

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

## **ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 "Будівництво та  
цивільна інженерія"

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
на засіданні кафедри технологій  
зварювання та будівництва №15 від  
30.06.2021 р.

**Чернігів НУ «ЧП» 2021**

Технологія зведення спеціальних будівель і споруд. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" /Укл.: Болотов М.Г., Болотов Г.П. – Чернігів: ЧНТУ, 2021. – 45с.

Укладачі: Болотов Максим Геннадійович, кандидат технічних наук, доцент;  
Болотов Геннадій Павлович, доктор технічних наук, професор.

Відповідальний за випуск: Прибисько Ірина Олександрівна, завідувач кафедри технологій зварювання та будівництва, кандидат технічних наук, доцент Національного університету «Чернігівська політехніка»

Рецензент: Ганєєв Тимур Рашитович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва Національного університету «Чернігівська політехніка»

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Лабораторна робота №1 - Розрахунок на стійкість підпiрної стiни.....	5
2. Лабораторна робота №2 - Розрахунок параметрiв i вибiр обладнання для заглиблення паль.....	18
3. Лабораторна робота № 3 - Розрахунок параметрiв термосного витримування бетону в залiзобетонних конструкцiях.....	26
4. Лабораторна робота № 4 - Вибiр баштових кранiв за технiчними параметрами.....	30
5. Лабораторна робота № 5 - Вибiр самохiдних стрiлових кранiв за технiчними параметрами.....	36
Рекомендована лiтература.....	41

## ВСТУП

Навчальна дисципліна "Технології зведення спеціальних будівель і споруд" є однією з профільюючих дисциплін фахової підготовки магістрів-будівельників. Її метою є освоєння здобувачами вищої освіти теоретичних та практичних засад технології зведення спеціальних будівель і споруд в процесі виконання підготовчих робіт, їх спорудження, реконструкції і експлуатації з широким застосуванням передових методів праці, новітніх технологій будівельно-монтажних і оздоблювальних робіт, сучасних, ефективних матеріалів, будівельних машин і механізмів, автоматизації будівельних процесів тощо.

У результаті виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни "Технології зведення спеціальних будівель і споруд" здобувач вищої освіти повинен знати: основні поняття елементів технологічного проектування спеціальних будівель, вимоги, що висуваються до таких будівель вміти самостійно розробляти технологічну карту на будівельно-монтажні роботи при зведенні споруд спеціального призначення.

Дана цикл лабораторних робіт виконується в рамках вивчення тем робочої програми навчальної дисципліни "Технології зведення спеціальних будівель і споруд". При її складанні дотримані всі методичні рекомендації для складання подібних вказівок для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти.

# Лабораторна робота №1

## РОЗРАХУНОК НА СТІЙКІСТЬ ПІДПІРНОЇ СТІНИ

**Мета роботи:** Ознайомлення з методикою розрахунку підпірної стінки і визначення її геометричних розмірів виходячи із стійкості стінки та міцності її конструкції.

### 1.1 Короткі теоретичні відомості

Підпірними стінками називають споруди, що призначені для утримання ґрунту від обриву. У конструктивному відношенні розрізняють три типи підпірних стінок: масивні, кутові та шпунтові (рисунок 1.1).

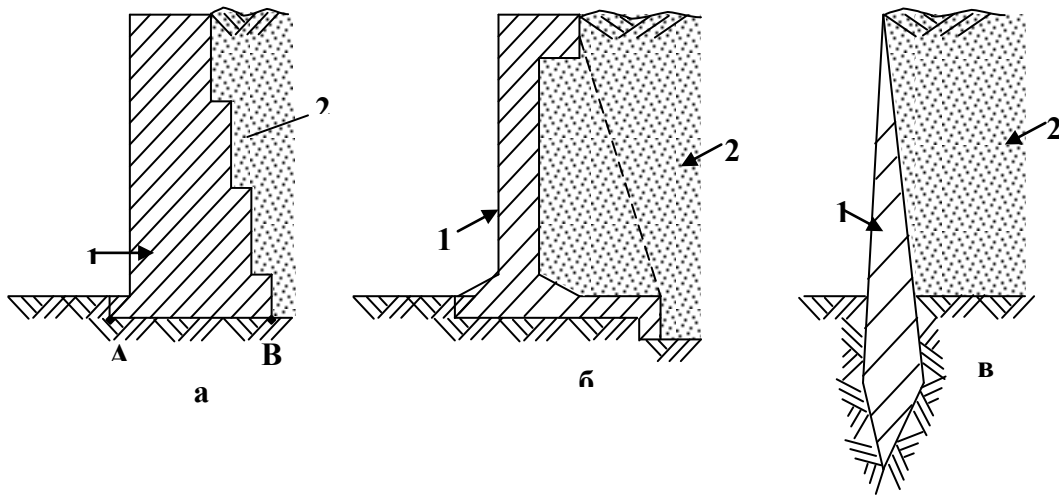


Рисунок 1.1 Основні типи підпірних стінок: а - масивна; б - кутова; в - шпунтова; 1 - підпірна стінка; 2 - ґрунтова засипка

Масивні підпірні стінки мають поперечний переріз з розмірами приблизно одного порядку і споруджуються із монолітного бетону, каменю або цегли на цементному розчині. Кутові підпірні стінки складаються із двох плит - вертикальної (огорожуючої) та горизонтальної (фундаментної) і споруджуються із залізобетону. Шпунтові підпірні стінки являють собою металеві, залізобетонні або дерев'яні бруски, які забивають в ґрунт і створюють суцільний ряд. Берегові опори мостів (устої) також належать до підпірних стінок.

Підпірна стінка може утримувати ґрунт від обриву, якщо вона має достатню стійкість проти перекидання та зсуву. Зовнішні навантаження, які дають на підпірну стінку, складаються з активного і пасивного тиску, привантаження на його поверхні та тиску води. Для забезпечення стійкості стінки вона повинна мати достатню власну вагу. Економія матеріалу досягається раціональним конструюванням стінки.

## 1.2 Методика розрахунку

### 1.2.1. Визначення характеристик ґрунту

Вважатимемо, що засипка спороджується із місцевого ґрунту, тип якого відомий, тому що можуть бути встановлені в лабораторії вологості на межі текучості та пластичності цього ґрунту.

У розрахунках тиску на підпірну стінку беруть участь такі характеристики ґрунту засипки:

1. Щільність часток ґрунту,  $\rho_s$ ;
2. Щільність ґрунту,  $\rho$ ;
3. Щільність скелета ґрунту,  $\rho_d$ ;
4. Кут внутрішнього тертя ґрунту,  $\phi$ .

Щільність часток ґрунту коливається в досить вузьких межах і може бути вибрана за даними таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Ґрунт	Щільність часток ґрунту Щільність часток ґрунту $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	
	Діапазон	Середня
Пісок	2,65-2,67	2,66
Супісок	2,68-2,72	2,70
Суглинок	2,69-2,73	2,71
Глина	2,71-2,76	2,74

Щільність ґрунту і скелета ґрунту засипки не можуть бути визначені в натурі до проектування підпірної стінки набережної, оскільки засипку роблять після спорудження підпірної стінки. Тому значення  $\rho_d$  і  $\rho$  повинні бути розраховані.

При визначенні  $\rho_d$  слід врахувати, що ґрунт засипки підпірної стінки одночасно є ґрунтом земляного полотна автомобільної дороги. Тому можна скористатися нормативними значеннями коефіцієнта ущільнення ґрунту земляного полотна. Розрахунок здійснюють за наступною формулою:

$$\rho_d = K_y \rho_{dmax}, \quad (1)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт ущільнення ґрунту;  $\rho_{dmax}$  - максимальна щільність скелета ґрунту при стандартному ущільненні.

Найменше значення  $K_y$  нормується залежно від дорожньо-кліматичної зони, типу дорожнього покриття та глибини розміщення шару від поверхні покриття. У середньому для оцінки  $\rho_d$  ґрунту засипки приймається рівним  $K_y = 0,95$ .

Максимальна щільність скелета ґрунту при стандартному ущільненні визначається за формулою:

$$\rho_{dmax} = \frac{\rho_s}{1 + 1,19w_{opt} \rho_s / \rho_w} \quad (2)$$

де  $W_{opt}$  - оптимальна вологість стандартного ущільнення, долі одиниці;  $\rho_w$  - щільність води, приймають  $\rho_w = 1$ .

За прийнятими у нашій країні параметрами стандартного ущільнення, оптимальна вологість визначається як:

$$W_{opt} = \alpha W_L, \quad (3)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, який береться для супісків 0,7, суглинків легких – 0,6, суглинків важких – 0,55, глин – 0,5;  $W_L$  - межа текучості.

Таким чином, щільність скелету ґрунту засипки можна визначити за формулою (1) з урахуванням формул(2) та (3).

Щільність ґрунту знаходиться як:

$$\rho = (1+w)\rho_d, \quad (4)$$

де  $w$  – вологість ґрунту, долі одиниці.

Вологість ґрунту засипки ( $w$ ) також не може бути визначена у натурі до проектування підпірної стінки. Але можна вважати, що в ґрунті вище від рівня ґрунтових вод доля заповнених водою, тобто міра вологості ґрунту  $S_y$  - не перевищує 0,84, оскільки цьому значенню відповідає створення системи повітряних бульбашок, не зв'язаних між собою і з атмосферним повітрям. Тоді з формули для міри вологості не мерзлого ґрунту:

$$S_y = \frac{\rho_s w}{\rho_w e}, \quad (5)$$

При  $S_y = 0,84$  маємо формулу для визначення найбільшої вологості ґрунту засипки:

$$w = 0,84 \frac{\rho_w}{\rho_s} e, \quad (6)$$

де  $e$  – коефіцієнт щільності ґрунту, що зв'язаний із щільністю скелета наступною залежністю:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1, \quad (7)$$

З урахування виразу (7) для оцінки вологості трифазного ґрунту засипки маємо вираз:

$$w = 0,84 \left( \frac{\rho_w}{\rho_d} - \frac{\rho_w}{\rho_s} \right), \quad (8)$$

Механічні характеристики ґрунтів, у тому числі кут внутрішнього тертя, при відсутності можливості проведення лабораторних випробувань визначають, користуючись присутніми кореляційними зв'язками між їх механічними та фізичними властивостями. У таблицях 1.2 та 1.3 наведено нормативні значення механічних характеристик кількох ґрунтів осадочного походження, які отримані шляхом статичної обробки результатів випробувань ґрунтів. Щоб знайти кут внутрішнього тертя для піщаних ґрунтів, досить знайти за формулою (7) коефіцієнт шпаруватості, а для пилувато-глинистих ще й показник консистенції.

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} \quad (9)$$

де  $W$  – вологість ґрунту, яка уже знайдена за формулою (8).

Таким шляхом можуть бути встановлені необхідні значення характеристик  $\rho_s, \rho, \rho_d, \phi$  для ґрунту засипки.

Таблиця 1.2

Нормативні значення питомого зчеплення  $C_n$  (кПа), кута внутрішнього тертя  $\phi_n$  (град.) і модуля деформації  $E$  (МПа) піщаних ґрунтів

Піщані ґрунти	Позначення	Характеристики ґрунтів при коефіцієнті шаруватості $e$ , що дорівнює			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелісті та крупні	$C_n$	2	1	-	-
	$\phi_n$	43	40	38	-
	$E$	50	40	30	-
Середньої крупності	$C_n$	3	2	1	-
	$\phi_n$	40	38	35	-
	$E$	50	40	30	-
Мілкі	$C_n$	6	4	2	-
	$\phi_n$	38	36	32	28
	$E$	48	38	28	18
Пилуваті	$C_n$	8	6	4	2
	$\phi_n$	36	34	30	26
	$E$	39	28	18	11

\* Примітка. Характеристики піщаних ґрунтів належать до кварцових пісків із зернами різної округленості незалежно від міри вологості ґрунтів  $S_y$



Таблиця 1.3

Нормативні значення питомого зчеплення  $C_n$  (кПа) і кута внутрішнього тертя  $\varphi_n$  (град) пілувато-глинистих нелісових ґрунтів

Ґрунти і межі нормативних значень їх показника консистенції	Позначення	Характеристики ґрунтів при коефіцієнті шаруватості $e$ , що дорівнює						
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
<b>Супіски</b>								
$0 \leq I_L \leq 0,25$	$C_n$	21	17	15	13	-	-	-
	$\varphi_n$	30	29	27	24	-	-	-
$0,25 \leq I_L \leq 0,75$	$C_n$	19	15	13	11	9	-	-
	$\varphi_n$	28	26	24	21	18	-	-
<b>Суглинки</b>								
$0 \leq I_L \leq 0,25$	$C_n$	47	37	31	25	22	19	-
	$\varphi_n$	26	25	24	23	22	20	-
$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	$C_n$	39	34	28	23	18	15	-
	$\varphi_n$	24	23	22	21	19	17	-
$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	$C_n$	-	-	25	20	16	14	12
	$\varphi_n$	-	-	19	18	16	14	12
<b>Ґлини</b>								
$0 \leq I_L \leq 0,25$	$C_n$	-	81	68	54	47	41	36
	$\varphi_n$	-	21	20	19	18	16	14
$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	$C_n$	-	-	57	50	43	37	32
	$\varphi_n$	-	-	18	17	16	14	11
$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	$C_n$	-	-	45	41	36	33	29
	$\varphi_n$	-	-	15	14	12	10	7

### 1.2.2. Визначення тиску на стінку

Для визначення перекидаючого моменту та зсуваючих сил попередньо повинен бути визначений боковий тиск на стінку з боку ґрунтової засипки (активний тиск).

При розрахунку підпірної стінки найбільший вплив на стінку виникає, коли на поверхні ґрунтової «засипки» знаходиться тимчасове навантаження у вигляді транспортних засобів, ґрунт засипки зволожений і вода у засипці знаходиться вище від рівня води у річці (рисунок 1.2).

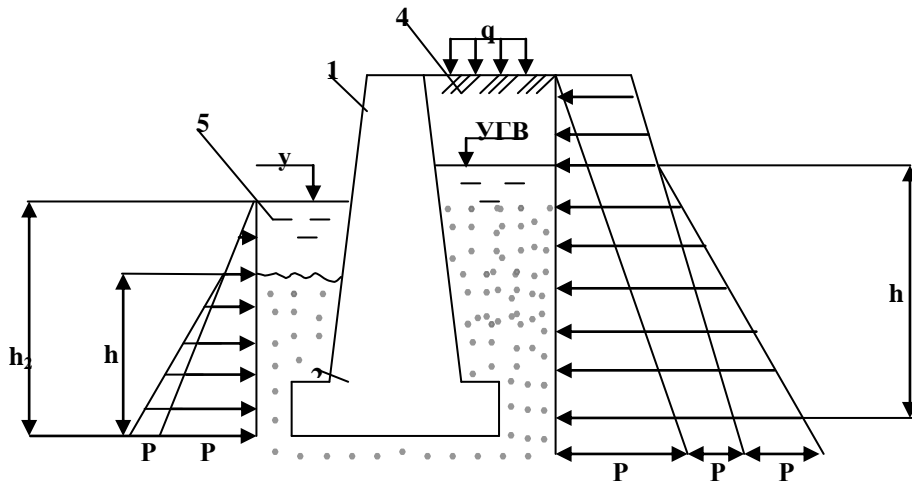


Рисунок 1.2 Тиск на підпірну стінку: 1 – підпірна стінка; 2 – обріз фундаменту стінки; 3 – підшошва фундаменту стінки; 4 – ґрунт засипки; 5 – річка

Оскільки реальний рівень води (при раптовому спаді води у річці або надходженні води у засипку через аварії водопровідних магістралей) передбачити важко, то вважають, що рівень ґрунтової води у річці.

Тиск на стінку з боку набережної складається з горизонтального тиску ґрунтової засипки; горизонтального тиску, зумовленого дією тимчасового навантаження від проїжджаючих по набережній автомобілів і горизонтального тиску ґрунтової води. Розглянемо докладніше визначення цих тисків.

Під дією ґрунтової засипки, яка прагне зсунути та повернути стінку від ґрунту, стінка сприймає з боку засипки тиск, який називається активним. Активний тиск ґрунту визначають на основі гіпотези Кулона про плоску поверхню зсуву, яка проходить через нижнє ребро задньої грані підпірної стінки (рисунок 1.3).

При визначенні тиску ґрунтової засипки на стінку часто використовують два спрощених допущення, які йдуть у запас міцності: 1 - нехтують питомим зчепленням ґрунту (тобто беруть  $C=0$ ), вважаючи його незв'язним; 2 - вважають задню грань стінки гладкою.

У разі незначного зсуву стінки ґрунту отримує поперечне розширення і в ньому настає гранична рівновага на зсув, яка характеризується умовою Кулона, вираженою через головні напруги:

$$\tau_a = \frac{1}{2\cos\varphi} [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \cdot \sin\varphi] \leq C$$

або

(10)

$$\sigma_3 = \sigma_1 \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2C \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Якщо зчеплення відсутнє, то:

$$\sigma_3 = \sigma_1 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (11)$$

де  $\sigma_1, \sigma_3$  - головні напруги у ґрунті;  $\varphi$  - кут внутрішнього тертя ґрунту, град.

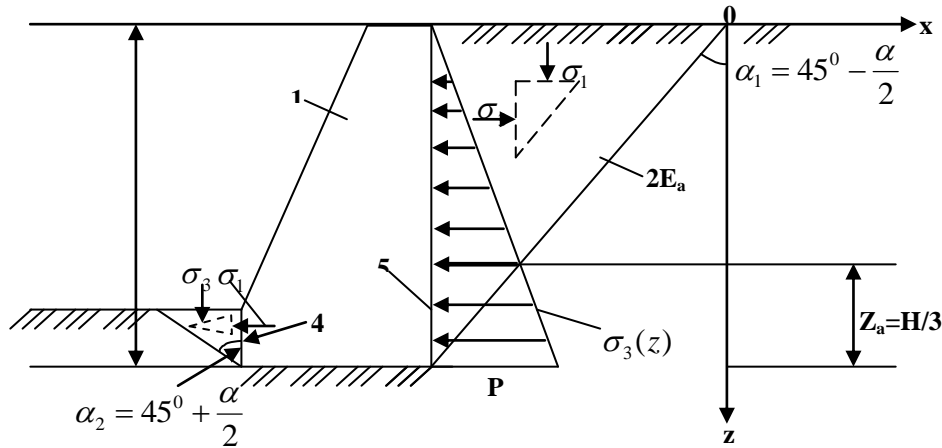


Рисунок 1.3 Схема розрахунку тиску від власної ваги ґрунту засипки на підпірну стінку: 1 – підпірна стінка; 2 – площина зсуву утримуючої призми обрушення при активному тиску; 3 – площина зсуву при пасивному тиску; 4 – передня грань стінки; 5 – задня грань підпірної стінки

Оскільки вертикальна грань стінки вважається гладкою, вертикальна площина на контакті ґрунту із стінкою є однією з трьох головних площин. Тому найменша головна напруга у ґрунті  $\sigma_3$  спрямлена горизонтально (див. рисунок 1.3); найбільша  $\sigma_1$  - вертикально (проміжна  $\sigma_2$  - перпендикулярно до площі креслення), тобто  $\sigma_x = \sigma_3, \sigma_z = \sigma_1, \sigma_y = \sigma_2$ .

Вертикальна напруга  $\sigma_z$  у ґрунті засипки від дії його власної ваги лінійно збільшується з глибиною від поверхні ґрунту:

$$\sigma_z(z) = \sigma_1(z) = \rho g z \quad (12)$$

де  $\rho$  - щільність ґрунту;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $z$  – глибина точки, в якій визначається напруга, від поверхні засипки.

Якщо підставити (12) у (11), дістанемо горизонтальну напругу у ґрунті, розміщеному за задньою гранню стінки:

$$\sigma_x(z) = \sigma_3(z) = \rho g z \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (13)$$

Ця напруга у ґрунті дорівнює горизонтальному тиску ґрунту на задню вертикальну грань підпірної стінки (див. рисунок 1.3), який досягає найбільшого значення  $p$  біля нижнього ребра задньої грані стінки (на глибині  $z=h$ ):

$$p = \rho g H \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (14)$$

При проектуванні підпірних стін додатково вводиться коефіцієнт надійності від навантаження  $\gamma_f$ , з урахуванням якого:

$$p = \gamma_f \rho g H \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (15)$$

де  $\gamma_f = 1.1$ .

Рівнодіюча  $E_a$  горизонтального активного тиску від власної ваги ґрунту на вертикальну задню грань стінки прикладена в центрі ваги трикутної епюри тиску (див. рисунок 1.3), яка дорівнює площі епюри і визначається (з розрахунку на одиницю довжини стінки) за формулою:

$$E_a = 0,5 p H \quad (16)$$

де  $p$  - знаходять за формулою (15).

Вплив тимчасового навантаження від автомобілів враховують, замінюючи їх еквівалентним вертикальним навантаженням, рівномірно розміщеним за шириною і довжиною дороги з інтенсивністю  $q$  (рисунок 1.4).

Рухоме навантаження від транспортних засобів на автомобільній дорозі розміщують безпосередньо за задньою гранню (фактичною або фіктивною) стіни, впритул до цієї грані.

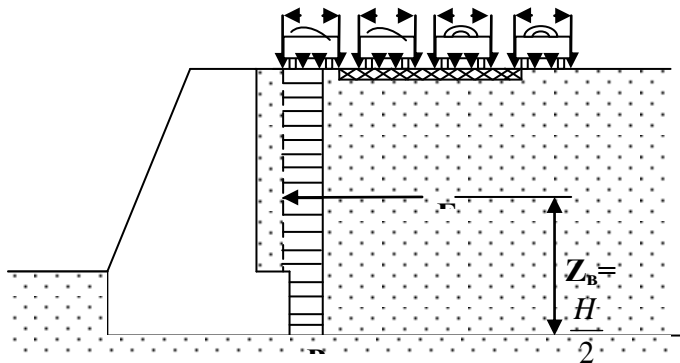


Рисунок 1.4 Схема розрахунку тиску ґрунту засипки на підпірну стінку від тимчасового навантаження на поверхню засипки

Для спрощення можна вважати, що виникла вимушена зупинка колони автомобілів. Довжина автомобілів  $D$ , ширина  $\Pi$ , причому за шириною дороги відстань  $З$  між кузовами сусідніх автомобілів дорівнює  $0,5\text{м}$ , а відстань між сусідніми автомобілями уздовж дороги дорівнює довжині автомобіля. Тоді один автомобіль з вантажем припадає на відстань  $(\Pi+З)$  за шириною дороги і на відстані за довжиною, тобто інтенсивність еквівалентного рівномірно розподіленого вертикального навантаження:

$$q = \frac{m_b g}{2D(Ш + 3)} \quad (17)$$

Значення  $m_b$ ,  $D$ ,  $Ш$  для деяких поширених автомобілів наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Параметри найбільш розповсюджених будівельних вантажних автомобілів

Марка автомобіля	Довжина $D$ , м	Ширина $Ш$ , м	Маса з вантажем $m_b$ , т
ЗІЛ-133-Г2	9,00	2,50	17,2
ЗІЛ-133-ГЯ	9,04	2,50	17,8
КамАЗ-53212	8,53	2,50	18,4
МАЗ-5335	7,25	2,50	15,0
МАЗ-53352	8,53	2,50	16,0
КрАЗ-257БЛ	9,64	2,65	22,5
КрАЗ-260	9,03	2,72	22,0

Вертикальне рівномірно розподілене навантаження з інтенсивністю  $q$  викликає у ґрунті засипки вертикальну нормальну напругу  $\sigma_{зв} = \sigma_{1в} = q$  на будь-якій глибині  $z$  від поверхні засипки. Тому з урахуванням формули (11) горизонтальний тиск на стінку  $\sigma_{зв}$  від тимчасового навантаження за висотою стінки не змінюється  $\sigma_{зв}(z) = \text{const} = P_B$  і становить:

$$P_B = \gamma_f q \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (18)$$

де  $\gamma_f$  коефіцієнт надійності за навантаженням до тимчасового автомобільного рівномірно розподіленого навантаження  $\gamma_f = 1,2$ .

Рівнодіюча горизонтального тиску від тимчасового рівномірно розподіленого навантаження на вертикальну задню грань стінки прикладена у центрі ваги прямокутної епюри тиску (див. рис. 1.4), дорівнює площі цієї епюри і визначається (з розрахунку на одиницю довжини стінки) за формулою:

$$E_B = P_B H \quad (19)$$

Оскільки вважається, що в засипці на рівні  $h_1$ , від підшви фундаменту стінки знаходиться ґрунтова вода (див. рисунок 1.2), то слід врахувати її вплив на горизонтальний тиск, який виявляється у такому:

а) вода чинить виштовхуючу дію на частинки ґрунту (якщо ґрунт повністю водонасичений), що рівнозначне зменшенню ваги ґрунтових частинок, а, отже, й зменшенню ваги ґрунту і його горизонтального тиску на стінку;

б) вода, що заповнює пори ґрунту, створює гідростатичний тиск, який

збільшується лінійно з глибиною від горизонтальної поверхні води;

в) при водонасиченні вологість ґрунту збільшується, що впливає на кут внутрішнього тертя ґрунту  $\varphi$ .

Об'єм частинок, які знаходяться в одиниці об'єму ґрунту ( $C_s$ ) визначається як:  $C_s = \rho_d / \rho_s$  ( $\rho_d$ ,  $\rho_s$  - щільність відповідно скелету і частинок ґрунту). Тому маса води, витісненої частинками, які знаходяться в одиниці об'єму ґрунту, розміщеного нижче від рівня ґрунтових вод, становить  $(\rho_w \cdot \rho_d / \rho_s)$  ( $\rho_w$  - щільність води), а на одиницю об'єму ґрунту, за законом Архімеда, діє виштовхуюча сила -  $(q \cdot \rho_w \cdot \rho_d / \rho_s)$ , (знак «-» відповідає напрямку вгору, тобто зменшенню ваги ґрунту завдяки виштовхуючій силі).

На глибині  $h_1$  від рівня ґрунтових вод (див. рис. 1.2) поправка до вертикальної напруги від ваги ґрунту, враховуючи виштовхуючу дію води:

$$\Delta\sigma_z(z = h_1) = -\frac{q\rho_w\rho_d}{\rho_s} h_1 \quad (20)$$

Відповідна поправка до горизонтального активного тиску ґрунту засипки на стінку біля нижнього ребра стінки з урахуванням формул (11), (13), (14):

$$\Delta p' = -\frac{q\rho_w\rho_d}{\rho_s} h_1 \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (21)$$

З урахуванням коефіцієнтом надійності від навантаження вираз 21 приймає наступний вигляд:

$$\Delta p' = -\frac{\gamma_f q\rho_w\rho_d}{\rho_s} h_1 \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (22)$$

де  $\gamma_f = 1,1$ .

Тепер візьмемо до уваги гідростатичний тиск води, яка знаходиться у ґрунтовій засипці. Цей тиск лінійно збільшується за глибиною від рівня ґрунтових вод (РГВ) і за законом Паскаля є однаковим у всіх напрямках. Тому на глибині  $h_1$  від РГВ поправка як до вертикального, так і до горизонтального тиску однакова:

$$\Delta p'' = \rho_w g h_1 \quad (23)$$

Вплив вологості на коефіцієнт внутрішнього тертя залежить від типу ґрунту: величина  $\varphi$  із збільшенням вологості для пісків збільшується, досягає максимуму, а потім зменшується; для глинистих ґрунтів із збільшенням вологості  $\varphi$  зменшується. Якщо міра вологості  $S_y$  (відношення об'єму води до загального об'єму пор) ґрунту над РГВ перевищує  $0,8 < S_y < 1$ , має приблизно такий самий кут внутрішнього тертя, тобто зменшенням  $\varphi$  у ґрунті нижче РГВ можна знехтувати.

Таким чином, сумарний тиск на задню грань стінки, зумовлений наносом ґрунтової води у засипці, з урахуванням (22) і (23) визначається як:

$$p_1 = \rho_w g h_1 \left[ 1 - \frac{\gamma_f \rho_d}{\rho_s} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (24)$$

Рівнодіюча тиску, зумовленого присутністю ґрунтової води у засипці, на вертикальну задню грань прикладена в центрі ваги трикутної епюри (рис. 1.5), дорівнює площі цієї епюри і визначається (з розрахунку на одиницю довжини стінки) за формулою:

$$E_1 = 0,5 p_1 h_1 \quad (25)$$

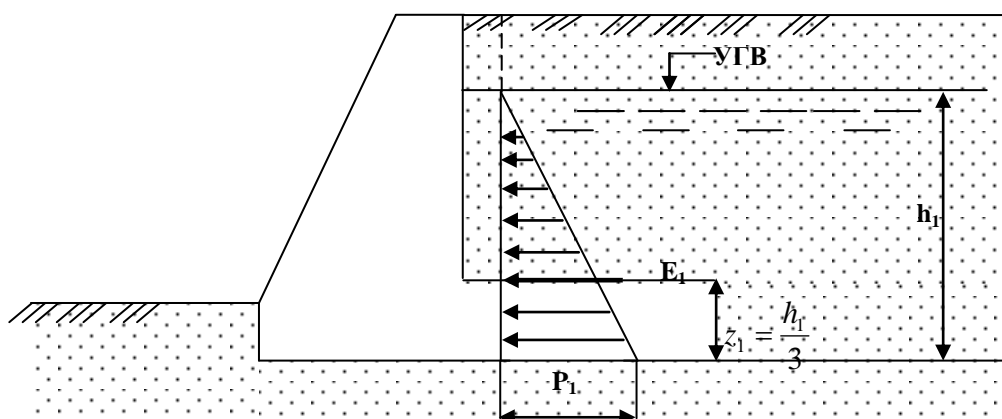


Рисунок 1.5 Схема визначення тиску на підпірну стінку, зумовленого присутністю води у засипці

Якщо задня грань стінки нахилена у напрямку від насипу або фундамент має виступ, розглядають тиск на фіктивну вертикальну грань (див. рис. 1.5).

Тиск на стінку з боку річки складається з гідростатичного тиску води і пасивного тиску ґрунту (рис. 1.6).

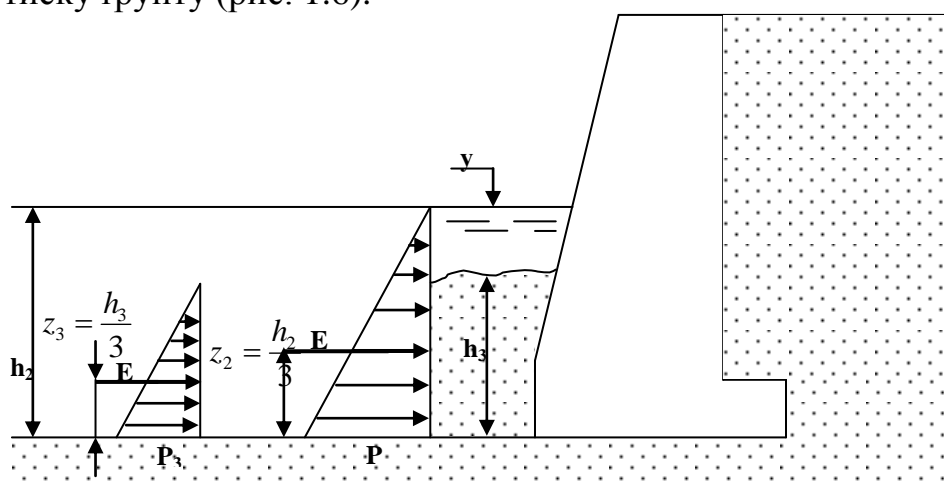


Рисунок 1.6 Схема визначення тиску на підпірну стінку з боку річки

Гідростатичний тиск води лінійно збільшується з глибиною від рівня поверхні води у річці і на глибині  $h_2$  від цього рівня:

$$p_2 = \rho_w g h_2 \quad (26)$$

Рівновага горизонтального тиску води прикладена у центрі ваги трикутної епюри тиску (див.рис.1.6) і визначається за формулою:

$$E_2 = 0,5 \rho_2 h_2 \quad (27)$$

Якщо активний тиск ґрунту реалізується при переміщенні стінки від ґрунту, то пасивний – при переміщенні стіни на ґрунт.

Пасивний тиск ґрунту на передню грань підірної стінки виникає внаслідок опору, який чинить ґрунт з боку річки при невеликому переміщенні стінки у напрямку річки. У цьому випадку горизонтальна напруга у ґрунті, яка виникає при переміщенні на нього стінки (див. рис. 1.3), є найбільшою головною  $\sigma_x(z) = \sigma_1(z)$ , а вертикальна напруга від власної ваги ґрунту за передньою гранню стінки – найменшою головною  $\sigma_z(z) = \sigma_3(z)$ .

Тоді з умови граничної рівноваги за законом Кулона впливає, що горизонтальна напруга у ґрунті за передньою гранню стінки:

$$\sigma_x(z) = \sigma_1(z) = \frac{\sigma_z(z)}{\operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} = \sigma_z(z) \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (27)$$

Вертикальна напруга від власної ваги ґрунту лінійно збільшується з глибиною і з урахуванням виштовхуючої сили води становить:

$$\sigma_z(z) = \left[ \bar{\rho} - \frac{\rho_w \bar{\rho}_d}{\bar{\rho}_s} \right] g z \quad (28)$$

Підставивши формулу (28) в формулу(27), отримаємо горизонтальну напругу в ґрунті, що розміщений за передньою гранню стінки:

$$\sigma_x(z) = \sigma_1(z) = \left[ \bar{\rho} - \frac{\rho_w \bar{\rho}_d}{\bar{\rho}_s} \right] g z \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\bar{\varphi}}{2}\right) \quad (29)$$

Отже, нижнього ребра передньої грані стінки при  $z=h_3$  пасивний тиск ґрунту на стінку становить:



$$p_3 = \gamma_f \left[ \bar{\rho} - \frac{\rho_w \bar{\rho}_d}{\bar{\rho}_s} \right] g h_3 \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\bar{\varphi}}{2} \right) \quad (30)$$

де рисочки над параметрами ґрунту відповідають ґрунту, розміщеному з боку річки.

Рівнодіюча горизонтального пасивного тиску ґрунту прикладена в центрі ваги трикутної епюри трикутної епюри тиску (див. рис. 1.6) визначається за формулою:

$$E_3 = 0,5 p_3 h_3 \quad (31)$$

### 1.3. Хід виконання роботи

- 1.3.1. Отримати у викладача варіант завдання;
- 1.3.2. Здійснити розрахунок характеристик ґрунту засипки;
- 1.3.3. Здійснити розрахунок навантажень, що сприймає підпірна стійка;
- 1.3.4. Отримані результати представити у вигляді таблиці.

### 1.4. Контрольні питання

- 1.4.1. Що називають підпірною стінкою?
- 1.4.2. Класифікація підпірних стінок?
- 1.4.3. Навести основні характеристики ґрунту засипки, що беруть участь у розрахунку підпірної стінки?
- 1.4.4. Які основні види навантажень сприймає підпірна стінка під час своєї експлуатації?
- 1.4.5. Що таке активний та пасивний тиск ґрунту?
- 1.4.6. Коли виникає пасивний тиск ґрунту?

## Лабораторна робота №2

### РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАГЛИБЛЕННЯ ПАЛЬ

**Мета роботи:** Ознайомитись з методикою розрахунку основних технічних параметрів при улаштуванні паль та вибір палейного устаткування.

#### 2.1 Короткі теоретичні відомості

Для улаштування палейних фундаментів будівель і споруд звичайно застосовують залізобетонні палі квадратного перерізу розміром від 20x20 до 40x40 см і довжиною 6-30 м. Якщо довжина палей більша ніж 15 м, застосовують збірні палі.

Для улаштування фундаментів під стіни палі розміщують у вигляді стрічок, що складаються з кількох рядів. У ряду відстань між осями висячих палей – не менше як  $3d$ , а палей-стояків – не менше ніж  $1,5d$  (рис. 2.1).

Для улаштування суцільних фундаментних плит під всією площиною будівлі або споруди палейне поле складається з декількох рядів з великою кількістю палей (рис. 2.2).

Під колони та стовпи палі розміщують куцями (рис. 2.3).

Найбільше застосування знайшли забивні залізобетонні палі, обсяг яких становить 90% всього обсягу палейних робіт.

Збірні залізобетонні палі заглиблюють таким методами: ударним, вдавленням, вібраційним і віброударним. При використанні ударного методу застосовують палейзаглиблювачі: підвісні механічні або дизельні молоти штангового або трубчастого типу.

Механічні молоти застосовують для забивання палей масою 8-10 т у нескельні ґрунти будь-якої щільності.

Дизельні молоти доцільно застосовувати для заглиблення палей у напівтверді і тугопластичні глиняні ґрунти.

Штангові дизель-молоти з ударною масою 1200-3500 кг призначені для забивання палей масою 2-2,5 т і довжиною 8-10 м.

Енергія удару трубчастих дизель-молотів у 2-3 рази більша, ніж штангових.

Устаткування для забивання палей підбирають відповідно до розрахункових параметрів, до яких належать маса ударної частини молота, розрахункова енергія удару, коефіцієнт застосування установки.

Розрахунковим методом визначають також величину відказу палей при їх забиванні.

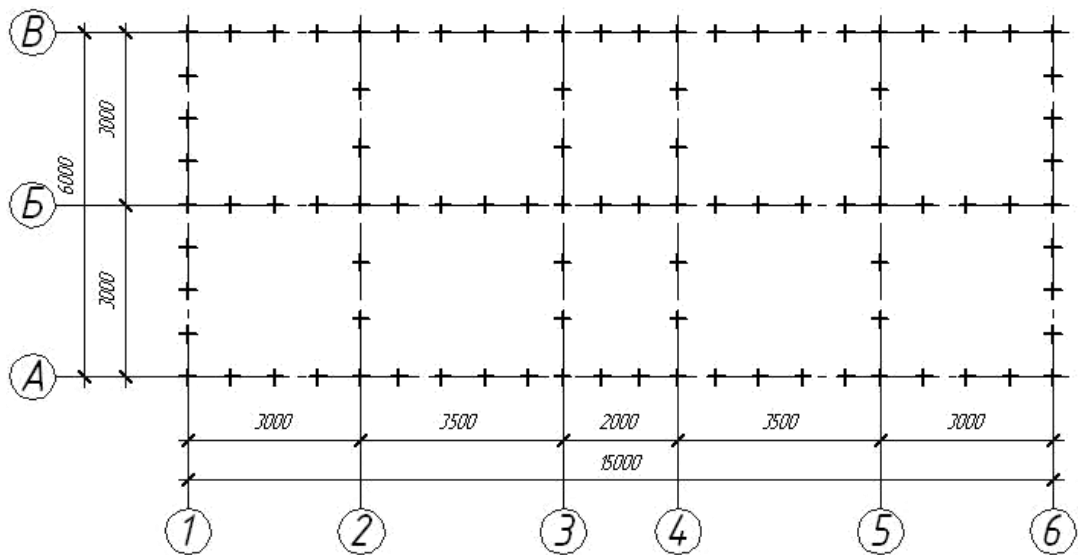


Рисунок 2.1. Схема розміщення паль у стрічкових фундаментах.

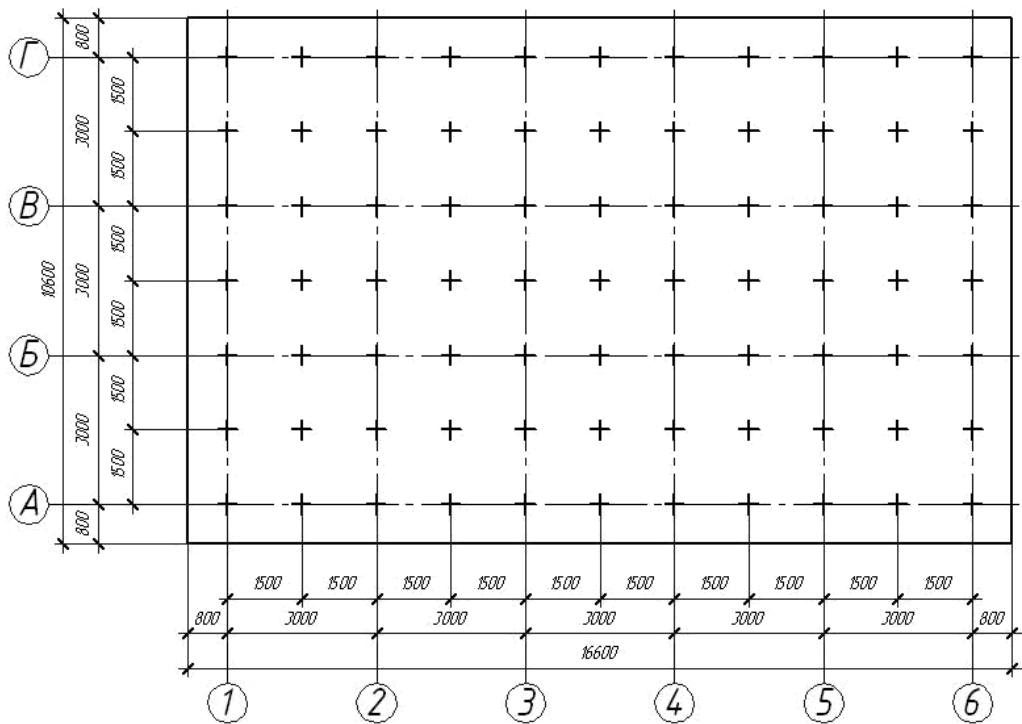


Рисунок 2.2. Схема розміщення паль під суцільну фундаментну плиту.

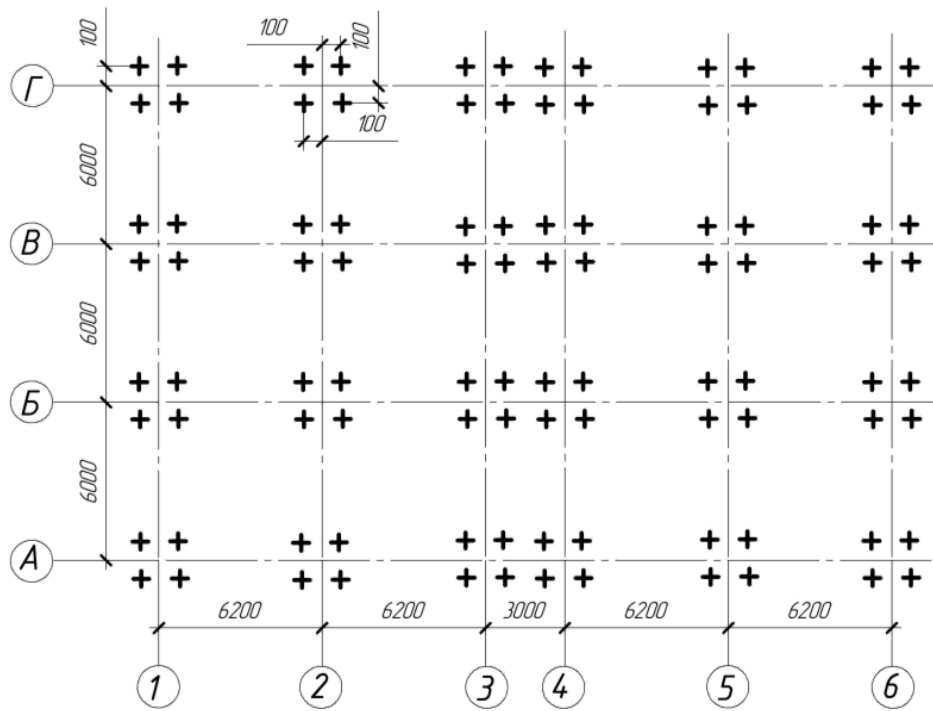


Рисунок 2.3. Куцова схема розміщення паль.

По-перше визначають мінімальну необхідну енергію удару молота [5], Дж:

$$E = 1,75 \cdot a \cdot P,$$

де  $a$  - коефіцієнт, який беруть таким, що дорівнює 25 Дж/кН;  $P$  - несуча здатність палі, кН.

Несуча здатність палі-стояка забивної квадратної, прямокутної або порожнистої круглої діаметром до 0,8 м та інших паль, що спираються на практично нестисливий ґрунт, визначається залежністю, кН:

$$P = m \cdot R \cdot F,$$

де  $m$  - коефіцієнт, умов роботи в ґрунті, беруть таким, що дорівнює одиниці;  $F$  - площа спирання палі на ґрунт,  $m^2$ ; беруть для паль суцільного перерізу такою, що дорівнює площі поперечного перерізу палі;  $R$  - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі-стояка,  $kH/m^2$ .

При спиранні палі на практично нестисливий ґрунт розрахунковий опір ґрунту  $R = 20$  МПа.

Застосований тип молота має задовольняти умову:

$$(Q_n + q) / E_p \leq K_n,$$

де  $Q_n$  - вага молота, Н;  $K_n$  - коефіцієнт, застосування (табл. 2.3);  $q$  - вага палі, що містить і оголовок, Н;  $E_p$  - розрахункова енергія удару, Дж.

Розрахункові значення енергії удару дизель-молота беруть: для трубчастих -  $E_p = 0,9 \cdot Q \cdot h$ ; для штангових -  $E_p = 0,4 \cdot Q \cdot h$ , де  $Q$  - маса ударної частини молота, кг;  $h$  - фактична висота падіння ударної частини молота, яку приймають на стадії закінчення забивання палі; для трубчастих молотів  $H = 2,8$  м, а для штангових при масі ударних частин 1250, 1800 і 1500 кг відповідно 1,7; 2; 2,2.

При забиванні палі дизель-молотами маса ударної частини має бути: з довжиною палі до 12 м – не менше ніж 1,5 її маси при забиванні у щільні ґрунти; 1,25 при забиванні у ґрунти середньої щільності; з довжиною палі 12 м – не менше за масу палі.

Для вибраного дизель-молота визначають відказ, см:

$$l_p = \frac{150 \cdot F \cdot E_p}{1,4 \cdot P \cdot (1,4 \cdot P + 150 \cdot F)} \cdot \frac{Q_n + 0,2 \cdot q}{Q_n + q}$$

На лабораторних заняттях студенти розв'язують варіанти щодо вибору обладнання для заглиблення палі-стояків.

У таблицях 2.1-2.3 наведено основні технічні параметри дизель молотів та значення коефіцієнта застосування палейної установки.

Таблиця 2.1

Технічні параметри штангових дизель- молотів з нерухомими штангами

Параметр	С-222	С-268	С-330	С-330А
Маса ударної частини молота, т	1,2	1,8	2,5	2,5
Загальна маса, т	2,3	3,1	4,2	4,5
Кількість ударів за 1 хв	50...55	50...55	42...50	42...50
Найбільша висота підйому ударної частини молота	1,79	2,1	2,3	2,5

Таблиця 2.2

Нормативні дані коефіцієнта застосування  $K_n$  для різних типів молотів

Тип молотів	Коефіцієнт $K_n$ для матеріалу палі	
	Залізобетон	Дерево
Трубчасті дизель-молоти подвійної дії	6	5
Молоти поодинокі дії і штангові дизель-молоти	5	3,5
Підвісні молоти	3	2

Таблиця 2.3

## Технічні параметри трубчастих дизель-молотів

Параметр	Молоти з повітряним охолодженням				
	C-954	C-974	C-949	C-858	C-859
Маса ударної частини, т	3,5	5,0	2,5	1,25	1,8
Висота молота в робочому положенні, м	4,8	5,52	4,64	3,31	4,17
Кількість ударів за хвилину	43...45	46...55	47...55	47...55	43...55
Енергія одного удару молота при найбільшій висоті підйому ударної частини, $H = 3000$ мм, кДж	94	135	67	33	48
Маса молота (без візка) з кішкою, т	7,3	9,0	5,8	5,0	3,5
Витрати палива, л/год	15	25	12	12	7,5
Параметр	Молоти з водяним охолодженням				
	C-994	C-995	C-995	C-1047	C-1048
Маса ударної частини, т	0,6	1,25	1,8	2,5	3,5
Висота молота в робочому положенні, м	3,85	3,96	4,34	4,97	5,15
Кількість ударів за хвилину	43...55	43...55	43...55	43...55	43...55
Енергія одного удару молота при найбільшій висоті підйому ударної частини, $H = 3000$ мм, кДж	16	33	48	67	94
Маса молота (без візка) з кішкою, т	1,5	2,6	3,6	5,5	7,65
Витрати палива, л/год	4	5,5	7,5	12	18

**2.2. Хід виконання роботи**

2.2.1. Навести основні види розміщення паль під фундаменти будівель і споруд, класифікацію забивних паль, види палебійного обладнання, способи занурення забивних паль.

2.2.2. За даними варіантів (див. табл. 2.4, 2.5) виконують плани фундаментів будинків, визначають типи паль, конструюють пальовий фундамент з урахуванням нормативних відстаней між палями, виконують план пального поля. При цьому умовно приймають, що будинки

розміщуються на пальовій основі.

2.2.3. Несучу здатність фундаменту враховують як максимальну, виходячи з несучої здатності паль, а кількість паль визначаються за можливим їх розміщенням з урахуванням нормативних даних для відстаней між палями.

2.2.4. Виходячи з наведених формул визначають параметри: мінімальну потрібну енергію удару молота  $E$ , Дж; несучу здатність палі  $P$ , кН; за табл. 2.1, 2.3 вибирають тип дизель-молота і перевіряють відповідність коефіцієнта застосування  $K_n$  нормативним даним, наведеним в табл. 2.2.

2.2.5. Для вибраного дизель-молота визначають розрахунковий відказ  $l_p$ , см.

2.2.6. Описують технологічну послідовність улаштування пальового фундаменту. Особливу увагу приділяють операціям по забивці палі. Розробляють технологічну схему забивання паль, показують план основи, порядок складування та забивання паль, наводять схему руху дизель-молота (рис. 2.5).

Визначають фактичний відказ палі (рис 2.4) за формулою, см:

$$l_{\phi} = \frac{a}{K},$$

де  $l_{\phi}$  - відказ палі (заглиблення її від одного удару);  $a$  - заглиблення палі від залога (серії ударів);  $K$  - кількість ударів у залозі.

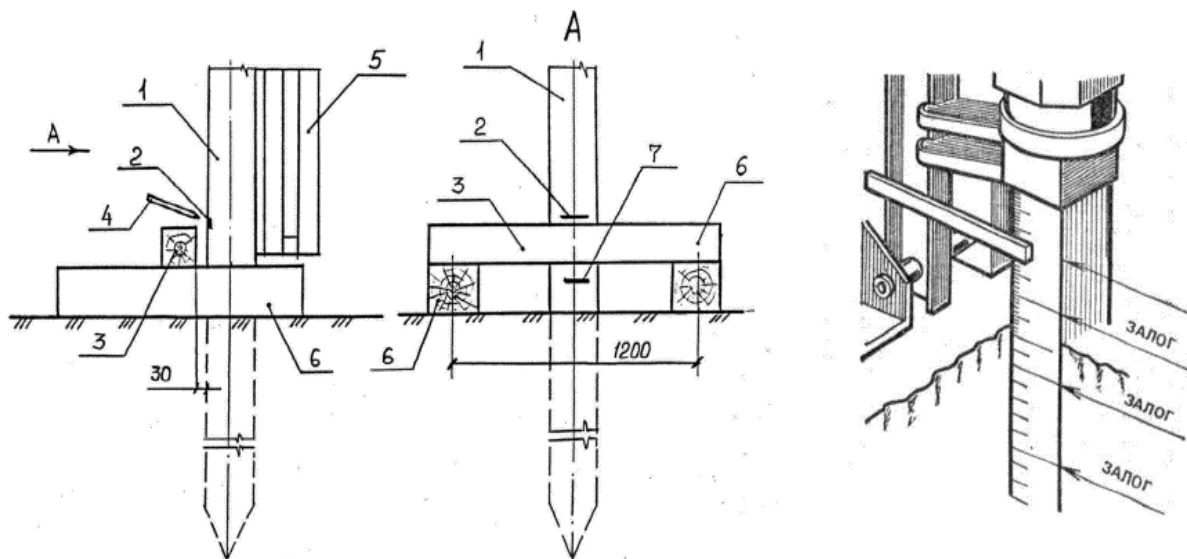


Рисунок 2.4. Схема вимірювання відказу палі: 1 - залізобетонна палля; 2 - мітка на палі після останнього удару в залозі; 3 - дерев'яний брус 150x150x1600 мм; 4 - кутовий олівець; 5 - направляюча копра; 6 - півшпалок; 7 - мітка на палі перед першим ударом в залозі.

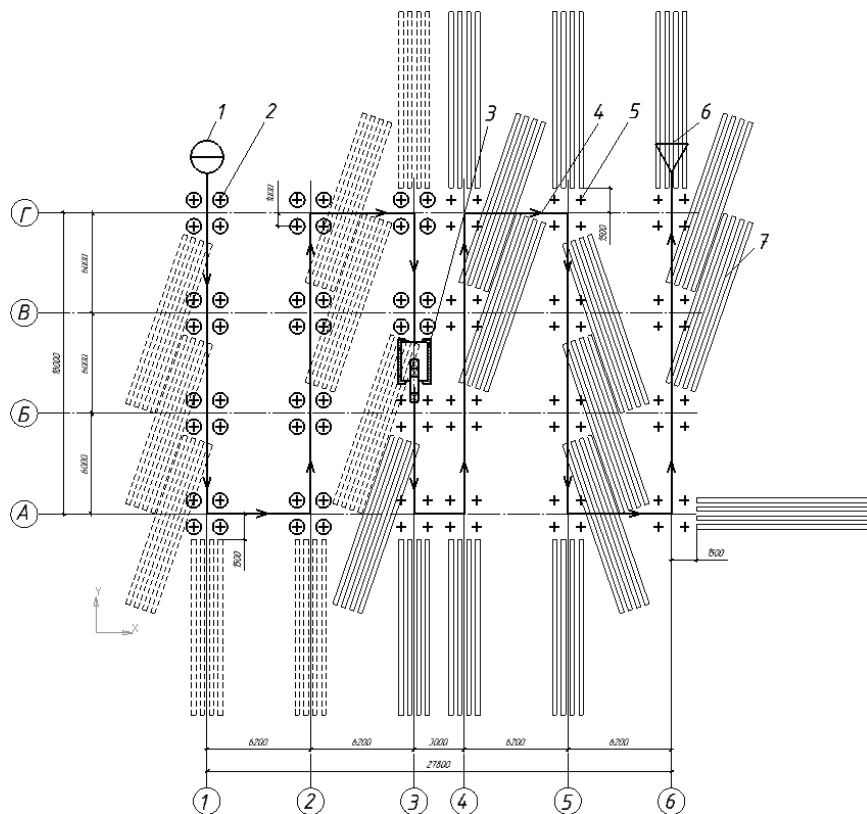


Рисунок 2.5. Технологічна схема забивання пальпалейним агрегатом: 1 – початок руху пальпалейного агрегату; 2 – забита паля; 3 – пальпалейний агрегат; 4 – напрям руху пальпалейного агрегату; 5 – місце для забивання палі; 6 – кінець руху пальпалейного агрегату; 7 – паля.

Таблиця 2.4

Таблиця варіантів вихідних даних

№	Вихідні дані	Літери прізвищ студентів									
		А	Б	В	Г	Д	Е	Е	Ж	З	І
		К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У
		Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Є	Ю	Я	У
1	Переріз палі, см	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40
2	Довжина палі, м	4	6	8	12	8	10	6	8	4	10
3	Кількість палей та їх розташування	Визначають обчисленням, виходячи з нормативних відстаней між палями									
4	Розрахунковий опір під нижнім кінцем палі- стояка	Для усіх варіантів $R = 20$ МПа									
5	Ґрунт	щ	с/щ	щ	с/щ	щ	с/щ	щ	с/щ	щ	с/щ



Таблиця варіантів вихідних даних для схеми розміщення паль у фундаментах будинку

Перші літери прізвищ студентів	Відстані між вісями, м							
	А-Б	Б-В	В-Г	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
А, Б, В, Г, Д, Е, Ж,	Стрічкова схема розміщення паль							
	7,0	7,0	-	3,5	3,5	6	3,5	3,5
З, І, К, Л, М, Н, О, П,	Розміщення паль під суцільну плиту							
	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Р, С, Т, У, Ф, Х, Ц,	Кущова схема розміщення паль							
	6,0	6,0	6,0	6,2	6,2	3,0	6,2	6,2
Ч, Ш, Щ, Є, Ю, Я	Змішана схема (кущова + стрічкова)							
	7,0	6,0	7,0	3,5	3,5	3,0	3,5	3,5

### 2.3. Контрольні питання.

2.3.1. Які існують методи заглиблення заздалегідь виготовлених паль?

2.3.2. За якими параметрами підбирають палебійні установки?

2.3.3. Які дизель-молоти бувають?

2.3.4. Що таке коефіцієнт застосування дизель-молотів? Як його визначають?

2.3.5. Що таке відказ палі під час її забивання?

2.3.6. Як визначають розрахунковий та фактичний відказ палі?

2.3.7. Які складові комплексного процесу забивання паль дизель-молотом?

2.3.8. Які схеми забивання паль та руху палебійних установок існують?

## Лабораторна робота №3

### РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТЕРМОСНОГО ВИТРИМУВАННЯ БЕТОНУ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ

**Мета роботи:** Ознайомитися з методикою розрахунку основних технологічних параметрів витримування бетону методом "термосу" при улаштуванні залізобетонних конструкцій.

#### 3.1. Короткі теоретичні відомості

Найпростішим і економічним методом зимового бетонування конструкцій є метод "термосу". Він заснований на використанні для тверднення бетону тепла, що міститься в бетонній суміші з початковою температурою 25...400С, досягнутою внаслідок нагрівання води до 60...800С і заповнювачів до 20...400С, а також додаткового тепла, що виділяється під час гідратації цементу в бетоні. Для зменшення тепловтрат опалубку і бетоновану конструкцію додатково утеплюють теплоізоляційними матеріалами.

Мінімальну безпечну міцність бетону до моменту можливого його замерзання називають "критичною". Для бетонів класів В10-В12 вона має бути не менш ніж 50% проектної міцності, для В20-В30 – 40%, для В40-В50 – не менше ніж 30% проектної міцності, але в будь-якому випадку не менше ніж 5 МПа. Для особливо відповідальних залізобетонних споруд – не менше за 80-100 % проектної міцності.

Незважаючи на утеплення опалубки і конструкцій температура бетону під дією морозу і вітру знижується. Тверднення бетону та набирання ним міцності триває до температури 00С. Задача розрахунку параметрів методу "термосу" полягає в тому, щоб створити умови (а саме температуру бетону і тривалість його охолодження), при яких бетон до закінчення часу охолодження набере міцності не нижче «критичної».

Метод "термосу" більш доцільно використовувати при бетонуванні масивних конструкцій з модулем поверхні до 8:

$$M_n = \frac{F}{V},$$

де  $F$  – площа охолоджуваної поверхні бетону, м<sup>2</sup>;  $V$  – об'єм конструкції, м<sup>3</sup>.

Тривалість витримки бетону від початкової до кінцевої температури

$$\tau = \frac{C_{\bar{\sigma}} \cdot \rho_{\bar{\sigma}} \cdot (t_{\bar{\sigma}n}^* - t_{\bar{\sigma}к}) + q \cdot \Pi}{3,6 \cdot K \cdot M_n \cdot (t_{\bar{\sigma}ср} - t_{zn})},$$

де  $C_b$  – питома теплоємність бетону, що дорівнює  $1,05 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ ;  $\rho$  – щільність бетону,  $\text{кг}/\text{м}^3$  ( $\rho = 2400 \text{ кг}/\text{м}^3$ );  $t''_{\text{бн}}$  – початкова температура бетону після укладання,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{бк}}$  – температура бетону до кінця охолодження ( $+50^{\circ}\text{C}$ );  $q$  – питома тепловиділення цементу,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;  $\Pi$  – витрати бетону в цементі,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $t_{\text{бср}}$  – середня температура за час охолодження бетону,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n$  – модуль поверхні бетону,  $1/\text{м}$ ;  $t_{\text{зп}}$  – температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $K$  – коефіцієнт теплопередачі опалубки,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ , приймається за таблицею 3.1.

Для визначення параметрів термосного витримування бетону виконують наступні розрахунки. Визначають:

- початковий тепловміст бетону,  $\text{кДж}$ :

$$Q_1 = C_b \rho V_b t''_{\text{бн}}$$

де  $C_b$  – питома теплоємність бетону,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ ;  $\rho$  – щільність залізобетону,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $V_b$  – об'єм бетону,  $\text{м}^3$ ;  $t''_{\text{бн}}$  – початкова температура бетону,  $^{\circ}\text{C}$ ;

- температуру системи «бетон+арматура»:

$$t'_{\text{бн}} = \frac{(C_b \rho V_b t''_{\text{бн}} + C_a P_a t_a)}{(C_b \rho V_b + C_a P_a)},$$

де  $C_a$  – теплоємність арматурної сталі, дорівнює  $0,48 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ ;  $P_a$  – витрати сталі на  $1 \text{ м}^3$  бетону (беруть за умовами задачі);  $t_a$  – температура арматурної сталі, дорівнює температурі зовнішнього повітря.

- кількість теплоти, що витрачається на нагрівання арматури,  $\text{кДж}$ :

$$Q_2 = C_a P_a (t'_{\text{бн}} - t_a)$$

- розрахункову температуру нагрівання опалубки,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$t_p = \frac{t'_{\text{бн}} + t_{\text{зп}}}{2};$$

- теплоту, що витрачається на нагрівання опалубки,  $\text{кДж}$ :

$$Q_3 = C_2 \cdot F_{\text{охол}} \cdot \delta_1 \cdot \rho_2 \cdot (t_p - t_{\text{зп}})$$

де  $C_2$  – питома теплоємність дерева,  $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$  (беруть такою, що дорівнює  $2,52$ );  $F_{\text{охол}}$  – площа поверхні охолодження конструкцій,  $\text{м}^2$ ;  $\delta_1$  – товщина опалубки,  $\text{м}$ ;  $\rho_2$  – щільність дерева ( $600 \dots 700 \text{ кг}/\text{м}^3$ );

- температуру бетону на початку охолодження конструкції з урахуванням втрат теплоти на нагрів арматури і опалубки:

$$t_{\delta n}'' = \frac{[Q_1 - (Q_2 + Q_3)]}{C_{\delta} \rho_{\delta} V};$$

- середню температуру тверднення бетону за час охолодження конструкції:

$$t'_{\delta, cp} = t_{\delta k} + \frac{t_{\delta n}'' - t_{\delta k}}{1,03 + 0,181M_n + 0,006(t_{\delta n}'' - t_{\delta k})},$$

де  $t_{\delta k}$  – температура бетону наприкінці охолодження, °С, яка задається умовами задачі.

Маючи вказані данні, за наведеною формулою обчислюють тривалість охолодження бетону до кінцевої температури.

Після цього за таблицями наростання міцності бетону визначають досягнуту міцність, яка має бути не менше за критичну.

Якщо задана міцність не досягається, то необхідно взяти заходи для збільшення початкової температури бетонної суміші або підвищення теплоізоляції залізобетонної конструкції і повторити розрахунок набирання бетоном міцності.

На лабораторних заняттях студенти обчислюють параметри термосного витримування бетону за вихідними даними для ділянки стрічкового фундаменту або окремого фундаментного блоку. Вихідні данні задає викладач.

Таблиця 3.1

Коефіцієнт теплопередачі опалубки різної конструкції

Тип опал.	Матеріал опалубки	Товщина шару, мм	Коефіцієнт $K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·С), при швидкості вітру, м/с		
			0	5	15
1	Дошка	25	2,44	5,2	6
2	Дошка	40	2,03	3,6	3,94
3	Дошка	25	1,8	3,0	3,25
	Толь	-			
	Дошка	25			
4	Дошка	25	0,67	0,8	0,82
	Пінопласт	30			
	Фанера	4			
5	Дошка	25	0,87	1,07	1,1
	Толь	-			
	Вата мінеральна	50			
	Фанера	4			

## **3.2. Хід виконання роботи**

3.2.1. Навести поняття "зимових умов" в технології монолітного бетону і залізобетону. описують фізичні процеси в бетоні при від'ємних температурах, дають поняття "критичної" міцності.

3.2.3. Описати технологію і основні положення бетонування в зимових умовах.

3.2.3. Описати основні методи виконання бетонних робіт в зимових умовах: метод "термосу", електропрогрівання бетону, бетонування з застосуванням хімічних добавок.

3.2.4. Описати сутність методу, галузі його застосування, модифікації методу "термосу" ("термос з добавками прискорювачами" і "гарячий термос").

3.2.5. Виходячи з наведених формул визначають модуль поверхні бетонуємої конструкції  $M_p$ , тривалість витримки бетону від початкової до кінцевої температури, параметри термосного витримування бетону.

## **3.3. Контрольні питання.**

3.3.1. Які методи зимового бетонування застосовують у будівництві?

3.3.2. Що таке "критична" міцність бетону? Як її визначають?

3.3.3. Як визначають модуль поверхні конструкції, що він характеризує?

3.3.4. У чому суть методу "термоса" при зимовому бетонуванні? Коли його застосовують?

3.3.5. Які параметри враховують при розрахунку методу "термоса"?

3.3.6. Як визначають досягнуту міцність у процесі витримування бетону методом "термоса"?

3.3.7. Які параметри слід змінити, якщо за розрахунком виявиться, що бетон не набрав "критичної" міцності?

## Лабораторна робота №4

### ВИБІР БАШТОВИХ КРАНІВ ЗА ТЕХНІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

**Мета роботи:** Ознайомитися з методикою розрахунку та вибору баштових кранів за їх основними технічними параметрами.

#### 4.1. Короткі теоретичні відомості

Монтаж будівельних конструкцій будинків і споруд здійснюють монтажним комплектом, до складу якого входять: ведуча машина (монтажний кран або інші монтажні механізми), допоміжні машини (допоміжні крани, вантажно-розвантажувальні й транспортні машини) й технологічне устаткування: вантажозахватні пристрої, кондуктори, пристрої для тимчасового закріплення, вивірки та ін.).

При виборі монтажних комплектів визначають технічну можливість використання для конкретного об'єкта як ведучу машину крана даного типу й марки та комплектуючих машин.

Вибір ведучого монтажного крана базується на необхідності відповідності монтажно-конструктивної характеристики об'єкта, що монтують (конструктивної схеми й розмірів будівлі, маси й розташування елементів на будинку, рельєфу будівельного майданчика та інших особливостей, що визначають вибір технічних засобів монтажу) параметрам монтажного крана.

До основних параметрів монтажних кранів відносяться:

- вантажопідйомність – найбільша маса вантажу, що може бути піднята краном за умови збереження його стійкості й міцності конструкції;
- швидкість підйому чи опускання вантажу, пересування крана, обертання поворотної платформи. При цьому слід ураховувати, що для плавної і точної «осадки» збірного елемента швидкість опускання вантажу не повинна перевищувати 5 м/хв., а швидкість обертання крана – 1,5 м/хв.;
- продуктивність – кількість вантажу, переміщуваного й монтованого в одиницю часу. Продуктивність монтажного крана може також вимірюватися числом циклів у одиницю часу;
- довжина стріли – відстань між центром осі п'яти стріли й осі обойми вантажного поліспасти;
- виліт гака – відстань між віссю обертання поворотної платформи крана й вертикальною віссю, що проходить через центр обойми вантажного гака. При визначенні корисного вильоту гака відстань відраховують від найбільше виступаючої частини крана;

- висота підйому гака – відстань від рівня стоянки крана до центру вантажного гака в його верхньому положенні;
- колія – відстань між центрами передніх і задніх коліс пневмоколісних кранів, ширина гусеничного ходу чи відстань між осями голівок рейок;
- база – відстань між осями передніх і задніх коліс пневмоколісних чи рейкових кранів. Для технічної характеристики гусеничних кранів указують довжину гусеничного ходу;
- радіус повороту хвостової частини поворотної платформи – відстань між віссю обертання крана й найбільш віддаленою від неї точкою платформи чи противаги;
- установлена потужність – сумарна потужність силової установки крана.

Вибір монтажного крана за технічними параметрами починають з уточнення наступних даних: маси елементів, що монтують, монтажного оснащення і вантажозахватних пристроїв; габаритів і проектних положень елементів у повнозбірній будівлі. На підставі цих даних вибирають групу елементів, що характеризується максимальними монтажними параметрами, для яких визначають мінімальні необхідні параметри крана.

Необхідну вантажопідйомність крана визначають за виразом:

$$Q_k = Q_m + Q_{oc} + Q_{BT},$$

де  $Q_k$  – необхідна мінімальна вантажопідйомність крана, т;  $Q_m$  – маса елемента, що монтують, т;  $Q_{oc}$  – маса монтажного оснащення, т;  $Q_{BT}$  – маса вантажозахватних пристроїв, т.

Висоту підйому вантажного гака над рівнем стоянки крана  $H_k$ , м, визначають за формулою (рис. 4.1):

$$H_k = h_0 + h_3 + h_c + h_{CT}$$

де  $h_0$  – перевищення монтажного горизонту (опори, на яку монтується розрахунковий елемент) над рівнем стоянки крана, м;  $h_3$  – запас по висоті між монтажним горизонтом і низом елемента, що монтується, для забезпечення безпечного виконання робіт (не менше 1,0 м), м;  $h_{ел}$  – висота елемента в монтажному положенні, м;  $h_{CT}$  – висота стропування (від верху елемента до гака крана), м.

Виліт гака крана  $L_k$ , м, визначають як:

$$L_k = a/2 + b + c.$$

де  $a$  – ширина підкранової колії, м;  $b$  – відстань від осі підкранової рейки, найближчої до виступаючої частини будинку, м;  $c$  – відстань від центра ваги елемента до виступаючої частини будинку зі сторони крана, м.

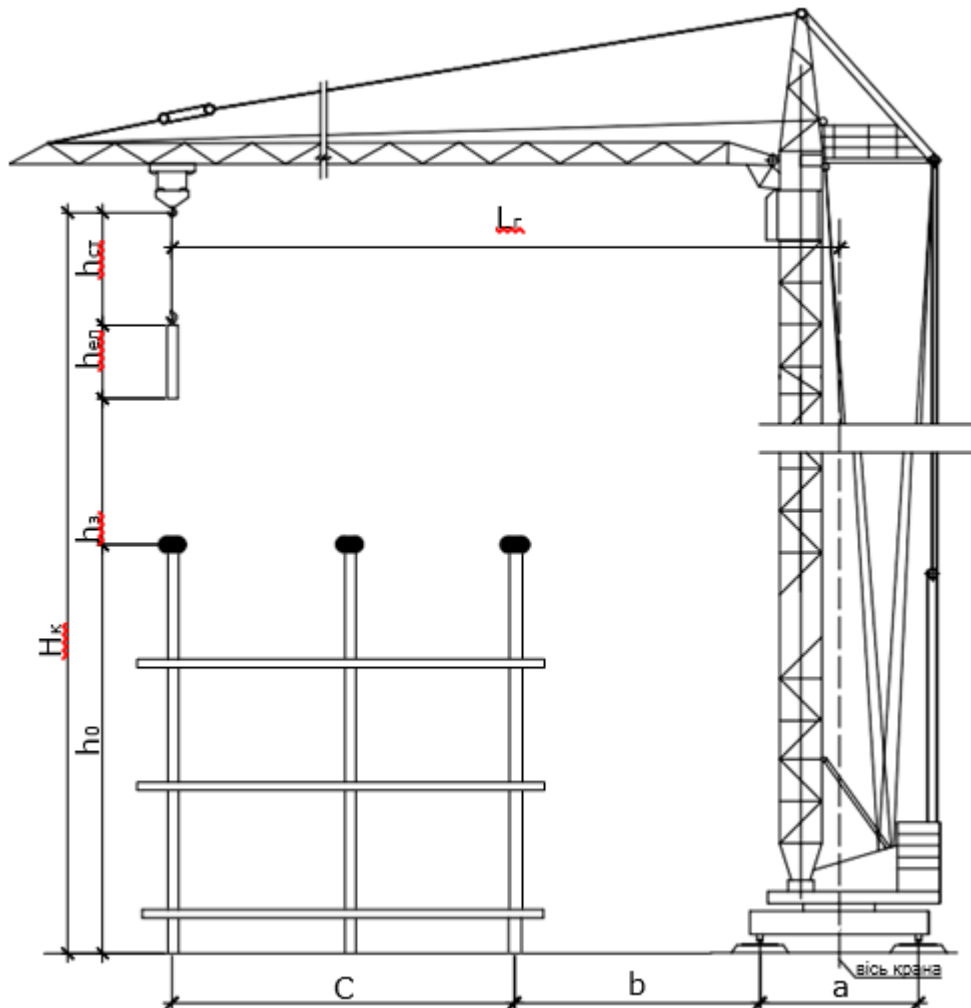


Рис. 4.1. Схема для визначення технічних характеристик баштового крана

## 4.2. Хід виконання роботи

4.2.1. Виконати вибір баштового крана за технічними параметрами при наступних вихідних даних:

1. розміри об'єкта, м: 12×60;
2. висота поверху, м: 3,0;
3. кількість поверхів: 9;
4. наявність напівпрохідного горища: немає;
5. конструкція, що монтується: парпетна стінова панель;
6. маса елемента, що монтується, т: 2,5;
7. ширина підкранової колії, м: 6,0;
8. прив'язка будинку до осі рейки, м: 2,3;  
маса вантажозахватних пристроїв, т: 0,45;
9. висота стропування, м: 3,2.



Вибір баштового крану здійснюємо у відповідності до умов будівництва, наведеного на рис. 4.2.

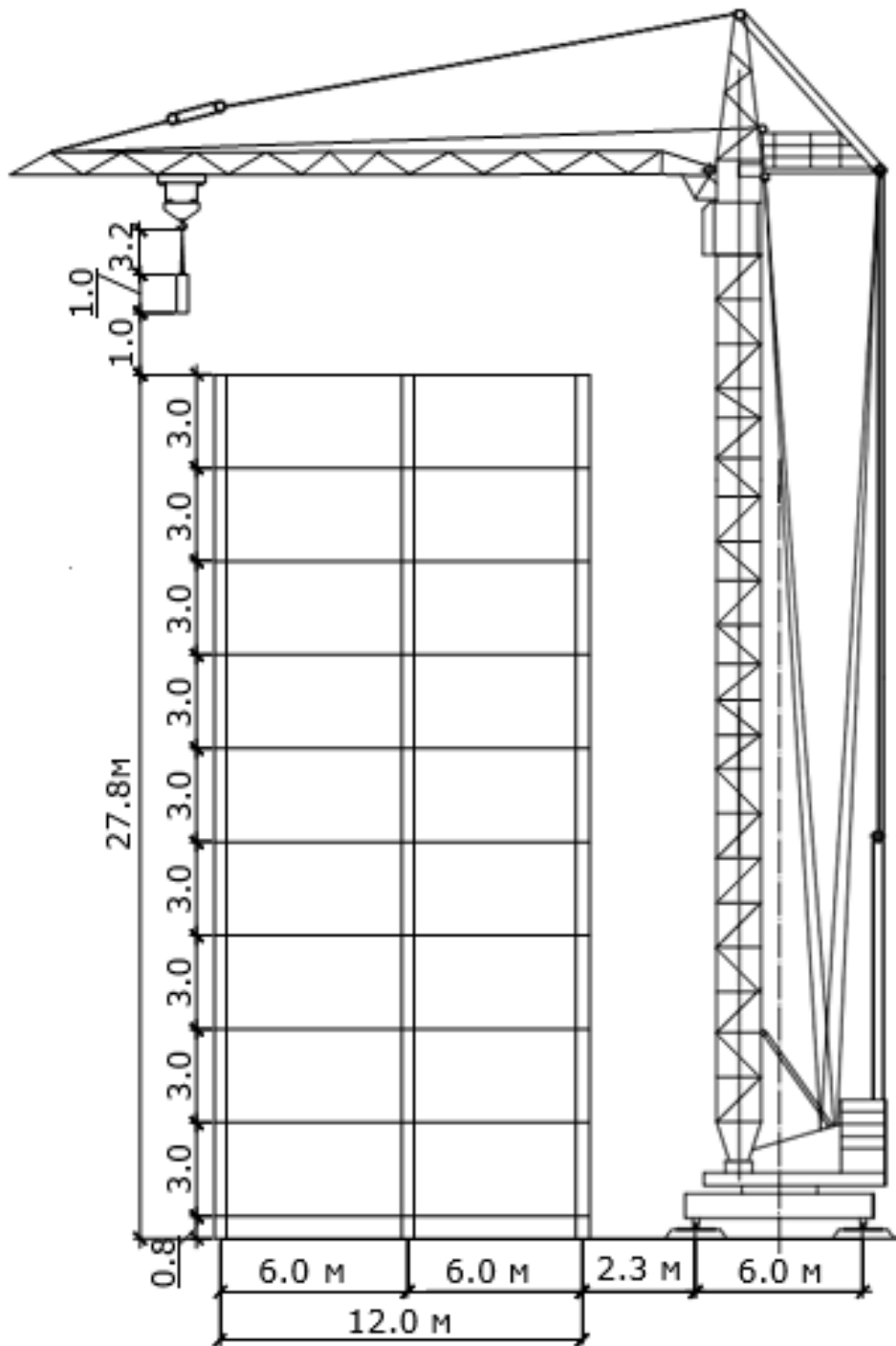


Рис. 4.2. Схема для вибору баштового крана

### **4.3. Контрольні питання.**

- 4.3.1. Що входить до складу монтажного комплексу при зведенні будівель і споруд?
- 4.3.2. На чому базується вибір ведучої монтажної машини?
- 4.3.3. Що відноситься до основних параметрів монтажних кранів?
- 4.3.4. З чого починають вибір монтажного крану за технічними параметрами?
- 4.3.5. Що входить до складу основних технічних параметрів при виборі баштового крану?

## Лабораторна робота №5

### ВИБІР САМОХІДНИХ СТІЛОВИХ КРАНІВ ЗА ТЕХНІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

**Мета роботи:** Ознайомитися з методикою розрахунку та вибору самохідних стрілових кранів за їх основними технічними параметрами.

#### 5.1. Короткі теоретичні відомості

Для стрілових самохідних кранів (на автомобільному, пневмоколісному й гусеничному ході) визначають наступні параметри (рис. 5.1): висоту підйому гака  $H_k$ , довжину стріли  $L_c$  і виліт гака  $L_k$ . Висоту підйому гака  $H_k$  встановлюють так само, як для баштових кранів.

Довжину стріли крана без гуська  $L_c$ , м (рис. 5.1,а) визначають за формулою:

$$L_c = (H_0 - h_c) / \sin \alpha + (b + 2S) / 2 \cos \alpha ,$$

де  $H_0$  – сума перевищення монтажного горизонту  $h_0$ , запаса за висотою з  $h$  й товщини (висоти) елемента  $h_e$ ;  $H_0 = h_0 + h_z + h_e$ ,  $h_c$  – перевищення рівня осі кріплення стріли над рівнем стоянки, м;  $\alpha$  – кут нахилу осі стріли до горизонту;  $b$  – довжина (ширина) елемента, що монтують, м;  $S$  – відстань від краю елемента, що монтують, до осі стріли ( $S \geq 1,5$ ).

Найменша довжина стріли крана забезпечується при нахлоні її осі під кутом  $\alpha$  за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2(H_0 - h_c)(b + 2S)} .$$

За довжиною стріли знаходять виліт гака  $L_k$ , м:

$$L_k = L_c \cos \alpha + d ,$$

де  $d$  – відстань від осі повороту крану до осі опори стріли, м ( $d \approx 1,5$  м). Крім визначення вильоту гака при остаточному виборі крана слід перевірити також достатність розміру вантажного поліспада  $h_{\Pi}$ .

Величину  $h_{\Pi}$ , м, визначають за формулою:

$$h_{\Pi} = [(b + 2S) / 2 \cos \alpha] \cdot \sin \alpha - h_{CT},$$

де  $h_{CT}$  – висота стропування, м. Отримане значення необхідно порівняти з довжиною вантажного поліспада обираного крана (звичайно  $h_{\Pi} = 1,5 \dots 5$  м). Для стрілових кранів, обладнаних гуськом (рис. 5.1,б), найменшу припустиму довжину стріли при  $\beta = 0$  визначають за формулою:

$$L_c = (H - h_c) / \sin \alpha,$$

де  $H$  – перевищення осі обертання гуська над рівнем стоянки крана, м.  
Виліт гака гуська  $L_{г.г}$ , м, складає:

$$L_{2,2} = (H - h_c) / \operatorname{tg} \alpha + L_2 / \cos \beta + d,$$

де  $L_{г}$  – довжина гуська (від осі опори до осі вантажного блока), м.

Розглянутий спосіб визначення вильоту гака доцільний при пересуванні крана вздовж фронту монтажу елементів. Якщо ж ряд елементів, що паралельно укладають, монтують з однієї стоянки краном, що стоїть проти середніх елементів цього ряду (що часто має місце при монтажі плит перекриття одноповерхових промислових будинків, коли кран переміщується по осі прольоту), то для укладання віддалених від осі прольоту елементів прийдеться повертати стрілу крана в горизонтальній площині на кут  $\varphi$  (рис. 5.1,в).

При повороті будуть змінюватися виліт гака, довжина й кут нахилу стріли (позначимо його  $\alpha_{\varphi}$ ), а також висота підйому гака. Використовуючи раніше отримані значення, знаходимо кут:

$$\operatorname{tg} \varphi = D / L_k,$$

де  $D$  – горизонтальна проекція відстані від осі прольоту до центру елемента, що монтують, м.

Одержавши значення кута  $\varphi$ , визначають проекцію довжини стріли, м:

$$L_{c\varphi} = L_k / \cos \varphi - d.$$

Оскільки різниця  $H_k - h_c$  залишається незмінною, можна знайти  $\operatorname{tg} \varphi$  за формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi = (H_k - h_c) / L_{c\varphi}.$$

Знаючи величину кута  $\alpha_\phi$ , визначають мінімальну довжину стріли крана  $L_\phi$ , м для монтажу крайнього елемента:

$$L_\phi = L_{c\phi} / \cos \alpha_\phi .$$

Виліт гака  $L_{к\phi}$ , м, одержують, додаючи до проекції довжини стріли  $L_{c\phi}$  величину  $d$ :

$$L_{к\phi} = L_{c\phi} / d .$$

Необхідна вантажопідйомність  $Q_k$  визначається за формулою:

$$Q_k \geq Q_{ел} + Q_{ВП} + Q_{ТО}$$

де  $Q_{ел}$  – маса елемента, що монтується, т;  $Q_{ВП}$  – маса вантажозахватних пристроїв, т;  $Q_{ТО}$  – маса такелажного оснащення, що навішується на елемент (драбини, огорожі та ін.), т.

Після виявлення необхідних технічних параметрів за таблицями або графіками взаємозалежних кривих вантажопідйомності, вильоту й висоти підйому гака крана, наведених у довідковій літературі, визначають відповідні марки кранів.

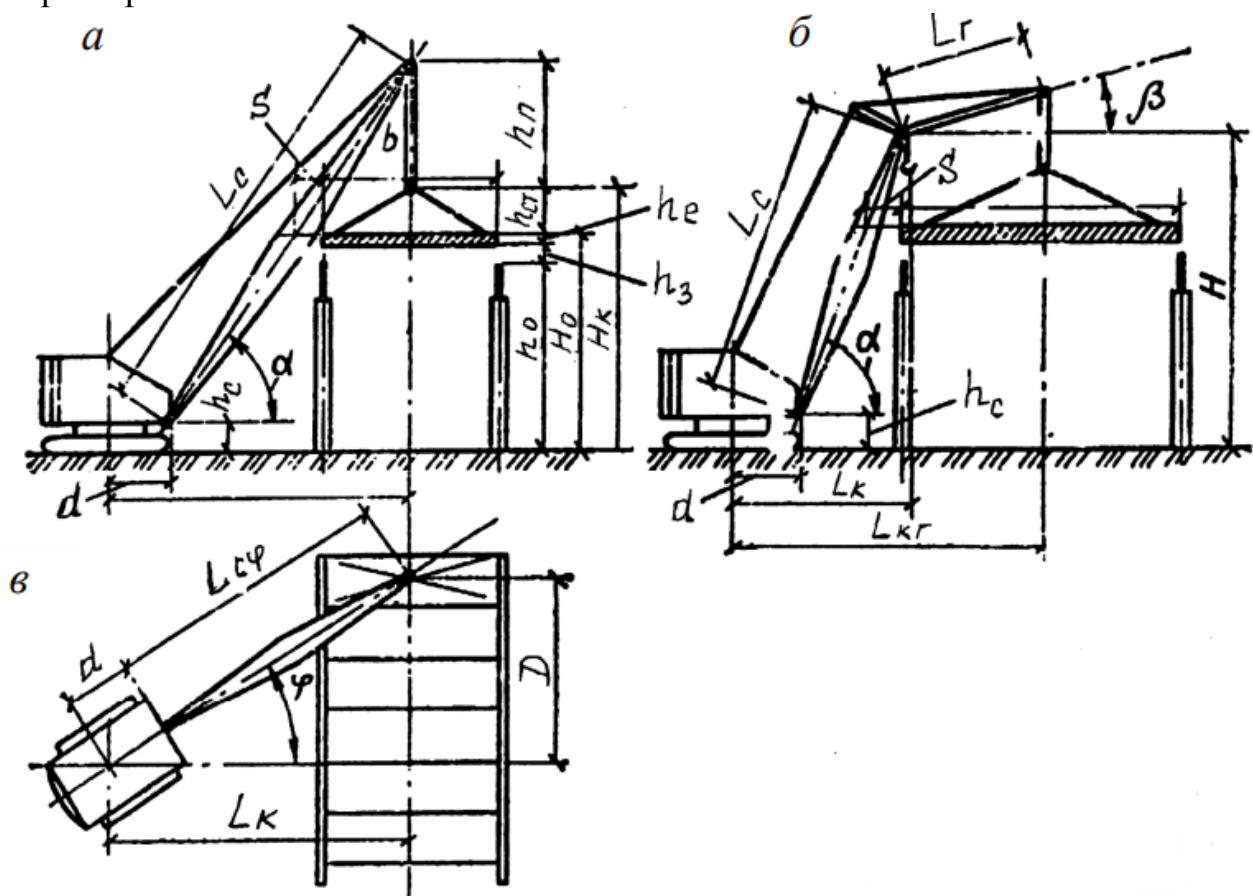


Рис. 5.1 – До визначення технічних параметрів самохідних стрілових кранів: а – без гуська; б – з гуськом; в – без гуська з поворотом у плані

Якщо можливий монтаж будинку або споруди кранами декількох марок і навіть типів, то визначають економічну ефективність використання підібраних кранів в умовах даного будівництва. Економічну ефективність використання того чи іншого крана (чи комплекту кранів) визначають порівнянням техніко-економічних показників, основні з яких – тривалість монтажу й трудомісткість конструкції. У цих показниках відображені фактори, що характеризують конструктивні особливості кранів (продуктивність, число обслуговуючого персоналу та ін.), ступінь охоплення краном монтажних робіт і використання його за часом і вантажопідйомністю, продуктивність праці робітників, експлуатаційні витрати на транспортування, монтаж і демонтаж, а також витрата електроенергії, палива, пального, мастильних матеріалів та ін.

## 5.2. Хід виконання роботи

5.2.1. Виконати вибір самохідного стрілового крана для встановлення крокв'яних ферм одноповерхової будівлі у відповідності до завдання (рис. 5.2)

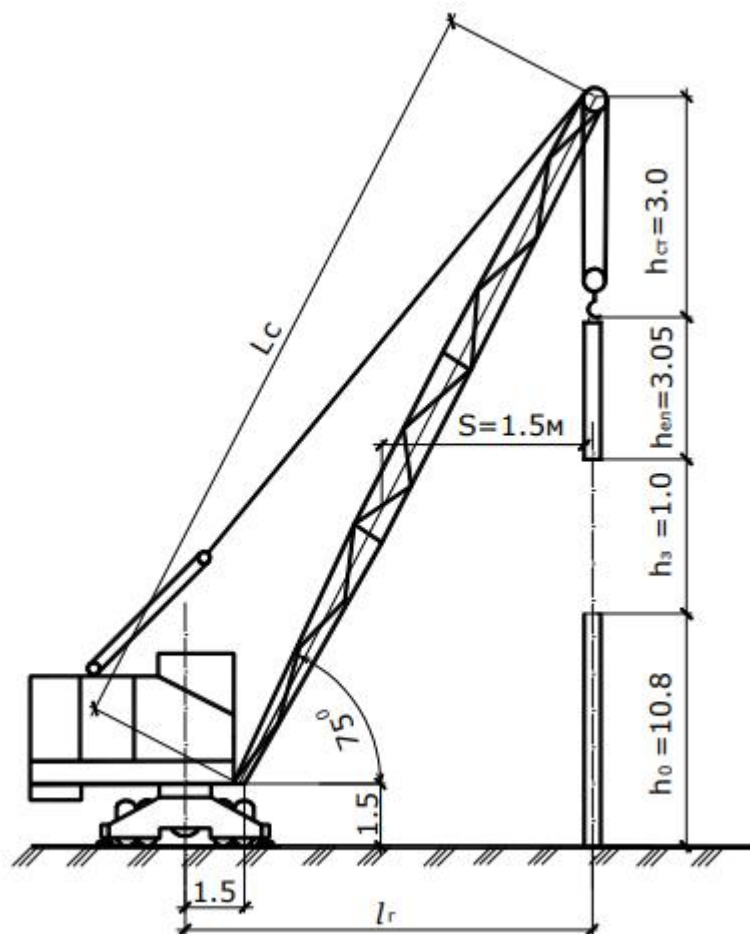


Рис. 5.2. До вибору самохідного стрілового крану

### **5.3. Контрольні питання.**

5.3.1. Які основні технічні параметри визначаються при виборі самохідних стрілових кранів?

5.3.2. В чому полягає основна відмінність розрахунку при монтажі краном із однієї стоянки та при переміщенні крану вздовж фронту монтажу?

5.3.3. Що таке економічна ефективність використання кранів?

## Рекомендована література

1. Розробка технологій будівельних процесів: навчальний посібник для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво» / Уклад. Ковальчук Я.О., Конончук О.П., Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2013. – 208 с.
2. М.Т. Сипко, Доманський Г.В., Піщаленко Ю.П., Лащівський В.В. Технологія зведення будівників і споруд. – Рівне: УДУВГП, 2001.
3. В.И. Швиденко. Монтаж строительных конструкций. – Москва: Высшая школа, 1987.
4. А.А. Афанасьев. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. – Москва: Стройиздат, 1990.
5. О.І. Манейлюк і ін. Сучасні технології в будівництві. – Одеса: Евен, 2009. – 534 с.
6. Технологія будівельного виробництва: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура; ред. В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко. – К.: Вища школа, 2002. – 430 с.
7. Смородинов, М.И. Свайные работы: справочник строителя / М.И. Смородинов – М.: Стройиздат, 1988. – 224 с.
8. Миронов, С.А. Теория и методы зимнего беонирования / С.А. Миронов – М.: Стройиздат, 1974. – 700 с.
9. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. ВБН 167-70. – М.: Минтрансстрой СРСР, Оргтрансстрой, 1970. – 36 с.
10. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства. – М.: Стройиздат, 1984. – 115.
11. Фізичні властивості ґрунтів: Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт «Ґрунтознавство і механіка ґрунтів» з дисципліни «Інженерна геологія, дорожнє ґрунтознавство та механіка ґрунтів» / Укладачі: Б.С. Радовский, С.Я. Походіна. – К.: КАДІ, 1989. – 59 с.
12. О.П. Конончук. Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Розробка технологій зведення будівель і споруд». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 35 с.
13. Технологія зведення спеціальних будівель і споруд: методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" всіх форм навчання / Укл.: С.О. Джирма. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 72 с.
14. Строительные краны. Справочник /под ред. Станевского В.Г. и др./- К.: Будівельник, 1989.-296 с.