	19	12	29	2	1	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	36
10	21	20	11	30	1	2	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	38

Також номер студента за списком та номер групи визначають значення умовного модуля N_0 – висоти опори в метрах, за яким одночасно розраховують навантаження у меганьютонах, розміри споруди і координати прикладання навантаження у метрах.

За номером свердловини в таблиці 1.2 надано склади шарів геологічного розрізу та їх потужність у метрах.

1.2 Склад індивідуального завдання

Завдання складається з розрахунково-пояснювальної записки і графічної частини (за необхідності). При виконанні розрахунків і перевірок до кожних з них повинна бути наведена відповідна схема. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки до 20 сторінок форматом А4 – 297×210 мм. Графічну частину проекту виконують на одному аркуші формату А2 – 594×420 мм олівцем.

При виконанні проекту необхідно:

- для свого варіанта накреслити схему відповідної мостової опори масштабом, якщо $N_0 \leq 8\text{м}$ – М1:100, якщо $N_0 > 8\text{м}$ – М1:200;
- за таблицею 1.2 скласти у відповідному масштабі геологічний розріз заданої свердловини.

Послідовність і зміст розрахунків з проектування фундаментів на палях наведено у розділі 1.3.

На аркуші **графічної частини** зображують геологічний переріз відповідно до завдання (без характеристик фізичних та деформативних властивостей ґрунтів і їх стисливості); мостову опору у трьох проекціях у тому ж масштабі, що й геологічний розріз, при цьому площину обрізів фундаменту заглиблюють нижче поверхні ґрунту або води на $0,5 \div 0,7$ м; на профільній проекції мостової опори зображують епюри природного і додаткового тисків у межах зони, що стискається, в однаковому вертикальному масштабі із спорудою.

Таблиця 1.2 – Геологічні умови

Номер шару	Потужність шару, м	Ґрунт	Щільність ґрунту ρ , т/м ³	Щільність часток ґрунту ρ_s , т/м ³	Вологість W , %	Модуль деформативності E_d , МПа	Границя текучості W_L , %	Границя розкочування W_P , %	Нормативний кут внутрішнього тертя ϕ , град	Нормативне питоме зчеплення C , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розріз 1										
1	0,4	Вода								
2	4,9	Ґлина стрічкова з прошарками супіску	2,00	2,69	35	14	46	27	16	43
3	20	Суглинок важкий пілуватий з включенням гальки	1,90	2,68	31	11	41	25	19	20
Розріз 2										
1	0,5	Вода								
2	5,1	Ґлина стрічкова з прошарками супіску	1,82	2,71	37	9	46	28	12	32
3	20	Суглинок важкий пілуватий з включенням гальки	2,15	2,69	18	33	24	12	24	46
Розріз 3										
1	0,9	Вода								
2	2,3	Супісок з рослинними залишками	1,91	2,64	30	6	31	25	19	2
3	1,7	Суглинок з включеннями гравію	1,94	2,72	25	12	29	16	16	32
4	20	Пісок середньої крупності	1,99	2,65	24	31	-	-	34	2
Розріз 4										
1	0,3	Вода								
2	3,4	Супісок пілуватий	2,02	2,69	24	11	25	19	22	5
3	1,5	Суглинок з включеннями гравію	1,90	2,70	34	12	38	26	20	18
4	20	Пісок крупний	1,98	2,64	25	29	-	-	38	0

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розріз 5										
1	0,8	Вода								
2	1,4	Суглинок	1,82	2,67	16	19	24	14	23	30
3	2,7	Суглинок пілуватий	1,99	2,76	29	11	33	20	18	19
4	20	Пісок середньої крупності	1,98	2,65	25	31	-	-	34	2
Розріз 6										
1	1,1	Вода								
2	1,8	Суглинок	1,80	2,68	29	10	37	23	19	17
3	20	Пісок середньої крупності	2,04	2,67	21	42	-	-	39	3
Розріз 7										
1	1,8	Супісок	1,72	2,67	19	8	22	16		2
2	4,2	Суглинок	1,85	2,68	27	10	36	22	19	20
3	20	Глина шарувата	1,84	2,73	33	12	44	24	16	39
Розріз 8										
1	0,7	Вода								
2	5,5	Суглинок	1,82	2,68	25	9	28	18	17	18
3	20	Супісок	2,02	2,67	22	19	25	19	27	8
Розріз 9										
1	0,3	Вода								
2	3,5	Пісок дрібний	1,92	2,65	17	32	-	-	35	4
3	2,9	Глина	2,00	2,76	28	14	35	17	17	48
4	20	Суглинок пілуватий з лінками піску	1,90	2,69	15	22	24	12	24	35
Розріз 10										
1	0,4	Вода	1,49							
2	4,2	Пісок пілуватий	1,96	2,68	18	20	-	-	32	4
3	3,4	Суглинок з включеннями гравію	1,91	2,66	31	13	41	27	20	20
4	20	Глина стрічкова	1,81	2,71	35	11	46	27	12	36

1.3 Послідовність проектування фундаменту на палях

При проектуванні пальового фундаменту комплекс питань вирішують у такій послідовності згідно з [1]:

1) за нормативним значенням характеристик ґрунтів і діючих навантажень знаходять їхні розрахункові значення, які використовують при розрахунках;

2) оцінюють гідрогеологічні умови. За характеристиками фізичних властивостей ґрунтів визначають умовний опір ґрунту R_0 і за його значенням установлюють, який із шарів ґрунту в межах геологічного розрізу може служити надійним несучим шаром – основою, на яку будуть обпиратися палі; залежно від властивостей несучого шару призначають тип палі за умовами роботи – висячі або стояки;

3) призначають розміри ростверку, відмітки обрізу і подошви ростверку, що дає змогу при відомій глибині залягання несучого шару визначити мінімальну довжину палі і залежно від неї – розміри поперечного перерізу й тип палі;

4) розраховують несучу здатність палі за матеріалом і ґрунтом для визначення типу палі;

5) визначають кількість палі за відомими навантаженням на фундамент і несучою здатністю однієї палі, розміщують їх у ростверку й уточнюють його розмір. Якщо палі обраного розміру розмістити не вдається, переходять до палі з більш високою несучою здатністю, спочатку використовуючи повну конструктивну довжину прийнятого типу палі;

6) розраховують за першою групою граничних станів несучу здатність за ґрунтом фундаменту на палях як умовного масивного фундаменту мілкого закладання. Якщо умова міцності не виконується, збільшують кількість або довжину палі;

7) розраховують осідання фундаменту, яке не повинно перевищувати допустимої величини.

2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТІВ І НАВАНТАЖЕНЬ

2.1 Визначення розрахункових характеристик ґрунтів

У завданні наведено нормативні значення величин. Згідно з ДБН [2] усі розрахунки основ повинні виконуватися з використанням розрахункових значень характеристик ґрунтів, які позначають у загальному випадку через X і визначають за формулою

$$X = X_H / \gamma_g, \quad (2.1)$$

де X_H – нормативне значення даної характеристики для кута внутрішнього тертя φ_H , питомого зчеплення C_H і модуля деформації E_H (таблиця 1.2);

γ_g – коефіцієнт надійності за ґрунтом, приймається при розрахунках основ за деформаціями $\gamma_g=1$, при розрахунках за несучою здатністю для питомого зчеплення $\gamma_{g(c)}=1,5$, для кута внутрішнього тертя піщаних ґрунтів $\gamma_{g(\varphi)}=1,1$ та пілувато-глинистих $\gamma_{g(\varphi)}=1,15$.

Приклад табличного розрахунку і запису розрахункових характеристик ґрунтів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Нормативні значення характеристик ґрунту за шарами	Нормативні значення характеристик за групами граничного стану (ГГС)					
	γ_g	перша ГГС		γ_g	друга ГГС	
		Нормат.	Розрах.		Нормат.	Розрах.
1	2	3	4	5	6	7

2.2 Визначення розрахункових навантажень на фундамент

Розрахунок основ за першою ГГС за несучою здатністю повинен виконуватись на основне сполучення навантажень, а при наявності особливих навантажень і дій – на основне й особливе сполучення [1].

Розрахунки за другою ГГГС (за деформаціями) повинні виконуватися на основне сполучення навантажень. Розрахункові значення навантажень на вказані сполучення визначають за формулами таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові навантаження

Сполучення навантажень	Формули для розрахунку
Основне	<p>Для проміжної опори</p> $N = 1,1 \times (\sum Q_i + \sum P_{i1}) + 1,2 \times \sum P_{i2}, \quad (2.2)$ <p>де N – розрахункове сумарне вертикальне навантаження; F – розрахункове сумарне горизонтальне постійне навантаження; Q_i – власна вага споруди, фундаменту і ґрунту на його уступах; P_{i1} – навантаження від прогонових споруд; P_{i2} – навантаження від рухомого складу.</p> $F = 1,2 \times F_n \quad (2.3)$
	<p>Для стоянів $F = 1,1 \times F_n \quad (2.4)$</p>

Далі всі розрахунки ведуть тільки за розрахунковими значеннями.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ НА ПАЛЯХ

3.1 Аналіз гідрогеологічних умов. Визначення несучого шару ґрунту і типу палів за умовами роботи

За інженерною оцінкою гідрогеологічних умов на місцевості, за заданими характеристиками фізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів обчислюють похідні величини, необхідні для визначення опору ґрунтів стискуванню кожного пласта розвіданої товщі.

За значенням числа пластичності I_p для глинистих ґрунтів, що визначається за формулою

$$I_p = W_L - W_P, \quad (3.1)$$

де W_L – вологість ґрунту на границі текучості, частки одиниці;

W_P – вологість ґрунту на границі розкочування, частки одиниці;

визначають назву ґрунту згідно з такими умовами:

супісок – $0,01 \leq I_p \leq 0,07$; суглинок – $0,07 < I_p \leq 0,17$; глина – $I_p > 0,17$.

Для всіх видів ґрунту обчислюють коефіцієнт пористості

$$e = \frac{\rho_s \times (1 + W)}{\rho} - 1, \quad (3.2)$$

де ρ_s – густина часток ґрунту; ρ – середня густина ґрунту; W – вагова вологість ґрунту у природному стані, частки одиниці.

Залежно від значення коефіцієнта пористості за таблицею 3.1 визначають щільність складання **піщаних** ґрунтів.

Таблиця 3.1 – Щільність складання **піщаних** ґрунтів

Види піщаних ґрунтів	Щільність складання		
	щільні	середньої щільності	пухкі
Піски гравелисті, крупні і середньої крупності	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Піски дрібні	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Піски пилюваті	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

Для визначення водонасиченості ґрунтів та ймовірного розміщення дзеркала ґрунтових вод обчислюють ступінь вологості ґрунтів

$$S_r = \frac{W \times \rho_s}{e \times \rho_w}, \quad (3.3)$$

де ρ_w – густина води, приймається 1000 кг/м^3 , 1 г/см^3 .

За ступенем вологості ґрунти поділяють на малого ступеня водонасичення $0 < S_r \leq 0,5$; середнього ступеня водонасичення $0,5 < S_r \leq 0,8$; насичені водою – $0,8 < S_r \leq 1$.

Імовірне розміщення горизонту ґрунтових вод визначають за верхньою межею шару ґрунту, для яких $S_r > 0,8$.

Для глинистих ґрунтів визначають показник текучості I_L

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} . \quad (3.4)$$

Класифікація ґрунтів залежно від показника текучості наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Класифікація ґрунтів залежно від показника текучості

Ґрунт	Консистенція	Показник текучості
Супіски	Тверді	$I_L < 0$
	Пластичні	$0 \leq I_L \leq 1$
	Текучі	$I_L > 1$
Суглинки і глини	Тверді	$I_L < 0$
	Напівтверді	$0 \leq I_L \leq 0,25$
	Тугопластичні	$0,25 < I_L \leq 0,5$
	М'якопластичні	$0,5 < I_L \leq 0,75$
	Текучопластичні	$0,75 < I_L \leq 1,0$
	Текучі	$I_L > 1,0$

Вивітрілі або неводостійкі скельні, сипучі піщані, пухкі піщані, глинисті текучої консистенції, а також мулисті, заторфовані, насипні й намивні ґрунти як основу у природному вигляді не застосовують.

3.2 Визначення умовного і розрахункового опору ґрунтів

Для кількісної оцінки несучої здатності різних шарів ґрунту визначають їх умовний опір, після аналізу величин яких приймають рішення про те, які з шарів можуть бути несучими.

Умовний опір основи з піщаних і глинистих ґрунтів осьовому стиску приймають за таблицями 3.3 і 3.4.

Таблиця 3.3

Піщані ґрунти і їхня вологість		Умовний опір R_0 піщаних ґрунтів середньої щільності в основах, кПа
Гравійні і крупні піщані, незалежно від їхньої вологості		343
Середньої крупності	Маловологі	294
	Вологі і насичені водою	245
Дрібні	Маловологі	196
	Вологі і насичені водою	147
Пилуваті	Маловологі	196
	Вологі	147
	Насичені водою	98
Примітка – Для щільних пісків наведені значення R_0 необхідно збільшувати на 100 %, якщо їхню щільність визначено статичним зондуванням, і на 60 %, якщо їхню щільність визначено за результатами лабораторних випробувань ґрунтів		

Таблиця 3.4

Ґрунт	Коефіцієнт пористості e	Умовний опір глинистих ґрунтів, кПа, при I_L						
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Супіски при $I_p \leq 0,05$	0,5	343	294	245	196	147	98	-
	0,7	294	245	196	147	98	-	-
Суглинки при $0,10 \leq I_p \leq 0,15$	0,5	392	343	294	245	196	147	98
	0,7	343	294	245	196	147	98	-
	1,0	294	245	496	147	98	-	-
Глина при $I_p > 0,20$	0,5	588	441	343	294	245	196	147
	0,6	490	343	294	245	196	147	98
	0,8	392	294	245	196	147	98	-
	1,1	294	245	196	147	98	-	-
Примітки								
1 Для проміжних значень I_p та e R_0 визначають інтерполяцією.								
2 При значеннях числа пластичності I_p у межах 5–10 і 1–20 потрібно приймати середні значення R_0 , що дані у таблиці 3.3, відповідно для супісків, суглинків і глин								

Для визначення умовного опору піщаного ґрунту спочатку за таблицею 3.1 визначають щільність його складання і, якщо піски не пухкі, приймають R_0 за таблицею 3.3.

Величину умовного опору R_0 для твердих супісків, суглинків і глин ($I_L < 0$) слід визначати за формулою

$$R_0 = 1,5 \times R_{MC}, \quad (3.5)$$

де R_{MC} – межа міцності при одноосьовому стиску зразків глинистого ґрунту природної вологості,

і приймати для супісків не вище 981 кПа, для суглинків – 1962 кПа, для глин – 2943 кПа.

Після того, як розміри фундаменту вже відомі, визначають нормативний опір основи в піщаних і глинистих ґрунтах осьовому стиску за формулою

$$R_H = 1,7 \left\{ R_0 \left[1 + \kappa_1 (b - 2) \right] + \kappa_2 \times \gamma (d - 3) \right\}, \quad (3.6)$$

де b – ширина (менша сторона або діаметр) подошви фундаменту, м; при ширині більше ніж 6 м приймається $b = 6$ м; d – глибина заглиблення фундаменту; γ – усереднене по шарах розрахункове значення питомої ваги ґрунту, розташованого вище від подошви фундаменту, обчислене без урахування виважувальної дії води; припускається приймати $\gamma = 19,62$ кН/м³; κ_1 , κ_2 – коефіцієнти, які приймають за таблицею 3.5.

Таблиця 3.5

Ґрунт	Коефіцієнти	
	$\kappa_1, \text{м}^{-1}$	κ_2
Гравій, галька, пісок гравійний, крупний і середньої крупності	0,10	3,0
Пісок дрібний	0,08	2,5
Пісок пилюватий, супісок	0,06	2,0
Суглинок і глина тверді і напівтверді	0,04	2,0
Суглинок і глина тугопластичні і м'якопластичні	0,02	1,5

Розрахунковий опір осьовому стиску основ з невивітрілих скельних ґрунтів R , кПа, слід визначати за формулою

$$R = \frac{R_c}{\gamma_g}, \quad (3.7)$$

де γ_g – коефіцієнт надійності за ґрунтом, що приймається рівним 1,4;

R_c – границя міцності при осьовому стиску зразків скельного ґрунту, кПа.

Розрахунковий опір, який визначено за формулою (3.6) для глин або в основах фундаментів мостів, розміщених у межах постійних водотоків, слід підвищувати на величину, яка дорівнює $14,7 \times d_w$, кПа, де d_w – глибина води, м, від найнижчого рівня межі.

Після визначення й аналізу умовних опорів шарів основ необхідно зробити висновок про переважність використання того чи іншого шару як несучого для фундаменту на палях.

Визначення типу фундаменту на палях за умовами роботи виконують, оцінюючи міцність ґрунтів несучого шару. У випадку, коли палі обпираються на практично нестискувані ґрунти (скелясті, гравійні, глини у твердому стані), фундамент зводиться на палях-стояках (рисунок 3.1), в іншому випадку – на висячих палях (рисунок 3.2). Для фундаменту на палях-стояках перевірку фундаменту як умовного масивного і розрахунок осідання не виконують.

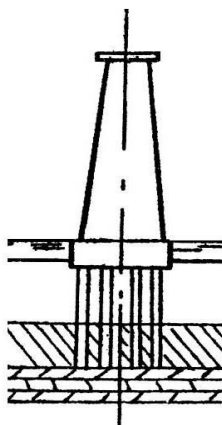


Рисунок 3.1 – Фундамент на палях-стояках

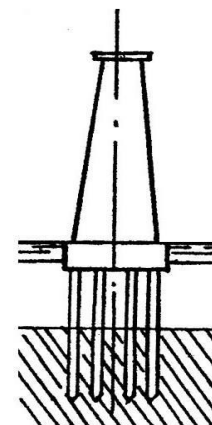


Рисунок 3.2 – Фундамент на висячих палях

3.3 Поняття про умовний R_0 , нормативний R_H і розрахунковий R опір ґрунту

За умовний опір R_0 ґрунту приймають опір ґрунту при умовних значеннях глибини закладання $d=3$ м і ширини підосви $b=2$ м (для формули (3.6)).

Нормативний опір R_H ґрунту розраховують за формулою (3.6).

Розрахунковий опір ґрунту визначають за формулою $R=R_H m/\gamma_g$, $m=1$, $\gamma_g=1,4$ ($m/\gamma_g=0,7$).

3.4 Визначення розмірів ростверку і паль

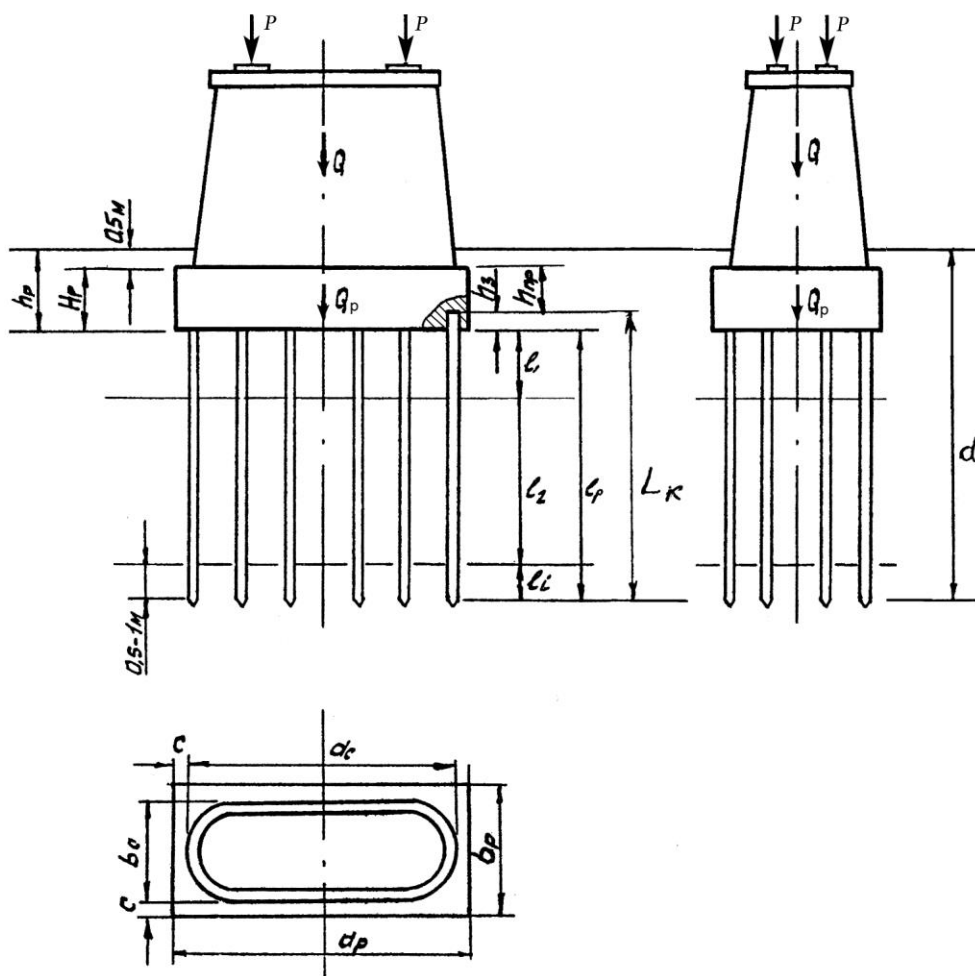
Рекомендується (переважно) застосовувати залізобетонні палі, які є довговічними, можуть вироблятися різних розмірів і типів, не загнивають і не потребують режиму консервації. Між матеріалом і можливими розмірами паль є відомий взаємозв'язок. Залізобетонні палі можуть мати довжину до 20 м, крім того, нарощуватися у процесі занурювання. Тобто глибина залягання несучого шару визначає довжину палі, її переріз, а також разом з іншими факторами матеріал палі.

Для визначення довжини палі потрібно знати позначки глибини закладання підосви ростверку і вістря палі: різниця цих позначок визначить робочу довжину палі l_p . Тому виникає необхідність у визначенні розмірів ростверку і глибини закладання його підосви відносно поверхні ґрунту або дна водоймища.

Розміри ростверку в плані визначаються величиною і формою споруди. Спочатку призначають мінімальні розміри. Якщо споруда в плані $a_c \times b_c$, м (рисунок 3.3), то розміри ростверку визначають за формулами:

$$a_p = a_c + 2 \times C; \quad b_p = b_c + 2 \times C, \quad (3.8)$$

де C – величина обрізу фундаменту, яка для мостів дорівнює 0,25 – 0,5 м.



d – глибина закладання підосви фундаменту на палях відносно розрахункової поверхні; h_p – глибина закладання підосви ростверку в ґрунт; H_p – висота ростверку; $h_{пр}$ – товщина ростверку над головою палі; l_i – товщина i -го шару ґрунту, що пройшла палю; l_p – робоча довжина палі; L_k – конструктивна довжина палі; c – обріз ростверку; b_c, a_c – ширина і довжина споруди в плані; b_p, a_p – ширина і довжина ростверку в плані

Рисунок 3.3 – Схема фундаменту на палях для визначення розмірів ростверку і палі

Глибина закладання підосви ростверку h_p визначається відповідно до таких міркувань:

а) у крупноуламкових, а також крупних і середньої крупності піщаних ґрунтах на будь-якому рівні, незалежно від глибини промерзання, за умови залягання товщі зазначених ґрунтів нижче глибини промерзання і відсутності при промерзанні напірних ґрунтових вод;

б) у глинистих і суглинистих, а також дрібних і пилюватих піщаних ґрунтах – нижче глибини промерзання, не менше 0,25 м;

в) у руслі ріки на будь-якому рівні (зокрема вище дна русла ріки) при відсутності промерзання води до дна, але не менше ніж $\delta+0,25$ м, нижче рівня низького льодоставу, де δ – товщина льоду, м;

г) при наявності льодоходу, карчоходу або наносів, які стирають кладку, з розрахунком, щоб палі не зазнавали їх дії.

В разі потреби збільшення розміру ростверку в плані його виконують під кутом жорсткості матеріалу не більше 30° (кут нахилу до вертикалі площини, яка проведена через внутрішні ребра уступів).

При достатніх глибинах водоймища і низькому ростверку обріз фундаменту потрібно розміщати на 0,5 м нижче рівня льодоставу.

Розрахункову глибину промерзання d_f , м, визначають за формулою

$$d_f = K_h \times d_{fn} \times \gamma_c, \quad (3.9)$$

де d_{fn} – нормативна глибина промерзання ґрунту, м; K_h – коефіцієнт теплового режиму будівлі, для мостових опор $K_h=1$; γ_c – коефіцієнт умов роботи, $\gamma_c=1,1$.

Нормативну глибину промерзання ґрунтів d_{fn} , м, визначають за формулою

$$d_{fn} = d_0 \times \sqrt{M_t}, \quad (3.10)$$

де M_t – сума абсолютних середньомісячних мінусових температур за період зими у районі будівництва (надано у вихідних даних); d_0 – глибина промерзання, яка дорівнює для глин і суглинків 0,23 м, для супісків, пісків пилюватих і дрібних – 0,28 м, для пісків середньої крупності, крупних і гравелистих – 0,30 м, для крупноуламкових ґрунтів – 0,34 м.

Приклад. Для глини при $M_t=36$
 $d_{fn} = 0,23_0 \times \sqrt{36} = 0,23 \times 6 = 1,38$ м.

Для передачі горизонтальних сил на основу фундаменту висоту ростверку визначають за формулою

$$h_p = 0,7 \times \operatorname{ctg} \left(45 + \frac{\varphi_p}{2} \right) \sqrt{\frac{2 \times (E - m/\gamma_n \times n \times P_\Gamma)}{a_p \times \gamma \times m/\gamma_n}}, \quad (3.11)$$

де a_p – довжина сторони ростверку, розміщеної нормально до напрямку горизонтальної сили; γ – питома вага ґрунту (при $S_r > 0,8$ береться у зваженому стані); h_p – глибина закладання підшви ростверку в ґрунт; φ_p – розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту; $0,7$ – коефіцієнт, який ураховує сили тертя по підшві ростверку; m – коефіцієнт умов роботи, приймають за таблицею 3.6; γ_n – коефіцієнт надійності за призначенням, $\gamma_n = 1,1$; n – кількість паль розміром b у ростверку; P_Γ – допустиме горизонтальне навантаження на одну палю, що приймається за таблицею 3.7.

Таблиця 3.6

Кількість паль	Коефіцієнт m
1÷5	0,85
6÷10	0,90
> 11	1,00

Таблиця 3.7 – Допустиме горизонтальне навантаження на одну палю P_Γ

Ґрунти під підшовою ростверку на глибину $k \cdot b$	Розрахункова глибина закладання залізобетонної палі в ґрунті, $k \cdot b$	P_Γ , кН, для залізобетонних паль розмірами в перерізі, см		
		30×30	35×35	40×40
Піски середньої щільності, супіски, суглинки і глини тугопластичні	6b	60	70	80
Піски і супіски пилюваті, пухкі, суглинки і глини м'якопластичні, злежалі мули	7b	25	30	35
Супіски, суглинки і глини текучопластичні	8b	10	15	20

Приклад. Розрахуємо необхідну глибину закладання ростверку h_p при таких вихідних умовах: $E = 2$ МН; кількість паль ще не визначена, тому умовно приймаємо $n = 20$ шт.; паля $b_n = 0,3$ м (30×30 см); $R_r = 25$ кН; $\varphi_p = 20^\circ$; $a_p = 10$ м; ґрунт – супісок пилюватий насичений водою, $\gamma_{зв} = 0,01$ МН/м³.

$$h_p = 0,7 \times ctg \left(45 + \frac{20}{2} \right) \sqrt{\frac{2 \times (2 - 1/1,1 \times 20 \times 0,025)}{10 \times 0,01 \times 1/1,1}} = 2,88 \text{ м.}$$

Приймаємо $h_p = 3$ м.

Після остаточного визначення величин b_n , n , R_r розрахунок повторюють і якщо h_p не збільшилось, тоді змін прийнятих розмірів не роблять. Якщо опір паль не враховувати, h_p збільшиться до 3,25 м.

Глибину закладання ростверку приймають як найбільшу, яка одержана при аналізі всіх міркувань. Висота ростверку H_p визначається як різниця відміток глибини закладання площини обрізів і підшви ростверку. Глибина закладання площини обрізів приймається рівною 0,5 м. При відсутності постійних горизонтальних сил (як у проміжних мостових опор) мінімальна висота ростверку дорівнює 1 м, середня – 1,5÷3,0 м, краще приймати $H_p \geq 2$ м.

За відомими розмірами ростверку визначають його вагу, кН,

$$G_p = a_p \times b_p \times H_p \times \gamma_b, \quad (3.12)$$

де γ_b – питома вага бетону, приймаємо 24 кН/м³.

Нижній кінець паль, згідно з ДБН [2], слід занурювати в малостисливі ґрунти, прийняті за несучий шар, не менше: у крупноуламкові ґрунти, гравелісті, крупні і середньої крупності піщані ґрунти, а також глинисті ґрунти з показником текучості $I_L \leq 0,1$ – на 0,5 м, в інші види ґрунтів – на 1,0 м.

Отже, якщо відомі позначки закладання підшви ростверку і вістря палі, їх різниця визначить робочу довжину палі l_p . Взаємне розміщення поверхні ґрунту, ростверку, несучого шару потрібно вказати на схемі згідно з рисунком 3.3.

Повна або конструктивна довжина палі визначається за формулою

$$L_k = l_p + 2 \times b_n, \quad (3.13)$$

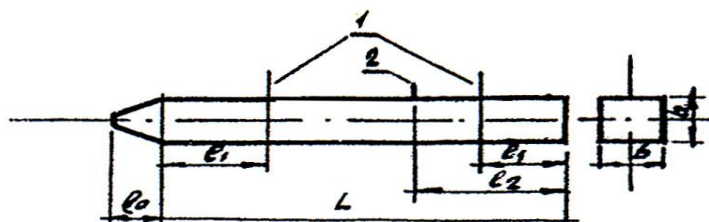
де $2 \times b_n$ – половина периметра поперечного перерізу палі.

Вибір типу і розміру залізобетонних паль виконують згідно з таблицею 3.8. Градація довжини палі приймається: при $L < 6$ м – через 0,5 м; при $L \geq 6$ м – через 1,0 м. При проектуванні фундаментів на палях для мостів і труб розрахункова довжина палі повинна бути не менше 4 м, при цьому вістря паль заглиблюють нижче розрахункової глибини розмиву не менше ніж на 4 м. Для фундаментів промислових або цивільних споруд паля може бути коротше 4 м. Розташування монтажних петель і штиря наведені на рисунку 3.4.

Потрібно врахувати, що зменшення довжини паль призведе до зростання осідання споруди.

Таблиця 3.8 – Номенклатура залізобетонних паль за [4]

Марка палі	Розмір сторін поперечного перерізу b_n , мм	Довжина призматичної частини L , мм	Довжина вістря l_o , мм	Клас міцності бетону
З ненапруженою арматурою				
C3-30÷C12-30	300	3000-12000	250	B-25
C8-35÷C16-35	350	8000-16000	300	B-30
C13-40÷C16-35	400	13000-16000	350	B-30
З напруженою стержневою арматурою				
CH9-30÷CH15-30	300	900-15000	250	B-40
CH10-95÷CH20-35	350	10000-20000	300	B-40
CH18-40÷CH20-40	400	13000-20000	350	B-40
З напруженою дротовою арматурою				
CHпр3-30÷CHпр15-30	300	3000-15000	250	B-40
CHпр8-35÷CHпр20-35	350	8000-20000	300	B-40
CHпр13-40÷CHпр20-40	400	13000-20000	300	B-40



1 – підйомні петлі; 2 – штир для фіксації місця стропування при піднятті на копер (при $l \leq 8$ м $l_1=0,2 L$, $l_2=0,3 L$; при $l > 8$ м $l_1=0,2 L$, $l_2=0,3 L-0,1$ м)

Рисунок 3.4 – Палі суцільні квадратного перерізу

3.5 Визначення несучої здатності палей за матеріалом і ґрунтом

Несуча здатність залізобетонних палей за матеріалом Φ_M , МН, визначається за формулою

$$\Phi_M = S_b \times R_b + S_a \times R_a, \quad (3.14)$$

де S_b – площа поперечного перерізу бетону палі, m^2 ; R_b – розрахунковий опір стиску бетону палі (таблиця 3.9); S_a – площа поперечного перерізу повздовжньої арматури палі, m^2 (приймають 1–3 % від S_b , спочатку краще приймати 1 %); R_a – розрахунковий опір арматури, приймають рівним 250 МПа.

Розрахунковий опір бетону різних класів при розрахунку конструкцій мостів і труб за граничними станами першої і другої групи приймають за таблицею 3.9 згідно із [4].

Таблиця 3.9 – Розрахунковий опір бетону різних класів

Вид опору	Умовне позначення	Розрахунковий опір бетону, МПа, класів				
		B20	B25	B30	B35	B40
При розрахунках за граничними станами першої групи						
При осьовому стиску	R_b	10,5	13,0	15,5	17,5	20,0
При осьовому розтягу	R_{bt}	0,85	0,95	1,10	1,15	1,25
При зрізі у монолітному бетоні	R_{bcut}	$R_{bcut}=0,1 R_b$				

Визначення несучої здатності палі за ґрунтом

Опір ґрунту занурюваної палі дією повздовжнього навантаження називається несучою здатністю палі за ґрунтом Φ_{Γ} , МН. Згідно з [1] несучу здатність висячої палі за ґрунтом визначають як суму опорів ґрунту під вістрям і по боковій поверхні занурюваної палі за формулою

$$\Phi_{\Gamma} = m \times (m_R \times R \times S + U \times \sum_1^k m_f \times f_i \times l_i), \quad (3.15)$$

де m – коефіцієнт умов роботи для паль-оболонки у ґрунті, приймають рівним $m=1$; R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, МПа, визначають за таблицею А.1; S – площа обпирання на ґрунт палі, m^2 , приймається за площею поперечного перерізу палі брутто або за площею перерізу поперечного камуфлетного розширення за його найбільшим діаметром; U – зовнішній периметр поперечного перерізу палі, m ; f_i – розрахунковий опір i -го шару ґрунту основи на боковій поверхні палі, МПа, визначають за таблицею А.2; l_i – товща i -го ґрунту, який прилягає до бокової поверхні, m , не повинна перевищувати 2 м, тому товщина шару кожного виду ґрунту, що прилягає до бокової робочої поверхні палі, розбивається на шари не більше як 2 м, при цьому складових під знаком суми буде стільки, на скільки підшарів була розбита робоча довжина палі; m_R , m_f – коефіцієнт умов роботи відповідно під нижнім кінцем і по боковій поверхні палі, які враховують вплив способу занурення паль на розрахунковий опір ґрунту, що приймають незалежно один від одного за таблицею А.3; k – кількість шарів ґрунту.

Несуча здатність Φ_{Γ} , МН, **палі-стояка** забивної квадратної, прямокутної, круглої діаметром до 0,8 м, а також палі-оболонки, набивної палі і палі-стовпа, які обпираються на практично нестислий ґрунт, визначається за формулою

$$\Phi_{\Gamma} = m \times R \times S, \quad (3.16)$$

де m – коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті, який приймається $m=1$; S – площа, m^2 , обпирання на ґрунт палі, яку приймають для паль суцільного перерізу рівною площі перерізу, m ; R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі-стояка, набивної палі і палі-оболонки, який приймають:

а) для забивних паль, що обпираються нижнім кінцем на скелясті і крупноуламкові (щебенисті, галечникові, деревинні і гравійні) ґрунти з піщаним заповнювачем, а для паль фундаментів опор мостів у випадку обпирання на глинисті ґрунти твердої консистенції – $R=20$ МПа;

б) для паль-оболонок, набивних бетонних паль і паль-стовпів, закладених у скелястий ґрунт, не менше як на $0,5$ м, за формулою

$$R = \frac{R_{СЖ}^H}{\gamma_g} \left(\frac{h_3}{d_3} + 1,5 \right), \quad (3.17)$$

де $R_{СЖ}^H$ – середнє арифметичне значення тимчасового опору скелястого ґрунту одноосьовому стиску у водонасиченому стані; h_3 – розрахункова глибина закладання палі-оболонки або набивної палі в скелястий ґрунт, m ; d_3 – зовнішній діаметр закладеної у скелястий ґрунт частини палі-оболонки, набивної палі і палі-стовпа, m ;

в) для паль-оболонок, що рівномірно обпираються на поверхню незруйнованого скелястого ґрунту, прикритого шаром ґрунтів, які не розмиваються, завтовшки не менше трьох діаметрів палі-оболонки, за формулою

$$R = \frac{R_{СЖ}^H}{\gamma_g}. \quad (3.18)$$

Після визначення несучої здатності палі за матеріалом Φ_M і ґрунтом Φ_G доцільно порівняти їх значення. Здається очевидним, що в оптимальних випадках $\Phi_M = \Phi_G$. У тому випадку, коли $\Phi_M > \Phi_G$, значний резерв матеріалу палі за міцністю не

використовується, доцільно збільшити довжину палі, зменшивши відповідно їх кількість.

Якщо $\Phi_M < \Phi_G$, то довжина палі прийнята надто великою. Однак це рішення може бути виправданим, якщо шар розміщується на значній глибині, тоді як розташований вище шар ґрунтів перебуває у текучому стані і для нього $R=0$.

3.6 Визначення кількості палі, їх розміщення у ростверку та уточнення його розмірів

3.6.1 Кількість вертикальних палі у фундаменті

Для визначення кількості палі розраховують спочатку рівнодіючу всіх сил, N , за формулою

$$F_R = \sqrt{N^2 + F_H^2}, \quad (3.19)$$

де F_H – сума горизонтальних сил, Н; N – сума вертикальних сил, Н.

Кількість вертикальних палі у фундаменті на палях визначають за формулою

$$n = \frac{F_R}{P_C}, \quad (3.20)$$

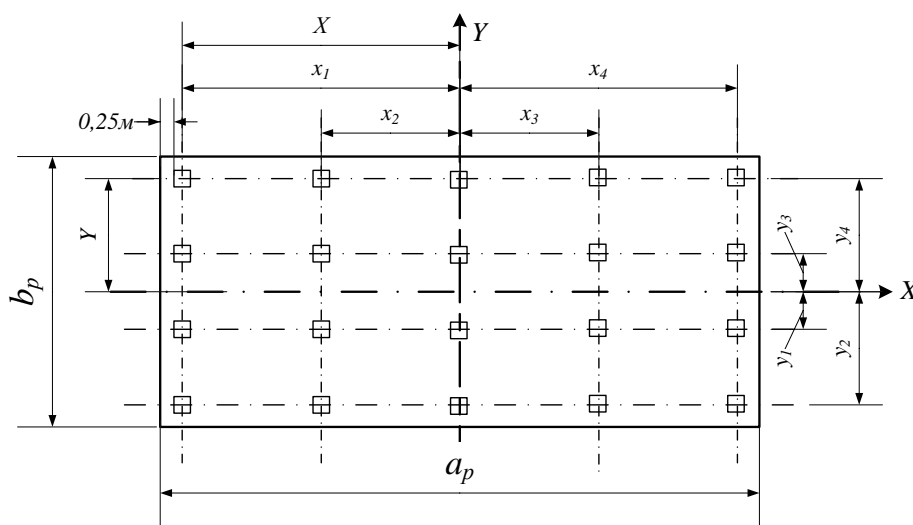
де n – кількість палі; F_R – рівнодіюча розрахункових сил, Н; P_C – розрахунковий опір палі, Н,

$$P_C = \frac{\Phi}{\gamma_g}, \quad (3.21)$$

де γ_g – коефіцієнт надійності за ґрунтом, $\gamma_g = 1,4$; Φ – менше із значень Φ_M або Φ_G , які розраховані за формулами (3.14)÷(3.16).

3.6.2 Розміщення розрахованої кількості паль у ростверку

Відстань між осями забивних висячих паль на рівні їх вістря повинна бути не меншою за $3b_n$ і не більшою за $6b_n$. У цьому випадку забезпечується робота групи висячих паль як умовного масивного фундаменту. Якщо відстань між палями призначена більша ніж $6b_n$, несуча здатність фундаменту визначається складанням несучих здатностей одиночних паль (рисунок 3.5).



X, Y – відстані від головних осей ростверку до осі крайнього ряду паль; x_i, y_i – відстані від головних осей ростверку до центра голови кожної палі

Рисунок 3.5 – Схема до розрахунку навантаження на палю крайнього ряду

Відстань між палями-стояками повинна бути не меншою ніж $1,5b_n$. При палях-стояках умовний масивний фундамент не утворюється і перевірка фундаменту як масивного не виконується. Відстань між палями-оболонками або стовпами на рівні підшви плити ростверку повинна бути не меншою ніж 1 м.

Відстань від краю плити ростверку до грані палі або палі-оболонки приймається не меншою ніж $0,25$ м. Збільшення цієї відстані призводить або до зростання розмірів плити ростверку і перевитрати бетону, або до зменшення відстані між рядами

крайніх паль, що зменшує стійкість фундаменту при дії бокових сил і збільшує навантаження на палі крайнього ряду. Отже, відхід від указанного розміру в бік його збільшення є недоцільним і в будь-якому разі повинен бути обґрунтований.

При розміщенні паль у плиті ростверку доцільно прагнути до парної кількості рядів паль, тому що ряд паль, розміщений уздовж центральної осі плити, при розрахунку навантаження на палі крайнього ряду не приймає додаткових зусиль від діючого моменту сил, що призводить до перенавантаження паль у крайніх рядах. При малій кількості рядів паль (3÷5) з метою одержання парної кількості рядів паль доцільно змінити переріз паль, перерахувати їх несучу здатність і змінити кількість, добиваючись парної кількості рядів, особливо вздовж меншої сторони ростверку.

3.6.3 Уточнення розмірів ростверку

Уточнення розмірів ростверку в плані виконують за розрахованим значенням паль і прийнятою схемою їх розміщення, яку потрібно накреслити в пояснювальній записці. Якщо розрахована кількість паль розміщується у ростверку прийнятих раніше розмірів у плані, то останні залишаються без змін. В іншому випадку, при кількості нерозміщених паль, що не перевищує 20 % від загальної їх кількості, доцільне збільшення плити ростверку, який може бути із уступчастим розвитком. Якщо в плиті ростверку не розміщується біля 50 % усіх паль, доцільно відмовитися від фундаменту на суцільних палях і перейти до інших типів, наприклад, до паль-оболонок або опускних колодязів.

Призначену раніше висоту ростверку H_P , м, уточнюють з конструктивних міркувань і умов міцності за формулою

$$H_P = h_3 + h_{ПР}, \quad (3.22)$$

де h_3 – глибина закладання паль у ростверк, призначається не менше двох розмірів стовбура палі, а при товщині стовбура більше 0,6 м приймають 1,2 м (рисунок 3.6).

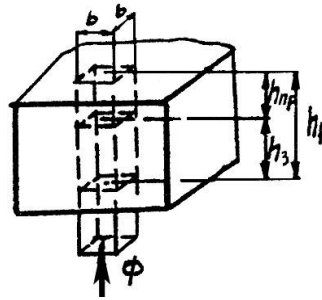


Рисунок 3.6 – Схема до розрахунку висоти ростверку з умов непродавлювання його головою палі

За товщину палі або палі-оболонки приймають:

а) при круглому або багатокутному обрисі – діаметр описаного кола;

б) при квадратному перерізі – сторона квадрата. Допускається замурування залізобетонних палей і палей-оболонки у бетон плити ростверку на величину $0,15$ м за умови, що додатково в плиту ростверку закладають випуски головної арматури без виконання гаків на довжину не менше 20 діаметрів стержнів головної арматури при періодичному профілі і 40 діаметрів стержнів при гладкому профілі арматури. При цьому випуски арматури відгинають під кутом 45° і об'єднують з арматурою сіток, одна з яких укладається на відстані $0,15 \div 0,20$ м від підшви ростверку, а друга – на рівні кінців відігнутих стержнів. Сітки складаються з перехресно розміщених стержнів розподільної арматури $\varnothing 12 \div 20$ мм з кроком $0,1 \div 0,2$ м (рисунок 3.7);

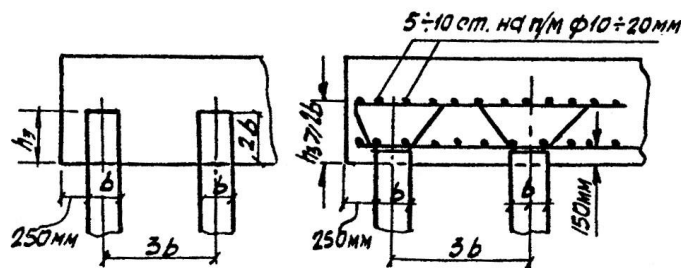


Рисунок 3.7 – Схеми закладання палей у ростверки фундаментів на палях під мостові опори

h_{np} – продавленна товща бетону над головою палі, м, що визначається з умови рівноваги

$$\Phi = h_{\text{ПР}} \times U_C \times R_{\text{bcut}}, \quad (3.23)$$

$$h_{\text{ПР}} = \frac{\Phi}{U_C \times R_{\text{bcut}}}, \quad (3.24)$$

де Φ – максимальна несуча здатність палі зі значень Φ_M або Φ_G , які розраховані за формулами (3.14)÷(3.16); U_C – периметр поперечного перерізу палі; R_{bcut} – граничний опір бетону ростверку на зріз (за таблицею 3.9).

Навантаження від палі передається на бетон ростверку по площі поперечного перерізу палі, але міцність бетону при стискуванні приблизно у 10 разів більша, ніж на зріз, тому руйнування виникає по площі зрізу, яка мінімально дорівнює добутку $h_{\text{ПР}}U_C$ (рисунок 3.6).

4 РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТУ НА ПАЛЯХ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ

4.1 Перевірка фундаменту на палях за першою групою граничного стану

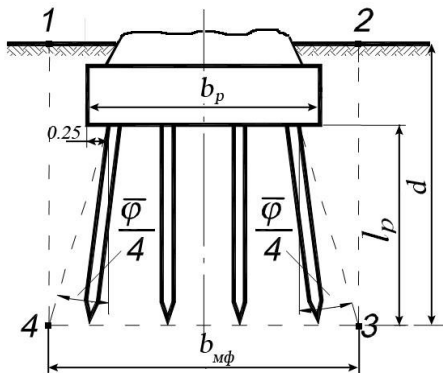
Перевірка несучої здатності за ґрунтом фундаменту на палях як умовного масивного фундаменту мілкового закладання

Умовний масивний фундамент (УМФ) визначають у формі прямокутного паралелепіпеда за контуром 1-2-3-4 (рисунок 4.1).

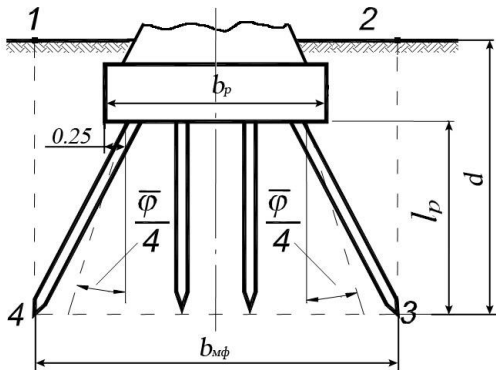
Зазначене на рисунку 4.1 середнє значення розрахункових кутів тертя ґрунтів $\bar{\varphi}$, град, прорізаних палями, слід визначати за формулою

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum \varphi_i \times h_i}{l_p}, \quad (4.1)$$

де φ_i – розрахункове значення кута внутрішнього тертя i -го шару ґрунту, що розташований у межах глибини занурення паль у ґрунт; h_i – товщина i -го шару ґрунту, м; l_p – робоча довжина паль, м.



а) умовний пальовий фундамент з ростверком, заглибленим у ґрунті при куті нахилу паль менше ніж $\bar{\varphi}/4$



б) умовний пальовий фундамент з ростверком, заглибленим у ґрунті при куті нахилу паль більше ніж $\bar{\varphi}/4$

Рисунок 4.1 – Схема формування фундаменту на палях як умовного масивного мілкого закладання:
1-2-3-4 – контур масивного фундаменту

Розміри УМФ у плані $b_{мф}$ та $a_{мф}$, м (рисунок 4.1):

$$b_{мф} = b_p - 2 \times 0,25 + 2l_p \times \overline{\text{tg}} \varphi / 4; \quad (4.2)$$

$$a_{мф} = a_p - 2 \times 0,25 + 2l_p \times \overline{\text{tg}} \varphi / 4, \quad (4.3)$$

вага УМФ

$$Q_{мф} = a_{мф} \times b_{мф} \times d \times \bar{\gamma}, \quad (4.4)$$

де $a_{мф}$, $b_{мф}$, d – довжина, ширина та глибина УМФ; $\bar{\gamma}$ – середня питома вага УМФ, приймається рівною 22000 Н/м^3 .

Середній p , Па, та максимальний тиск p_{max} , Па, у рівні підшви УМФ перевіряють за формулою

$$p = \frac{N_c}{a_{мф} \times b_{мф}} \leq \frac{R_H}{\gamma_n}; \quad (4.5)$$

$$p_{\max} = p + \frac{6a_{\text{мф}} \times (3M_c + 2F_h \times d)}{b_{\text{мф}} \times (k \times d^4 / c_b + 3a_{\text{мф}}^3)} \leq \frac{\gamma_c R_n}{\gamma_n}, \quad (4.6)$$

де N_c – нормальна складова тиску умовного фундаменту на ґрунт основи, Н, визначається з урахуванням ваги ґрунтового масиву 1-2-3-4 разом з розташованими в ньому ростверком і палями, $N_c = 1,1 \times (2P + Q_c + Q_{\text{мф}})$;

p, p_{\max} – середній і максимальний тиски в площині підшви фундаменту, Па;

F_h – горизонтальна складова зовнішнього навантаження, Н, $F_h = 1,2 \times 0,8 \times (W_4 + T) + 1,1 \times E$;

M_c – момент щодо головної осі горизонтального перерізу умовного фундаменту в рівні розрахункової поверхні ґрунту, Нм;

K – коефіцієнт пропорційності, що визначає підвищення з глибиною коефіцієнта постелі ґрунту, розташованого вище підшви фундаменту, і прийнятий за таблицею 4.1;

C_b – коефіцієнт постелі ґрунту в рівні підшви умовного фундаменту, Н/м³, визначається за такими формулами: при $d \leq 10$ м $C_b = 10K$; при $d > 10$ м $C_b = Kd$;

R_n – нормативний опір основи з декількох ґрунтів осьовому стиску, що обчислюється за формулою (3.6);

γ_c – коефіцієнт умов роботи ($\gamma_c = 1$);

γ_n – коефіцієнт надійності за призначенням споруди ($\gamma_n = 1,4$).

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнта K

Ґрунти	Коефіцієнт K , кН/м ⁴
Текучо-пластичні глини і суглинки ($0,75 < I_L \leq 1$)	490 – 1960
М'якопластичні глини і суглинки ($0,5 < I_L \leq 0,75$) Пластичні супіски ($0 \leq I_L \leq 1$) Пилуваті піски ($0,6 \leq e \leq 0,8$)	1961 – 3920
Тугопластичні і напівтверді глини та суглинки ($0 \leq I_L < 0,5$) Тверді супіски ($I_L < 0$) Піски дрібні ($0,6 \leq e \leq 0,75$) Піски середньої крупності ($0,55 \leq e \leq 0,7$)	3921 – 5880
Тверді глини і суглинки ($I_L < 0$) Піски крупні ($0,55 \leq e \leq 0,7$)	5881 – 9800
Піски гравелісті та галька з піщаним наповнювачем ($0,55 \leq e \leq 0,7$)	9801 – 19600

4.2 Перевірка фундаменту на палях за другою групою граничного стану. Розрахунок осідання фундаменту

Згідно із [1] розрахунок ведуть за середнім значенням величин тиску на ґрунт від постійних навантажень за методом пошарового підсумовування осідань шарів, з яких складається товща, що стискається.

Розподіл напружень у товщі основи приймається за теорією однорідного ізотропного лінійно-деформованого півпростору за умови обмеженого розвитку зон пластичної деформації під подошвою фундаменту.

Напруження в основі, що стискається, розподіляються за нелінійним законом, тому товща, що стискається, розбивається на елементарні шари, у межах яких властивості ґрунтів приймаються незмінними, з усередненими значеннями.

Повне осідання s , м, розраховують шляхом підсумовування осідань елементарних шарів s_i , м, у межах товщі за формулою

$$s = \sum_{i=1}^{i=n} s_i \leq s_{\text{дон}}, \quad (4.7)$$

де n – кількість шарів основи у межах товщі, що стискається;

$s_{\text{дон}}$ – припустима величина осідання для споруди цього типу.

Осідання елементарного шару обчислюють за формулою

$$s_i = 0,8 \times \frac{\bar{\sigma}_{zPi} \cdot h_i}{E_i}, \quad (4.8)$$

де E_i – модуль деформації ґрунтів, задається у вигляді середніх значень у межах шару або даними компресійного випробування ґрунтів, Па;

h_i – товщина елементарного шару, приймається не більше $0,4b_{\text{мф}}$ і $h_i \leq 2$ м при будівництві мостів і труб та не більше $0,2b_{\text{мф}}$ для промислово-цивільних споруд, де $b_{\text{мф}}$ – ширина подошви фундаменту;

$\bar{\sigma}_{zpi}$ – середній вертикальний тиск, додатковий до природного тиску, Па, що обчислюється у межах кожного елементарного шару за формулою

$$\bar{\sigma}_{zpi} = (\sigma_{zpi} + \sigma_{zpi+1}) / 2, \quad (4.9)$$

$$\sigma_{zpi} = \alpha_i \times \sigma_{zp0}, \quad (4.10)$$

де α_i – коефіцієнт розсіювання напружень із глибиною, береться відповідно до таблиці 4.2;

σ_{zp0} – вертикальний додатковий тиск під подошвою фундаменту, Па, що обчислюється за формулою

$$\sigma_{zp0} = p - \sigma_{zg0}, \quad (4.11)$$

де p – повний середній тиск під подошвою фундаменту, що обчислюється за формулою (4.5);

σ_{zg0} – природний тиск у рівні подошви фундаменту, Па, що обчислюється за формулою

$$\sigma_{zg0} = \bar{\gamma} \cdot d, \quad (4.12)$$

де $\bar{\gamma}$ – середнє значення питомої ваги ґрунту в межах глибини закладання подошви фундаменту d , відлічуваної від денної поверхні ґрунту або дна водоймища.

Примітка – При розташуванні у водотривких ґрунтах, над якими є шар меженної або ґрунтової води, потрібно врахувати її тиск на покрівлю шару водотривкого ґрунту.

Таблиця 4.2

$\frac{Z_i}{b_{МФ}}$	Коефіцієнт розсіювання напружень α												
	Для круглого в плані фундаменту	Для прямокутного в плані фундаменту при відношенні сторін його підосви $a_{МФ}/b_{МФ}$											
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	4	5	10 і більше
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	0,949	0,968	0,978	0,974	0,975	0,976	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977
0,4	0,756	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,875	0,875	0,879	0,880	0,881	0,881	0,881
0,6	0,547	0,651	0,682	0,703	0,712	0,727	0,757	0,746	0,749	0,753	0,754	0,755	0,755
0,8	0,390	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,623	0,630	0,636	0,639	0,642	0,642
1,0	0,285	0,378	0,414	0,441	0,463	0,482	0,505	0,520	0,529	0,540	0,545	0,550	0,550
1,2	0,214	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,437	0,449	0,462	0,470	0,477	0,477
1,4	0,165	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,369	0,383	0,400	0,410	0,420	0,420
1,6	0,130	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,360	0,374	0,374
1,8	0,106	0,153	0,173	0,192	0,209	0,224	0,250	0,270	0,285	0,305	0,320	0,337	0,337
2,0	0,087	0,127	0,145	0,161	0,176	0,189	0,214	0,233	0,241	0,270	0,285	0,304	0,304
2,2	0,073	0,107	0,122	0,137	0,150	0,163	0,185	0,208	0,218	0,239	0,256	0,280	0,280
2,4	0,062	0,092	0,105	0,118	0,130	0,141	0,161	0,178	0,192	0,213	0,230	0,258	0,258
2,6	0,053	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,157	0,170	0,191	0,208	0,239	0,239
2,8	0,046	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,139	0,152	0,172	0,189	0,228	0,228
3,0	0,040	0,060	0,070	0,078	0,087	0,095	0,110	0,124	0,136	0,155	0,172	0,208	0,208
3,2	0,036	0,053	0,062	0,070	0,077	0,085	0,098	0,110	0,122	0,141	0,158	0,190	0,190
3,4	0,032	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076	0,088	0,100	0,110	0,128	0,144	0,184	0,184
3,6	0,028	0,042	0,049	0,056	0,062	0,068	0,080	0,090	0,100	0,117	0,133	0,175	0,175
3,8	0,024	0,038	0,044	0,050	0,056	0,062	0,072	0,082	0,091	0,107	0,123	0,166	0,166
4,0	0,022	0,035	0,040	0,046	0,051	0,056	0,066	0,075	0,084	0,095	0,113	0,158	0,158
5,0	0,015	0,022	0,026	0,030	0,033	0,037	0,044	0,050	0,056	0,067	0,079	0,126	0,126

Поле деформацій на відміну від поля напружень не поширюється на нескінченно велику глибину й обмежується товщею основи Z , що стискається, верхньою границею якої є рівень підшови фундаменту, а нижньою – рівень, на якому задовольняється умова

$$\sigma_{zpi} = 0,2 \cdot \sigma_{zgi}, \quad (4.13)$$

де σ_{zgi} – природне напруження в i -му шарі від власної ваги розташованих вище шарів ґрунту, Па, що обчислюється за формулою

$$\sigma_{zgi} = \bar{\gamma} \cdot d + \sum_{i=1}^{i=n} h_i \cdot \gamma_i, \quad (4.14)$$

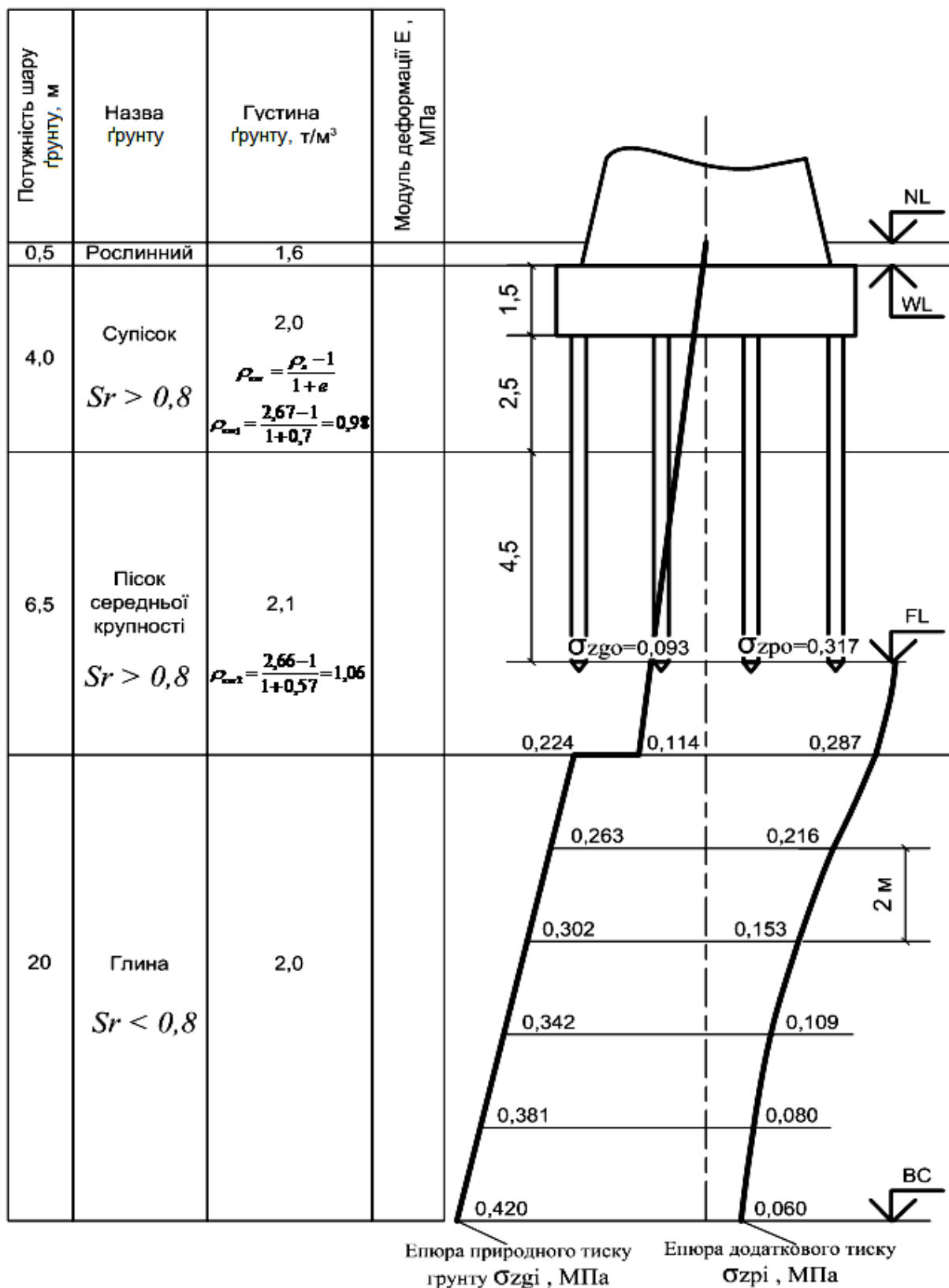
де h_i і γ_i – товщина шару ґрунту і його питома вага.

Отже, для розрахунку осідання фундаменту необхідно визначити осідання кожного елементарного шару і підсумувати їх у межах товщі H_c .

На величину товщі основи, що стискається, істотно впливають властивості ґрунтів, що змінюються залежно від гідрогеологічних умов, які досить різноманітні. Тому першорядним завданням є врахування різниці у гідрогеологічній ситуації, що визначає розрахункове значення питомої ваги ґрунтів і пов'язаних з ним природних напружень. Якщо в товщі водонепроникних ґрунтів, що не є водотривким ґрунтом (наприклад пісок), розташований горизонт ґрунтових вод WL (рисунок 4.2), то значення питомої ваги піску вище WL і нижче нього будуть відрізнятися. Питому вагу ґрунту нижче WL доцільно визначати за формулами

$$\gamma_{ze} = \gamma - \gamma_w; \quad \gamma_{ze} = g \cdot \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e}, \quad (4.15)$$

де γ – питома вага ґрунту, Н/м³; γ_w – питома вага води, Н/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²; ρ_s – густина часток ґрунту, кг/м³; ρ_w – густина води, кг/м³; e – коефіцієнт пористості ґрунту.



NL – позначка поверхні ґрунту; FL – позначка підшви фундаменту;
 WL – рівень підземних вод; BC – нижня границя товщі ґрунту, що стискається

Рисунок 4.2 – Схема до розрахунку осідання фундаменту на палях

Досить часто під водоносним шаром пісків розташовується глинистий ґрунт, що при ступені вологості $S_r < 0,8$ зазвичай є водотривким шаром ґрунту. У цьому випадку потрібно врахувати, що на покрівлю водотривкого шару діє повний природний тиск, який включає тиск шару ґрунту і води

$$\sigma_{zgi}' = \sigma_{zgi} + \gamma_w \cdot h_w, \quad (4.16)$$

де γ_w і h_w – питома вага і товща води над покрівлею водотриву.

Розрахунок осідання можна виконувати у табличній формі (таблиця 4.3) у такій послідовності:

1) спочатку встановлюють товщину елементарного шару h_i , яка для першого шару буде дорівнювати z . Далі z буде збільшуватися кратно h_i . Значення z заносять у таблицю 4.3. Перше значення $z = 0$;

2) розраховують значення природних тисків на межах шарів, на межах зміни гідрогеологічної ситуації, рівні підосви фундаменту, результати заносять у таблицю 4.3;

3) визначають додатковий тиск на рівні підосви фундаменту σ_{zpo} і, множачи його на коефіцієнт α для кожного нового значення z , розраховують значення σ_{zpi} на границях елементарних шарів;

Таблиця 4.3

z_i , м	$z_i / b_{мф}$	α_i	σ_{zgi} , МПа	σ_{zpi} , МПа	$\bar{\sigma}_{zgi}$, МПа	$\bar{\sigma}_{zpi}$, МПа	$\bar{\sigma}_{zgi} + \bar{\sigma}_{zpi}$, МПа	E_i , МПа	s_i , м	$s = \sum s_i$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

4) знаходять середні значення тисків і заносять їх у таблицю 4.3;

5) якщо деформативні характеристики ґрунтів надані середніми значеннями модуля деформації для одного або декількох шарів ґрунту, тоді є усі дані для розрахунку осідання;

6) далі за формулою (4.8) розраховують осідання цього шару і заносять його у таблицю 4.3;

7) вказані дії періодично повторюють для наступних елементарних шарів ґрунту, доки не буде виконуватися умова (4.13). У тому рівні і буде розташована нижня границя стисненої зони ВС (рисунок 4.2), у межах якої за формулою (4.7) розраховують повне осідання фундаменту.

8) величина розрахованого осідання не повинна перевищувати допустимих значень s_{don} , тобто $s \leq s_{don}$.

Допустиме рівномірне осідання опори мосту

$$s_{don} = 1,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{L}, \quad (4.17)$$

де L – довжина меншого примикаючого прогону мосту.

Різниця рівномірних осідань суміжних опор

$$\Delta s = 7,5 \cdot 10^{-3} \sqrt{L}. \quad (4.18)$$

Приклад розрахунку осідання опори мосту

Характеристики ґрунтів, позначки фундаменту та епюри тисків наведені на рисунку 4.2. Визначаємо вертикальний тиск від власної ваги ґрунту в рівні підшви УМФ з урахуванням виважувальної дії води. Для цього знаходимо середню питому вагу ґрунту

$$\bar{\gamma} = \frac{9,81 \cdot (1,6 \cdot 0,5 + 0,98 \cdot 4 + 1,06 \cdot 4,5)}{0,5 + 4 + 4,5} = 10,3 \text{ кН/м}^3,$$

тоді за формулою (4.12) $\sigma_{zgo} = 10,3 \cdot (0,5 + 4 + 4,5) = 93,10 \text{ кПа}$.

Середній тиск під підшовою УМФ $P=410 \text{ кПа}$ був визначений раніше при розрахунку за першою групою граничного стану.

Додатковий тиск під підшовою УМФ за формулою (4.11) $\sigma_{zpo} = 410 - 93,1 = 316,90 \text{ кПа}$.

При розмірі УМФ у плані 6×12 співвідношення його сторін

$$\frac{a_{мф}}{b_{мф}} = \frac{12}{6} = 2.$$

Максимальна товщина елементарних шарів, на які розділяємо товщу ґрунту, що стискається, дорівнює $0,4 \cdot b_{мф} = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ м (але не повинна перевищувати 2 м). Оскільки $2,4 > 2$, приймаємо $h_i = 2$ м.

Осідання першого елементарного шару ґрунту розраховуємо за формулою (4.8)

$$s = 0,8 \frac{0,303 \cdot 2}{28,14} = 1,72 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Другий елементарний шар ґрунту (глина пластична):

$$\bar{\sigma}_{zg2} = 0,227 \text{ МПа}; \quad \bar{\sigma}_{zg2} + \bar{\sigma}_{zp2} = 0,227 + 0,255 = 0,482 \text{ МПа};$$

$$s = 0,8 \frac{0,255 \cdot 2}{17,98} = 2,27 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Аналогічно виконуємо подальші розрахунки, а їх результати заносимо до таблиці 4.4. За результатами розрахунку будуємо епюри природного σ_{zgi} та додаткового σ_{zpi} тисків на аркуші графічної частини курсового проекту.

Таблиця 4.4

z_i , м	$z_i / b_{мф}$	α_i	σ_{zgi} , МПа	σ_{zpi} , МПа	$\bar{\sigma}_{zgi}$, МПа	$\bar{\sigma}_{zpi}$, МПа	$\bar{\sigma}_{zgi} + \bar{\sigma}_{zpi}$, МПа	E_i , МПа	s_i , м
0	0	1,00	0,093	0,315					
2	0,333	0,920	0,117	0,287	0,106	0,303	0,409	28,20	0,0215
			0,207		0,227	0,255	0,482	17,92	0,0285
4	0,667	0,700	0,247	0,216	0,267	0,180	0,447	13,91	0,0518
6	1,000	0,480	0,287	0,153	0,307	0,135	0,442	17,36	0,0156
8	1,333	0,350	0,327	0,120	0,347	0,100	0,447	19,26	0,0104
10	1,667	0,240	0,367	0,080	0,371	0,082	0,453	21,05	0,0078
12	2,000	0,189	0,407	0,060	0,375	0,084			
								$\Sigma s_i =$	0,1356

При довжині прогону мосту $L=88$ м допустима величина осідання за формулою (4.17) дорівнює

$$s_{\text{дон}} = 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{88} = 0,1974 \text{ м.}$$

Оскільки визначене нами осідання $s = 0,1356$ м менше від допустимого, тому умова $s \leq s_{\text{дон}}$ задовольняється.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. Київ : Держбуд, 2006. 350 с.

2 ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 104 с.

3 ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95). Ґрунти. Класифікація. Київ : Держкоммістобудування, 1997. 52 с.

4 ДСТУ Б В.2.6-65:2008. Конструкції будинків і споруд. Палі залізобетонні. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 70 с.

5 Розрахунки несучої здатності і технологія закріплення основ будівель і споруд залізничного транспорту : навч. посіб. / А. М. Плугін та ін. Харків : УкрДАЗТ, 2011. Ч. 1. 118 с.

6 Розрахунки несучої здатності і технологія закріплення основ будівель і споруд залізничного транспорту: навч. посіб. / А. М. Плугін та ін. Харків : УкрДАЗТ, 2012. Ч. 2. 220 с.

ДОДАТОК А

Довідкові матеріали

Таблиця А.1

Глибина занурення нижнього кінця палі, м	Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі R , МПа										
	Піщаних ґрунтів середньої щільності										
	Крупний	Середньої крупності	Дрібний	Гравелистий					Пилуватий		
				0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
Глинистих ґрунтів при I_L , рівному											
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6				
3	6,6	3,1	2	7,5	4	3	2	1,2	1,1	0,6	
4	6,8	3,2	2,1	8,3	5,1	3,5	2,5	1,6	1,25	0,7	
5	7	3,4	2,2	8,8	6,2	4	2,8	1,9	1,3	0,8	
7	7,3	3,7	2,4	9,7	6,9	4,5	3,3	2,2	1,4	0,85	
10	7,7	4	2,6	10,5	7,3	5	3,5	2,5	1,5	0,9	
15	8,2	4,4	2,9	11,7	7,6	5,6	4,1	2,9	1,6	1	
20	8,5	4,8	3,2	12,6	8,5	6,2	4,5	3,2	1,8	1,1	
25	9	5,2	3,5	13,4	9	6,8	5,2	3,5	1,95	1,2	
30	9,5	5,6	3,8	14,2	9,5	7,4	5,6	3,8	2,1	1,3	
35	10	6	4,1	15	10	8	6	4,1	2,25	1,4	
Примітки											
1 Глибину занурення нижнього кінця палі слід приймати від поверхні природного рельєфу.											
2 Глибину занурення нижнього кінця палі в акваторіях слід приймати від рівня дна водоймища.											
3 Для проміжних значень глибини занурення палі та I_L глинистих ґрунтів значення R визначається за інтерполяцією.											
4 Для щільних пісків значення R слід збільшувати на 60 %, але не більше 20 МПа											

Таблиця А.2

Середня глибина розташування шару ґрунту, м		Розрахунковий опір на боковій поверхні палі f , кПа									
		Піщаних ґрунтів середньої щільності					Глинистих ґрунтів при I_L рівному				
		Крупний, середньої крупності	Дрібний	Пилуватий							
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1		35	23	15	12	8	4	4	3	2	
2		42	30	21	17	12	7	5	4	4	
3		48	35	25	20	14	8	7	6	5	
4		53	38	27	22	16	9	8	7	5	
5		56	40	29	24	17	10	8	7	6	
6		58	42	31	25	18	10	8	7	6	
8		62	44	33	26	19	10	8	7	6	
10		65	46	34	27	19	10	8	7	6	
15		72	51	38	28	20	11	8	7	6	
20		79	56	41	30	20	12	8	7	6	
25		86	61	44	32	20	12	8	7	6	
30		96	66	47	34	21	12	9	8	7	
35		100	70	50	36	22	13	9	8	7	
Примітки											
1 Середню глибину занурення нижнього кінця палі слід приймати від поверхні природного рельєфу.											
2 Середню глибину занурення нижнього кінця палі в акваторіях слід приймати від рівня дна водоймища.											
3 Для проміжних значень середньої глибини занурення палі та I_L глинистих ґрунтів значення f визначається за інтерполяцією.											
4 При визначенні f пласти ґрунту слід розділити на однорідні шари завтовшки не більше 2 м.											
5 Для щільних пісків значення f слід збільшувати на 30 %											

Таблиця А.3

Способи занурювання палей і види ґрунтів	Коефіцієнти умов роботи ґрунту, які враховують незалежно один від одного при розрахунку несучої здатності забивних висячих палей	
	під нижнім кінцем палі m_R	на боковій поверхні палі m_f
Занурення забиванням суцільних і порожнистих із закритим нижнім кінцем палей механічними (підвісними), повітряними і дизельними молотами	1,0	1,0
Занурення забиванням у спочатку пробурені свердловини (лідери) із заглибленням кінців палей не менше 1 м нижче забою свердловин при її діаметрі:		
а) рівному стороні квадратної палі;	1,0	0,5
б) на 5 см менше сторони квадратної палі;	1,0	0,6
в) на 15 см менше сторони квадратної палі або діаметра круглої (для опор ліній електропередач)	1,0	1,0
Занурення з підмивом у піщані ґрунти за умови добивання палі на останньому метрі занурення без застосування підмиву	1,0	0,9
Віброзанурення і вібровдавлювання у ґрунти:		
а) піщані середньої щільності, піски крупні і середньої крупності;	1,2	1,0
б) піски дрібні;	1,1	1,0
в) при діаметрі порожньої палі 40 см і менше;	1,0	1,0
г) при діаметрі палі більше 40 см	0,7	1,0
Занурення будь-яким способом порожнистих круглих палей із закритим нижнім кінцем на глибину 20 м і більше з наступним улаштуванням у нижньому кінці палі камуфляжного розширення у піщаних ґрунтах середньої щільності, у глинистих ґрунтах з показником текучості $I_L \geq 0,5$ при діаметрі розширення, рівному:		
а) 1,0 м незалежно від указаних видів ґрунту;	0,9	1,0
б) 1,5 м у пісках і супісках;	0,8	1,0
в) 1,6 м у суглинках і глинах	0,7	1,0
Примітка – Коефіцієнти m_R і m_f для глинистих ґрунтів з показником текучості $0 < I_L < 0,5$ визначаються інтерполяцією		

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуальних завдань
з дисципліни

«МЕХАНІКА ГРУНТІВ, ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ»

Відповідальний за випуск Трикоз Л. В.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 07.07.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,75. Тираж 5. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018