

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних занять і організації самостійної роботи

з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2024**

Методичні рекомендації до проведення практичних занять і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технологія зведення монолітних будівель і споруд» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. С. В. Шаповал. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 37 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. С. В. Шаповал

Рецензент

**О. В. Кондращенко**, професор, доктор технічних наук, професор кафедри матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій, протокол № 6 від 06.12.2023*

Методичні рекомендації призначені для здобувачів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Подано вимоги до оформлення, засоби та послідовність виконання завдань, список рекомендованих джерел, наведено приклади оформлення робіт.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	6
Практичне заняття № 1 Визначення обсягів робіт при облаштуванні монолітних залізобетонних фундаментів .....	6
Практичне заняття № 2 Розрахунок технологічних параметрів термосного витримування бетону .....	12
Практичне заняття № 3 Вибір машин та механізмів для бетонування фундаментів .....	19
Практичне заняття № 4 Проектування потокового виробництва бетонних робіт.....	28
2 САМОСТІЙНА РОБОТА.....	32
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

## ВСТУП

Матеріали методичних рекомендацій відповідають навчальному плану дисципліни освітньо-кваліфікаційної програми «Промислове та цивільне будівництво» з підготовки бакалаврів за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

*Основна мета навчальної дисципліни* – формування у студентів знань щодо основ технології монолітного зведення будівель і споруд, а також підготувати кваліфікованих і ерудованих спеціалістів для роботи в різних галузях будівельного комплексу.

*Мета практичних занять* – допомогти студентам засвоїти теоретичні питання і на конкретних прикладах вивчити технологію безпечного виконання процесів підземного циклу робіт при зведенні багатопверхового житлового будинку.

У результаті навчання за дисципліною студенти повинні вивчити властивості матеріалів для опалубки, арматури, компонентів бетонної суміші, уміти обирати інструменти та обладнання для будівельних процесів і враховувати особливості бетонування конструкцій у різних умовах будівництва. Фахівець повинен раціонально проектувати технологічні процеси бетонування і армування конструкцій, зменшуючи енерговитрати при монолітному будівництві.

Самостійну роботу студент виконує за участю викладача, який консультує і здійснює методичне керівництво.

*Критерії оцінювання практичних робіт.* Оцінка виставляється за чотирибальною системою: «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно». Оцінка «відмінно» виставляється, якщо студент показав глибокі знання щодо організації будівельного майданчика, вміє користуватися чинними будівельними нормами та довідковою літературою, підраховувати обсяги будівельно-монтажних робіт, скласти калькуляцію трудових витрат та календарний графік

виконання робіт, графіки руху робочих, руху основних машин, потреби в матеріалах, конструкціях; знає вимоги щодо якості робіт та виконує економічну оцінку прийнятих рішень; самостійно і чітко виконує завдання свого варіанта практичної роботи.

Оцінка «добре» виставляється, якщо студент засвоїв основні поняття матеріалу, самостійно може знаходити необхідні дані в чинних будівельних нормах та довідковій літературі, але припускає незначні помилки у підрахунках.

Оцінка «задовільно» виставляється, якщо студент засвоїв основні поняття матеріалу, але відповідає на нескладні питання; за допомогою викладача може знаходити необхідні дані та припускає помилки у підрахунках обсягів будівельно-монтажних робіт, трудових витрат потребі в матеріалах та побутові календарного графіка виконання робіт; допускає суттєві помилки в розрахунках, складанні графіків виконання робіт.

Оцінка «незадовільно» виставляється, якщо студент не засвоїв основні поняття матеріалу, дає невірні відповіді на нескладні питання; не вміє користуватися чинними будівельними нормами та довідковою літературою для підбору даних, допускає суттєві помилки. Строк здачі практичних робіт – тиждень від дня закінчення виконання цієї практичної роботи. Оцінки виставляють у відповідну графу журналу.

## 1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

### Практичне заняття № 1 Визначення обсягів робіт при облаштуванні монолітних залізобетонних фундаментів

**Мета заняття:** набути навичок підрахування обсягів робіт та проектування опалубки монолітних залізобетонних конструкцій.

#### Загальні рекомендації

Обсяги робіт з кожного виду робіт визначають в одиницях виміру, наведених у відповідних збірниках ДБН [1].

Під монолітними фундаментами незалежно від ґрунтів (крім скельних) рекомендується передбачати влаштування бетонної підготовки із товщиною 100 мм.

Об'єм бетонної підготовки під один фундамент

$$V_n = (a_l \cdot 0,2 + b_l \cdot 0,2) \cdot h_n, \text{ м}^3$$

де  $a_l$  і  $b_l$  – розміри сторін подошви фундаменту, м;

$h_n$  – товщина бетонної підготовки, м.

Хід роботи:

1. Об'єм опалубних робіт приймають за площею бічної поверхні фундаментів. Для стрічкових фундаментів площа опалубки визначається подвійною висотою, помноженою на довжину стін. Для спрощення розрахунків довжину стін можна прийняти за розмірами в осях. Для ступінчастих фундаментів площа опалубки визначається сумою добутків периметрів сходів на їхню висоту (помножити периметр на висоту).

2. Об'єм бетонних робіт для стрічкових фундаментів визначається, як добуток площі поперечного перерізу і довжини стін. Для ступінчастих фундаментів обсяг бетону визначається сумою добутків площі сходів на їхню висоту.

3. Обсяг арматурних робіт під час використання готових арматурних виробів визначається у штуках сіток (каркасів) окремо у горизонтальному та вертикальному положенні.

Маса арматури визначається, як добуток обсягу бетону і питомої витрати арматури (кг/м<sup>3</sup>). Співвідношення мас окремих сіток (%) зазначено на схемі завдання. Приймаються такі розміри арматурних елементів: довжина сіток – не більше 3...6 м, ширина – 2,5 м (з умови габаритів перевезення), діаметр арматури – 32 мм.

4. Обсяг робіт зі зняття опалубки дорівнює її площі.

5. Догляд за бетоном здійснюється або покриттям поверхонь (крім верхньої) праймером, тобто розчином бітуму в розчинниках, або водно-бітумною емульсією та укриттям верхньої поверхні плівковими матеріалами, або поливанням бетону водою.

У першому випадку площа поверхні нанесення праймера визначається площею вертикальних і горизонтальних поверхонь (крім верхньої), тобто до площі опалубки потрібно додати площу відповідних горизонтальних поверхонь.

У другому випадку варто врахувати, що поливання бетону, згідно із ДБН, здійснюється декілька разів (за 7 днів близько 25 разів). При укритті поверхонь вологоємними матеріалами, наприклад рогожкою, кількість поливів зменшується майже вдвічі. Таким чином, до обсягів робіт входить укриття горизонтальних та вертикальних поверхонь.

6. Інші роботи (навантажувально-розвантажувальні, прийом бетонної суміші тощо) можуть бути враховані при складанні калькуляції у розмірі 10...15 % від загальної трудомісткості основних процесів.

Таблиця 1.1 – Відомість об'ємів робіт

№ з/п	Найменування робіт	Од. вим.	Об'єм робіт	
			на один фундамент	усього
1	Улаштування бетонної підготовки	м <sup>3</sup>		
2	Установка опалубки	м <sup>2</sup>		
3	Монтаж арматури, у т. ч.:			
	– горизонтальних сіток;	шт./кг		
	– вертикальних сіток	шт./кг		
4	Бетонування фундаментів	м <sup>3</sup>		
5	Зняття опалубки	м <sup>2</sup>		

**Приклад 1.** Площа перерізу стрічкового фундаменту дорівнює  $2 \text{ м}^2$ , довжина сіток –  $3 \text{ м}$ .

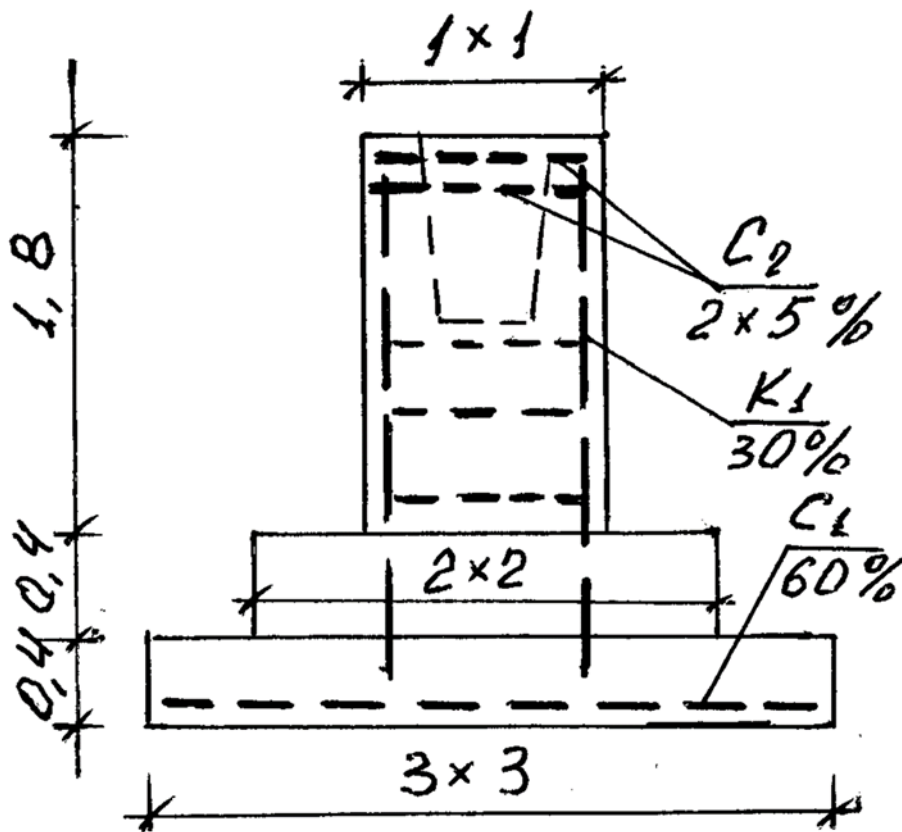


Рисунок 1.1 – Схема фундаменту

Загальний об'єм бетону при довжині стін  $120 \text{ м}$  становитиме  $240 \text{ м}^3$ . При питомій витраті арматури  $40 \text{ кг/м}^3$  маса арматури дорівнює  $40 \times 240 = 9\,600 \text{ кг}$ . Кількість горизонтальних сіток становитиме  $120 : 3 = 40$  шт., вертикальних –  $80$  шт., всього –  $120$  шт. Маса однієї сітки становитиме –  $9\,600 : 120 = 80 \text{ кг}$ .

**Приклад 2.** Забетонувати чотири ряди (по  $16$  шт. у ряду) стовпчастих фундаментів. Питома витрата арматури –  $52 \text{ кг/м}^3$ .

Об'єм бетону

$$V_1 = 3 \times 3 \times 0,4 + 2 \times 2 \times 0,4 + 1 \times 1 \times 1,8 = 7 \text{ м}^3.$$

$$V_6 = 7 \times 64 = 448 \text{ м}^3.$$

Площа поверхонь, де треба встановити опалубку,

$$F_1 = (3 + 3) \times 2 \times 0,4 + (2 + 2) \times 2 \times 0,4 + (1 + 1) \times 2 \times 1,8 + 2,8 = 18 \text{ м}^2.$$



2,8 – площа пристосування для утворення отворів.

$$F_{on} = 18 \times 64 = 1152 \text{ м}^2.$$

Площа ізолюваних поверхонь:

$$F_{iz.1} = F_1 + (3 \times 3 - 1 \times 1) = (18 - 2,8) + 8 = 23,2 \text{ м}^2.$$

$$F_{iz.1} = 23,2 \times 64 = 1484,8 \text{ м}^2.$$

Площа поверхонь, що вкриваються,

$$F_{y.1} = 1 \times 1 = 1 \text{ м}^2; F_{y.} = 1 \times 64 = 64 \text{ м}^2;$$

Витрата арматури:  $g = 0,052 \times 7 = 0,364 \text{ т} = 364 \text{ кг}$ .

Маса сіток:

$C_1 = 0,6 \times 364 = 218 \text{ кг}$ . Приймаємо 2 сітки по 110 кг.

$C_2 = 0,05 \times 364 = 18,2 \text{ кг}$ . Приймаємо 2 сітки по 18 кг.

Маса вертикальних каркасів:

$$K_1 = 0,3 \times 36 \approx 110 \text{ кг}.$$

Загальна кількість сіток та каркасів:

$C_1 - 128 \text{ шт.}$ ,  $C_2 - 128 \text{ шт.}$ ,  $K_1 - 64 \text{ шт.}$

### **Проектування опалубки фундаментів**

1. Рекомендується застосовувати дрібнощитову опалубку стовпчастих фундаментів. Для стрічкових фундаментів можна застосовувати дрібно- або великощитову опалубку.

2. Розробляється маркувальне креслення або ескіз опалубки.

Маркувальне креслення є схематичним зображенням поверхні, на якому нанесені елементи опалубки з присвоєними ним умовними позначеннями – марками. На маркувальному кресленні показують план і бічні проекції конструкції із зазначенням осей основних граней. Розкладка елементів опалубки проводиться на розгортках поверхонь конструкції, що бетонується. На маркувальному кресленні міститься специфікація елементів на одну конструкцію.

3. Використовуючи джерела, роблять ескізи 2...3 вузлів опалубки: кріплення щитів до сутичок, з'єднання щитів, з'єднання сутичок або балок, відривні пристрої тощо.

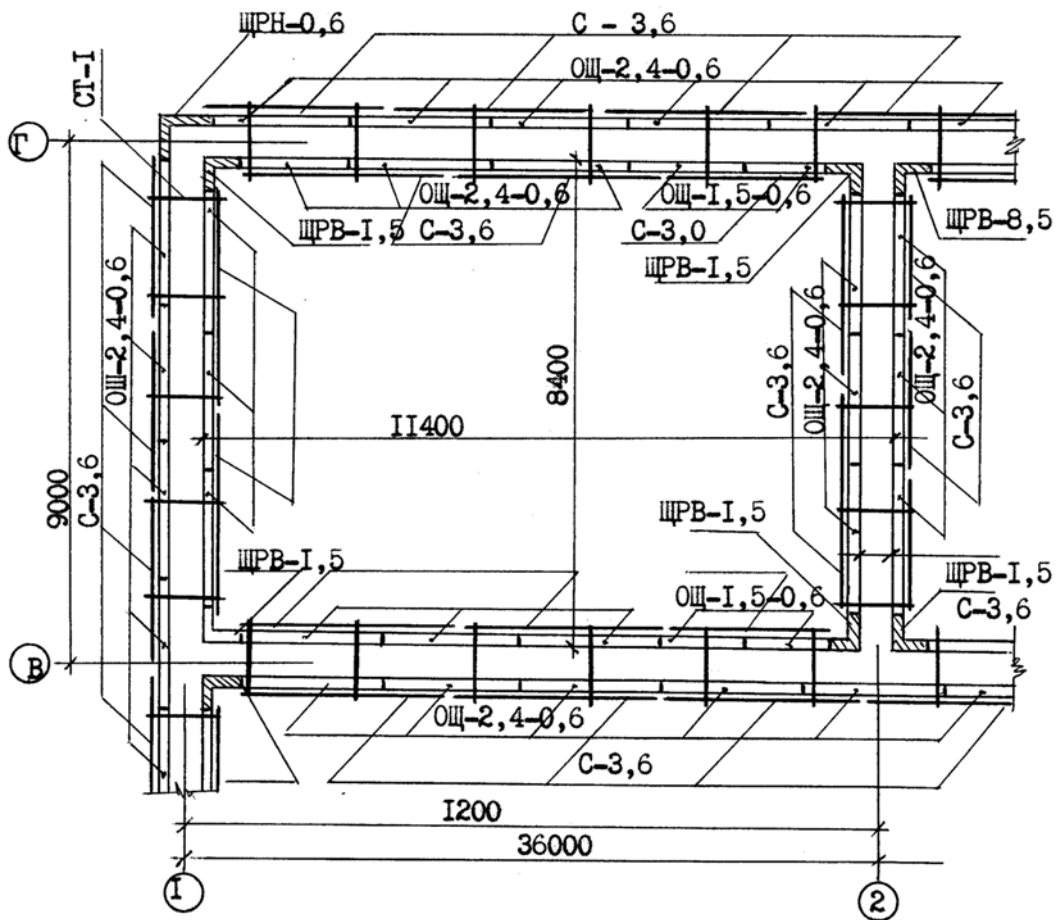


Рисунок 1.2 – Маркувальний ескіз ділянки стіни стрічкового фундаменту

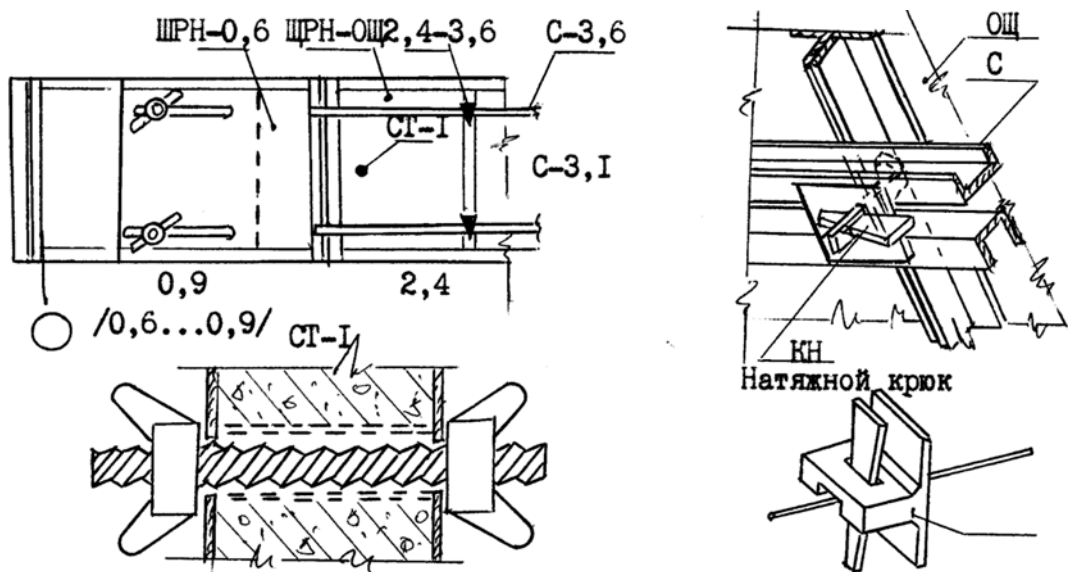


Рисунок 1.3 – Фрагмент розгортки та деталі з'єднання опалубки.

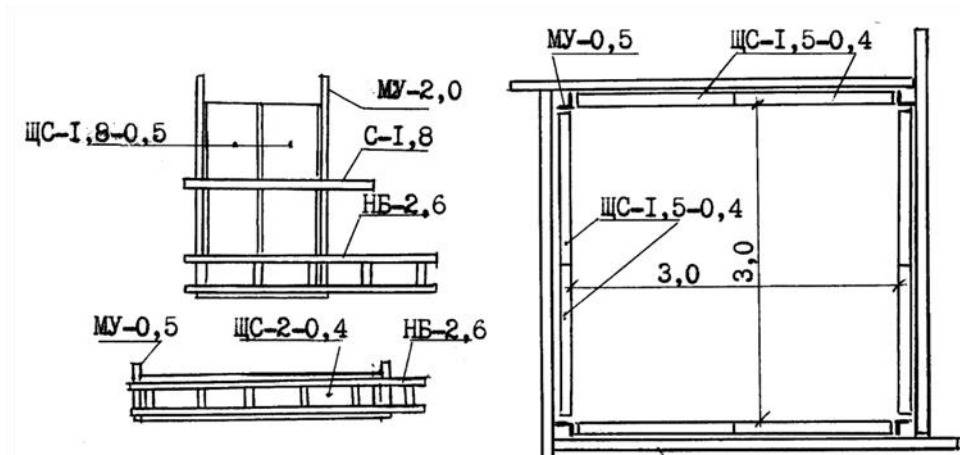


Рисунок 1.4 – Маркувальний ескіз східчастого фундаменту

4. Коротко описується порядок збирання і розбирання опалубки (в разі необхідності потрібно навести схеми).

5. Наводяться заходи щодо підготовки опалубки до повторного використання та нанесення мастила.

6. Описується приймання встановленої опалубки і наводяться відхилення в розмірах і положенні елементів опалубки.

7. Складається відомість матеріалів та напівфабрикатів, куди вносять усі елементи комплексу опалубки, мастило, деревину (при влаштуванні доборів).

### Запитання для контролю знань

1. Склад комплексного процесу залізобетонних робіт.
2. Дрібно- та великощитова розбірно-переставна опалубка.
3. Догляд за бетоном при негативних температурах.
4. Особливості бетонування в умовах жаркого клімату.

## Практична робота № 2 Розрахунок технологічних параметрів термосного витримування бетону

**Мета заняття:** ознайомитися з методикою розрахунків під час зимового бетонування методом «термос».

### Теоретичні відомості

Суть технології «термос» зводиться до ізотермії не за рахунок прогрівання, а за рахунок збереження внутрішнього тепла бетону, а також тепла, що виділяється під час затвердіння бетону. Відповідно, для цього необхідно спочатку нагріти розчин до допустимих температур, а потім залити його максимально термоізолювану подвійну опалубку. За рахунок акумульованої енергії від нагрівання води та наповнювачів, подальшого виділення теплоти масивна теплоізолювана конструкція набирає необхідну міцність за розрахунковий період часу до замерзання.

Бетонну суміш температурою 20...80 °С укладають в утеплену опалубку, а відкриті поверхні захищають від охолодження. Обігрівати її при цьому не потрібно, оскільки кількості теплоти, внесеної в суміш при приготуванні, а також фізико-хімічних процесів взаємодії цементу з водою (екзотермії), що виділяються в результаті, достатньо для її твердіння і набору критичної міцності. При проектуванні термосного витримування бетону підбирають тип опалубки та ступінь її утеплення. Суть методу термоса полягає в тому, щоб бетон, остигаючи до 0 °С, набрав критичної міцності. Враховуючи це, призначають товщину та вид утеплювача опалубки. Утеплення опалубки виконують без зазорів та щілин, особливо у місцях стикування теплоізоляції.

Відомо, що рівняння теплового балансу за формулою Б. Г. Скрамтаєва виглядає так:

$$C_b \times \rho_b \times (t_{b.n.} - t_{b.k.}) + Q \times E = 3,6 \times K \times M_n \times \tau \times (t_{b.c.p.} - t_{n.v.}), \quad (2.1)$$

де  $C_b$  – питома теплоємність бетону, що дорівнює 1,05 кДж/кг× °С;

$\rho_b$  – густина бетону, кг (2 400...2 500 кг/м<sup>3</sup>);

$t_{b.n.}$  – початкова температура бетону, °С;

$t_{\bar{o}.k.}$  – температура бетону до кінця охолодження, °С (для бетонів без хімічних добавок рекомендується приймати  $t_{\bar{o}.k.} = 5$  °С, з добавками – 0...+5 °С);

$C$  – питома витрата цементу, кг/м<sup>3</sup>;

$E$  – екзотермія цементу, кДж/кг; приймається у вигляді 50...60 % E28. Екзотермія у 28-денному віці (E28) становить: для ПЦ М300, 400 та 500 відповідно 300, 335 та 370 кДж/кг; для ШПЦ М300 – 270 кДж/кг;

$3,6$  – перехідний коефіцієнт (кДж/м<sup>2</sup> × β × год × °С), Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$K$  – коефіцієнт теплопередачі опалубки, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$M_n$  – модуль поверхні конструкції,  $M_n = 1$ ;

$\tau$  – час остигання до температури  $t_{\bar{o}.k.}$ , год;

$t_{\bar{o}.cp.}$  – середня за час остигання температура бетону, °С, визначається за формулою:

$$t_{\bar{o}.cp.} = t_{\bar{o}.k.} + (t_{\bar{o}.н.} - t_{\bar{o}.k.}) / (1,05 + 0,181M_n + 0,006(t_{\bar{o}.н.} - t_{\bar{o}.k.})), \text{ °С}; \quad (2.2)$$

$t_{н.в.}$  – температура зовнішнього повітря, °С.

Рівняння (2.1) дозволяє вирішити два завдання:

– при відомому термічному опорі опалубки визначити тривалість охолодження бетону та величину набраної міцності при розрахунковій середній температурі  $t_{\bar{o}.}$

– підібрати конструкцію опалубки при заданих тривалості остигання та міцності бетону до моменту остигання до  $t_{\bar{o}.k.}$ .

### **Вихідні дані до виконання практичного заняття**

На цьому практичному занятті вирішується, переважно, перше завдання. Зауважимо також, що ця методика застосовується при використанні методу попереднього розігріву бетонної суміші (змінюється  $t_{\bar{o}.н.}$ ) та при розрахунку режимів охолодження.

Із метою спрощення розрахунків пропонується до першого члена рівняння (тепловміст бетонної суміші) ввести коефіцієнт 0,95, що враховує втрати тепла на нагрівання опалубки та арматури.

Вихідні дані наведено у таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунків

Номер варіанта	Температура суміші на виході з бетонозмішувача, $t_{б.н.}, ^\circ\text{C}$	Температура зовнішнього повітря, $t_{н.в.}, ^\circ\text{C}$	Час транспортування, $\tau_{mp}$ , хв.	Тип опалубки	Марка цементу	Витрати цементу, $C$ , кг/м <sup>3</sup>	Швидкість вітру, $v$ , м/с
1	28	-5	15	I	ПЦ-300	280	0
2	29	-7	20	II	ПЦ-400	290	5
3	30	-8	22	III	ПЦ-500	300	15
4	31	-9	25	IV	ШПЦ-300	310	15
5	32	-10	27	V	ПЦ-400	320	0
6	33	-11	30	VI	ПЦ-400	320	5
7	34	-12	33	VII	ПЦ-500	300	15
8	35	-13	35	I	ШПЦ-300	350	15
9	36	-20	40	II	ПЦ-400	290	0
10	40	-12	35	III	ПЦ-500	280	5

### Методика розрахунків

Визначається початкова температура бетону. Для цього треба врахувати всі втрати тепла за час транспортування та укладання бетонної суміші.

Зниження температури під час транспортування:

$$\Delta t_{mp} = \Delta t'_{mp} \times \tau_{mp} \times \Delta T, ^\circ\text{C};$$

де  $\Delta t'_{mp}$  – питома зниження температури суміші при транспортуванні протягом 1 хвилини, град/ хвилини.

Приймається залежно від виду транспорту:

- для неутеплених автосамоскидів – 0,003;
- для утеплених автосамоскидів – 0,001;
- для неутеплених автобетонозмішувачів – 0,002 5;

$\tau_{mp}$  – час транспортування, хв; приймається за таблицею 2.1;

$T$  – різниця температури суміші та зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ . Із метою спрощення для наступних розрахунків  $T$  може бути прийнята однаковою.

Таблиця 2.2 – Конструкції опалубки і коефіцієнти теплопередачі

Тип опалубки	Матеріал, товщина шарів, мм	Коефіцієнт теплопередачі опалубки, $K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ×°С) при швидкості вітру, м/с		
		0	5	15
I	Дошки, 25	2,44	5,2	5,98
II	Дошки, 40	2,03	3,6	3,94
III	Дошки, 25 Пінопласт, 30 Фанера, 4	0,67	0,8	0,82
IV	Дошки, 25 Толь Дошки, 25	1,8	3,0	3,25
V	Дошки, 25 Толь Мінвата, 50 Фанера, 4	0,87	1,07	1,1
VI	Метал, 3 Мінвата, 50 Фанера, 4	1,02	1,27	1,33
VII	Фанера, 10 Асбест, 4 Фанера, 10	2,44	5,1	5,8

Зниження температури при перевантаженні:

– для схеми «кран-баддя»:

$$\Delta t_n = \Delta t'_n \times \tau_n \times \Delta T \times n, \text{ } ^\circ\text{C};$$

де  $\Delta t'_n$  – питоме зниження температури суміші при перевантаженнях; орієнтовно приймається 0,003 2 град/хв;

$\tau_n$  – тривалість навантаження (3...5 хв);

$n$  – число навантажень (два навантаження);

– при укладанні суміші бетононасосами та бетоноукладальниками:

$$\Delta t_n = \Delta t''_n \times \tau_n \times \Delta T, \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $\Delta t''_n$  приймається для бетононасосів рівним часу укладання суміші, а для бетоноукладачів – половині часу укладки, хв.

Зниження температури суміші під час укладання та ущільнення:

$$\Delta t_y = \Delta t''_y \times \tau_y \times \Delta T, \text{ } ^\circ\text{C};$$

де  $\Delta t''_y$  – питоме зниження температури суміші при укладанні та ущільненні, град/хв (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Питоме зниження температури суміші при укладанні та ущільненні

Товщина конструкції, мм*	150	200	300	400	500	700
$\Delta t''_y$ , град/хв	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003
* Приймається за висотою нижньої сходинки фундаменту.						

$\tau_y$  – тривалість укладання суміші, хв:

$$\tau_y = V_{ш} \times 480 / I_{\bar{o}} = V_{ш} \times H_{часу} / N_{ланки}, \text{хв},$$

де  $V_{ш}$  – об'єм бетону в одному шарі, м<sup>3</sup>, приймається для стовпчастих фундаментів рівним об'єму нижнього ступеня, для стрічкових фундаментів – об'єму шару бетону на ділянці між робочими швами (за відсутності відповідних розрахунків прийняти довжину ділянки 3...8 мм) ;

$I_{\bar{o}}$  – інтенсивність бетонування, м<sup>3</sup>/зм.

Визначається модуль поверхні конструкції:

$$M_n = F_{охол.} / V, \text{м}^{-1},$$

де  $F_{охол.}$  – площа поверхонь, що охолоджуються. При укладанні суміші на підігріту ґрунтову або бетонну основу вона дорівнює площі догляду за бетоном ( $F_{он} + F_{із} + F_y$ );

$V$  – обсяг бетону.

Визначається час остигання бетону:

$$\tau = (0,95C_{\bar{o}} \times \rho_{\bar{o}}(t_{\bar{o}.н.} - t_{\bar{o}.к.}) + C \times E) / 3,6K \times M_n (t_{\bar{o}.ср.} - t_{н.в.}), \text{ГОД.}$$

За графіками набору міцності (рис. 4.1) визначається міцність бетону за час остигання при розрахунковій середній температурі.

Якщо отримане значення  $R$  не задовольняє поставленим умовам (мінімум 50% від проектної міцності), слід запропонувати заходи щодо його збільшення.

Одне з найпоширеніших рішень – застосування добавок-прискорювачів тверднення бетону, наприклад хлористого кальцію (табл. 2.4).



Можна збільшити температуру суміші на виході з бетонозмішувача. При цьому варто враховувати, що максимальні значення набувають:

- для бетонів на ПЦ та ШПЦ марок 400 і вище – 35 °С;
- для бетонів на ПЦ М300 – 40 °С;
- для бетонів на ШПЦ марок 200...300 – 45 °С.

Таблиця 2.4 – Зростання міцності бетону на портландцементі з добавкою хлористого кальцію

Вік бетону, днів	Температура витримування бетону								
	0...5 °С			5...10 °С			15...20 °С		
	Вміст хлористого кальцію, %								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	1,75	2,05	2,5	1,6	1,9	2,3	1,4	1,65	2,0
3	1,65	1,9	2,05	1,5	1,75	1,9	1,3	1,5	1,65
5	1,5	1,65	1,75	1,4	1,5	1,6	1,2	1,3	1,4
7	1,45	1,5	1,55	1,3	1,4	1,45	1,15	1,2	1,25
28	1,3	1,4	1,4	1,2	1,25	1,25	1,05	1,1	1,1

Можна змінити конструкцію опалубки чи збільшити товщину теплоізоляційного шару, тобто. зменшити коефіцієнт теплопередачі опалубки.

У цьому випадку завдання вирішують або підбором, користуючись наведеною вище методикою, або розрахунком. Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі

$$K_p = (0,95C_b \times \rho_b \times (t_{б.н.} - t_{б.к.}) + C \times E) / 3,6 \times M_n \times (t_{б.ср.} - t_{н.в.}),$$

де  $t_{б.ср.}$  – середня температура бетону за необхідний час остигання, необхідна для отримання заданої міцності, °С.

**Приклад розрахунку.** Перевірити можливість бетонування методом «термос» стрічкового фундаменту за таких умов:  $t_{н.в.} = -10$  °С;  $t_{ср.} = 30$  °С. Час транспортування 20 хв. Доставка суміші здійснюється автобетонозмішувачем, подача – цебрами.  $V_b = 0,75$  м<sup>3</sup>, бетон – В20 ПЦ М300, витрата цементу 320 кг/м<sup>3</sup>. Конструкція опалубки – VI. Швидкість вітру 5 м/с. Необхідна міцність –  $R_{mp} = 70$  % R28. Інтенсивність бетонування 50 м<sup>3</sup>/змінa. Товщина шару, що укладається 0,5 м.

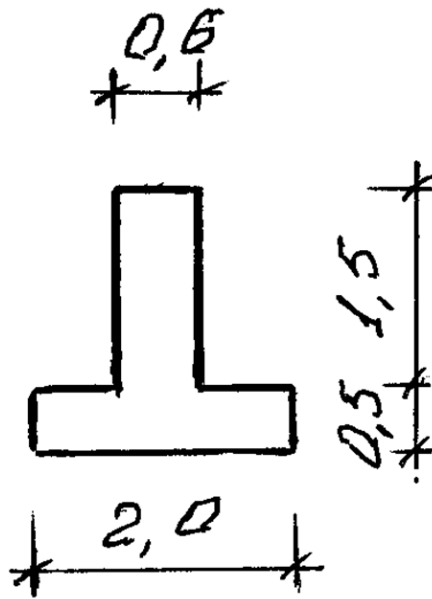


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема фундаменту

За таблицю 2.2 знаходимо  $K = 1,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

1. Визначаємо  $M_n$  на 1 м довжини стінки.

$$F_{\text{охл}} = (0,5 + 1,5) \times 2 = 6 \text{ м}^2;$$

$$V = (0,5 \times 2 + 0,6 \times 1,5) \times 2 = 1,9 \text{ м}^2;$$

$$M_n = 6 / 1,9 = 3,16 \text{ м}^{-1}.$$

2. Визначаємо  $t_{\text{б.н.}}$

$$\Delta t_{mp} = \Delta t'_{mp} \times \tau_{mp} \times \Delta T = 0,0025 \times 20 (30 - 10) = 2 \text{ °C};$$

Температура суміші на майданчику складе  $30 - 2 = 28 \text{ °C}$ .

$$\Delta t_n = \Delta t''_n \times \tau_n \times \Delta T \times n = 0,0032 \times 5 (28 - 10) \times 2 = 1,2 \text{ °C};$$

На момент ущільнення температура суміші становитиме

$$28 - 1,2 = 26,8 > \text{C}.$$

Об'єм шару бетонної суміші на ділянці довжиною 5 м складе

$$0,5 \times 2 \times 5 = 5 \text{ м}^3.$$

Тривалість укладання суміші, хв

$$\tau_y = V_{\text{ш}} \times 480 / I_{\text{б}} = 5 \times 480 / 50 = 48 \text{ хв};$$

Зниження температури суміші під час укладання та ущільнення:

$$\Delta t_y = \Delta t''_y \times \tau_y \times \Delta T = 0,004 \times 48 (26,8 + 10) = 7 \text{ °C}.$$

Початкова температура бетону  $t_{\delta.н.} = 26,8 - 7 = 19,8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Середня температура бетону за необхідний час остигання, необхідна для отримання заданої міцності

$$t_{\delta.ср.} = t_{\delta.к.} + (t_{\delta.н.} - t_{\delta.к.}) / (1,05 + 0,181M_n + 0,006(t_{\delta.н.} - t_{\delta.к.})) = \\ = 5 + (19,8 - 5) / (1,05 + 0,181 \times 3,16 + 0,006(19,8 - 5)) = 13,65 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Визначається час остигання бетону:

$$\tau = (0,95C_{\delta} \times \rho_{\delta}(t_{\delta.н.} - t_{\delta.к.}) + \Pi \times E) / 3,6K \times M_n (t_{\delta.ср.} - t_{н.в.}) = \\ = (0,95 \times 1,05 \times 2400(19,8 - 5) + 320 \times 0,5 \times 293) / 3,6 \times 3,16 (13,65 - 10) = \\ = 241 \text{ год.} \approx 10 \text{ діб.}$$

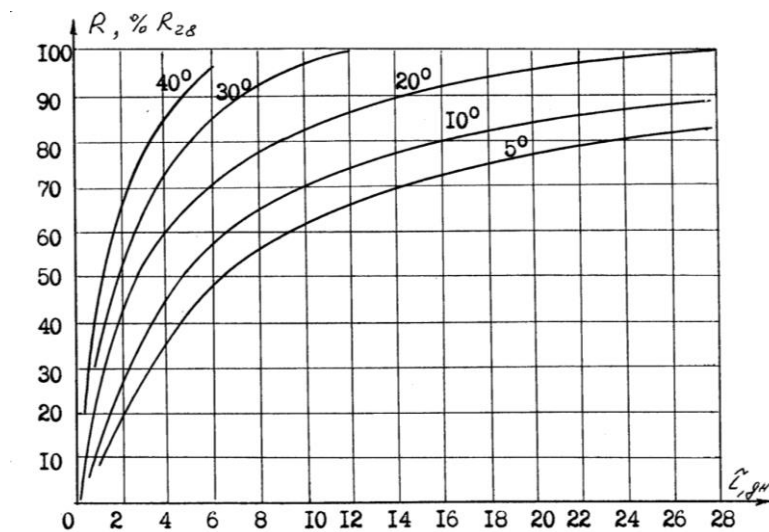


Рисунок 2.2 – Графіки збільшення міцності бетону на портландцементі марок 400...500

За графіком знаходимо  $R = 74 \%$  від  $R_{28}$ , тобто умови завдання виконані.

### Запитання для контролю знань

1. Методи зимового бетонування.
2. Вплив хімічних добавок на швидкість твердіння бетону.

### Практична робота № 3 Вибір машин та механізмів для бетонування фундаментів

**Мета заняття:** набути навичок щодо підбору провідних та допоміжних машин та механізмів під час виконання бетонних робіт.

Хід роботи:

1. Середня необхідна продуктивність комплекту машин для подачі бетонної суміші визначається за виразом:

$$P_{\text{необх.}} = V : T \cdot A \cdot t, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

де  $V$  – обсяг бетонних робіт,  $\text{м}^3$ ;

$T$  – прийнятий час виконання основного процесу (бетонування), дні (приймається за завданням, до того ж за наявності двох секцій цей час бажано приймати кратним двом змінам (при однозмінній роботі – одному дню));

$A$  – змінність робіт (1...2 зміни/дн.);

$t$  – тривалість зміни, год (8 або 8,2 год/зм.).

2. Необхідна інтенсивність подачі та укладання суміші:

$$I_{\text{необх.}} = P_{\text{необх.}} \cdot k_n / k_v, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

де  $k_n$  – коефіцієнт нерівномірності подачі та укладання суміші, приймається у межах 1,1...1,3;

$k_v$  – коефіцієнт використання машин за часом, що приймається 0,9.

Розміщення механізмів приймається на нульових відмітках з переміщенням машин по периметру споруди для стрічкових фундаментів і вздовж рядів для стовпчастих, за припущення розробки котловану в першому випадку і траншей – у другому. Відстань від осі фундаменту до осі руху машин орієнтовно можна прийняти такою:

$$L = B : 2 + H + 1,5, \text{ м},$$

де  $B$  – ширина фундаменту;

$H$  – глибина котловану (траншеї).

3. За інтенсивністю укладання суміші та з урахуванням геометричних параметрів конструкцій та споруди в цілому, з переліку існуючих машин вибирається вид та тип провідної машини, визначається її годинна експлуатаційна продуктивність ( $P_e$ ).

Із використанням схеми подачі «кран-баддя» тип і марка крана (самохідного) вибирається по [4].

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика бадді

Показники	Од. вим.	Місткість, м <sup>3</sup>						
		непоротні			поворотні			
		0,3	0,5	0,8	0,8	1,2	1,6	2,4
Довжина	м	0,91	2,18	1,5	2,82	3,0	4,35	4,0
Ширина	м	0,9	1,1	1,15	1,15	1,7	2,4	2,55
Маса із сумішшю	т	0,88	1,53	2,45	2,39	3,58	4,9	8,83
Продуктивність	м <sup>3</sup> /год	2,0	2,5	4,2	4,2	5,1	5,9	8,0

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика бетоноукладачів

Показники	Од. вим.	Марка та базова машина			
		БУ-1 Кран БКСМ-1	БУ-2 Екскаватор Е-352	ЕМ-44 С-100	ГУКБ- 132 Т-75
Виліт стріли	м	14	15	14	11
Кут у плані	град.	180	180	180	100
Кут підйому стріли	град.	10	12	10	20
Місткість бункера	м <sup>3</sup>	2,4	2,4	1,6	1,6
Продуктивність	м <sup>3</sup> /год	5...20			

4. Визначається кількість провідних машин:

$$N = I_{\text{необх.}} / P_e, \text{ шт.}$$

Вибираються машини для доставки бетонної суміші з заводу-виробника (БРВ). Вид транспорту – автосамоскид (АС), автобензовоз (АБВ) або автобетонозмішувач (АБЗ) – вибирається з урахуванням дальності доставки ( $L_{\text{необх.}}$ ), рухливості суміші (ОК), типу дороги, виду основного механізму та ємності їх приймальних бункерів (БРВ).

### Транспортування бетонної суміші

При транспортуванні від бетонного заводу до об'єкта, що будується, бетонна суміш повинна зберегти свої властивості: однорідність, показники рухливості і жорсткості. Однорідність суміші порушується (суміш розшаровується) у результаті транспортування нерівною дорогою, при високій

швидкості руху і тривалому транспортуванні. При розшаруванні суміші великий заповнювач осідає вниз, а розчинна частина і надлишок води піднімаються вгору.

Щоб запобігти розшарування та зберегти технологічні властивості суміші при транспортуванні, дотримуються ряду вимог: перевозять її у спеціальному транспорті дорогами з жорстким покриттям. Наприклад, при перевезенні у відкритих самоскидах якість суміші знижується під впливом атмосферних опадів, сонячних променів, вітру. Тривалість транспортування, що допускається, як правило, не повинна перевищувати часу схоплювання цементу. Цей параметр для звичайних бетонів та бетонів на пористих заповнювачах знаходиться в діапазоні 45...120 хв. Крім того, час транспортування залежить і від температури бетонної суміші: 45 хв – при температурі бетону 20...30 °С, 90 хв – при 10...20 °С та 120 хв – при 5...10 °С.

Для збереження технологічних властивостей сумішей максимально скорочують кількість перевантажувальних операцій і розвантажують суміш безпосередньо в бетоновану конструкцію або в укладальне обладнання. Висота вільного падіння бетонної суміші при вивантаженні не повинна перевищувати 2 м.

Таблиця 3.3 – Допустима відстань транспортування бетонної суміші

Вид дорожнього покриття, швидкість	ОК, см	Дальність транспортування, км						
		АС		АБВ		АБС*		
		Тип бетонної суміші						
		Б	В	Б	В	А	Б**	В
Жорстке асфальтове	1–3	45	30	90	45	Без обмежень	120	100
Асфальтобетонне	4–6	30	20	60	30		100	80
30 км/год.	7–9	22	15	40	20		80	60
	10–14	15	–	30	15		60	45
	1–3	10	7	20	12		90	70
М'яке ґрунтове	4–6	7	5	15	6		70	50
15 км/год.	7–9	5	3,5	9	5		50	40
	10–14	–	–	7	4		40	30

\* Доставляти бетонну суміш АБС по ґрунтових дорогах не рекомендується внаслідок швидкого зносу машини.  
 \*\* Дані наведені для вологості наповнювачів до 3 %, при інших значеннях значення відстані потрібно уточнити.

Тип бетонної суміші (табл. 3.3) прийнято таким:

А – суха; Б – на вологих заповнювачах або частково зачинена; В – готова.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика автосамоскидів

Показник	Од. вим.	ЗИЛ 555	ЗИЛ 4502	КаМАЗ 35511	КаМАЗ 55102	МАЗ 5549	КрАЗ 25651
Об'єм кузова	м <sup>3</sup>	3,0	3,8	7,2	4,8	5,1	6
Кут підйому кузова	град.	55	50	60	50	55	60
Висота розвантаження	м	1,1...1,2		1,6	1,3	1,2...1,4	

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика автобетоновозів

Показники	Од. вим.	Марка				
		СБ-113	СБ-113м	СБ-124	СБ-128	АБ-132
Базова машина	–	ЗИЛ-130Д	МАЗ-505	КаМАЗ-5511	КрАЗ-6505	МАЗ-50А
Місткість кузова	м <sup>3</sup>	1,6	3,0	4,0	6,0	3,2
Висота розвантаження	м	1,6	1,6	1,2	1,53	1,25
Кут підйому кузова	град.	100	100	90	85	90

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика автобетонозмішувачів

Показники	Од. вим.	СБ-69	СБ-92	СБ-159	СБ-127	АМ-6Н	АМ-29Н	СБ-132
Базова машина	–	МАЗ-503	КаМАЗ-5511			КрАЗ-257	КрАЗ-258	МАЗ-9996
Об'єм готової суміші	м <sup>3</sup>	2,5	4	5	6	5	9	8
Висота розвантаження	м	1,4...1,6				До 1,7		

Тривалість доставки за умови  $t_{cx}$ :

$$t_0^2 = t_{cx} - (t_y + t_n + t_p + L : V_{сер}),$$

де  $t_{cx}$  – заданий час схоплювання цементу, год;

$t_y$  – тривалість укладання суміші, що доставляється однією машиною з обсягом виходу  $V_{mp}$ , год:

$$t_y = V_{mp} : I_{необх} \cdot K_g^{mp},$$

де  $K_g^{mp}$  – коефіцієнт використання транспорту за часом (приймається 0,85... 0,92);

$t_n$  – тривалість навантаження суміші на БРУ, год (приймається 0,1 год для АС та 0,2 год для АБВ та АБС);

$t_p$  – час розвантаження транспорту, год (приймається 0,1 год при розвантажуванні у цебра і 0 для розвантаження у приймальні бункера бетоноукладачів та бетононасосів (цей час входить до часу укладання)).

Режим доставки вибирається таким, щоб була дотримана нерівність

$$t_{\delta}^1 < t_{\delta}^2.$$

Зазвичай перевозять готові суміші. При недотриманні нерівності слід вводити в суміш добавки для збільшення  $t_{cx}$ , або вибрати інший тип суміші (Б або А). До того ж потрібно враховувати, що якщо АБС здатні самі приготувати суміш, то при використанні АС та АБВ на майданчику потрібно мати додаткові змішувачі.

Необхідна кількість транспортних машин визначається за такою формулою

$$N = \Pi_{необх} \cdot t_u^{mp} : V_{mp} \cdot K_g^{mp}, \text{ шт.},$$

де  $t_u^{mp}$  – тривалість робочого циклу транспорту:

$$t_u^{mp} = t_n + (2 : V_{сер}) + t_p'', \text{ год};$$

$t_p$  – час вивантаження суміші, год.

Приймається:

- при розвантаженні в цебра – 0,1 год;
- при розвантаженні в приймальний бункер бетононасоса –  $t_y$ ;
- при розвантаженні в бункер бетоноукладача

$$t_p'' = t_y ((V_{необх} : V_k) - 1) : V_{необх}, \text{ год}.$$

При  $t_p' = 0,1$  год приймається  $t_p'' = 0,1$  год, де  $V_k$  – ємність приймального ковша бетоноукладача, м<sup>3</sup>.



Обирають механізми ущільнення бетонної суміші.

Для ущільнення бетонної суміші у фундаментах застосовуються внутрішні вібратори з гнучким валом або з вбудованим електродвигуном.

Тип вібратора визначається за довжиною робочої частини вібратора:

$$l_g > h_{ш} + 0,05, \text{ м,}$$

де  $l_g$  – довжина робочої частини вібратора, м;

$h_{ш}$  – товщина шару бетону, що укладається, 0,25...0,4 м. Для нижнього шару можна прийняти  $l_g = h_{ш}$ .

Продуктивність вібратора орієнтовно може бути визначена за формулою

$$P_g = 60\pi \cdot R_g^2 \cdot K_n, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де  $R_g$  – радіус дії вібратора (табл. 3.7), м;

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує рухливість суміші.

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика вібраторів

Показник	Од. вим.	Із гнучким валом				Дебалансові, із вбудованим двигуном			
		ІВ75	ІВ66	ІВ67	ІВ47	ІВ58	ІВ78	ІВ79	ІВ80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр корпусу	мм	28	38	51	76	114	50	75	100
Довжина робочої частини	м	0,4	0,36	0,41	0,44	0,41	0,42	0,5	0,52
Радіус дії	м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,4

Для схеми «кран-бадя» краще використовувати жорсткі суміші з ОК = 0...2 см; для бетоноукладачів рухливість приймається у межах 0...6 см; для бетононасосів приймають ОК = 6...12 см. Значення  $K_n$  наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Значення коефіцієнта  $K_n$

Рухливість суміші, см	0...2	6...8	10...12
Значення $K_n$	1	1,4...1,5	1,8...2

Кількість вібраторів визначається за формулою

$$N_v = I_{необх.} : P_v, \text{ шт.}$$

На схемі зображуються у плані та розрізі шляху переміщення машин щодо фундаментів, їх стоянки. Для однієї з ділянок фундаменту зображена схема перестановки вібраторів.

При ширині фундаменту до  $1,9 R_v$  приймається перестановка вібраторів у 1 ряд, до  $2,5 R_v$  – у два ряди і далі на кожен ряд –  $1,5 R_v$ . У повздовжньому напрямі крок перестановки становить  $1,5 R_v$ . Визначається розмір блоку бетонування:

$$F_{бл.} = P_{необх.} \cdot t_{cx}' : h_{ш}, \text{ м}^2,$$
$$t_{cx}' = t_{cx} - (t_n + L_{необх.} : V_{сер} + t_y), \text{ год.}$$

*Примітка.* Значення  $t_n$  і  $t_p$  дивіться вище.

Значення  $F_{бл.}$  повинні перевищувати площу нижнього ступеня стовпчастого фундаменту або фундаментної подушки стрічкового фундаменту на прийнятій довжині ділянки бетонування. В іншому випадку потрібно передбачити заходи щодо змінювання  $t_{cx}$ ,  $h_{ш}$  або  $P_{необх.}$ .

**Приклад 1.** Об'єм бетону становить  $448 \text{ м}^3$ . Прийнятий час бетонування – 8 днів при однозмінній роботі. Дальність транспортування – 15 км, час схоплення цементу – 2 год. Дорога асфальтована.

Необхідна усереднена продуктивність:

$$P_{необх.} = V : T \cdot A \cdot t = 448 / 8 \times 1 \times 8 = 7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна інтенсивність укладання суміші:

$$I_{необх.} = P_{необх.} \cdot K_n : K_v = 7 \times 1,2 / 0,9 = 9,3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Провідна машина – бетоноукладач ЛБУ-20 з експлуатаційною продуктивністю  $5 \dots 20 \text{ м}^3/\text{год.}$  Приймаємо  $P_e = 10 \text{ м}^3/\text{год.}$

Кількість провідних машин

$$N = I_{необх.} : P_e = 9,3 : 10 < 1.$$

Приймаємо 1 бетоноукладальник.

Для доставки готової бетонної суміші приймаємо АБС марки СБ-159 з обсягом виходу  $V_{необх.} = 5 \text{ м}^3$ .

Приймаємо середню швидкість руху АБС 35 км/год, час завантаження  $t_n = 0,2$  год, час розвантаження 0.

Час укладання суміші, що доставляється АБС,

$$t_y = V_{mp} : I_{mp} \cdot K_{\epsilon}^{mp} = 5 : 9,3 \cdot 0,9 = 0,6 \text{ год};$$

$$t_{\delta}^1 = L_{необх.} : V_{сер.} = 15 : 34 = 0,43 \text{ год};$$

$$t_{\delta}^2 = t_{cx} - (t_y + t_n + t_p + L : V_{сер.}) = 2 - (0,2 + 0,6) = 1,2 \text{ год};$$

$$t_{\delta}^1 < t_{\delta}^2.$$

Умови дотримуються.

Тривалість розвантаження АБС у приймальний бункер ЛБУ-20 об'ємом  $V_k = 3,2 \text{ м}^3$ .

$$t_p'' = t_y ((V_{необх.} : V_k) - 1) : V_{необх.} = 0,6 ((5 : 3,2) - 1) : 5 = 0,06 \text{ год.}$$

Приймаємо  $t_p' = 0,1$  год.

Тоді тривалість робочого циклу АБС становитиме:

$$t_y^{mp} = t_n + (2L : V_{сер.}) + t_p'' = 0,2 + 2 \cdot 15 : 36 + 0,1 = 1,16 \text{ год.}$$

Необхідна кількість АБС

$$N = (П_{необх.} \cdot t_y^{mp} : V_{mp} \cdot K_{\epsilon}^{mp}) + 1 = (7 \cdot 1,16 : 5 \cdot 0,9) + 1 = 2,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо 3 АБС.

Для ущільнення суміші висотою 0,4 м приймаємо вібратор з гнучким валом ІВ-47 із довжиною робочої частини  $l_{\epsilon} = 0,44$  м і радіусом дії  $R_{\epsilon} = 0,35$  м. Приймаємо рухливість суміші  $OK = 2$  см,  $K_n = 1$ .

Продуктивність вібратора

$$P_{\epsilon} = 60\pi \cdot R_{\epsilon}^2 \cdot K_n = 60\pi \cdot 0,4 \times 0,35^2 = 9,23 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Таким чином, для ущільнення суміші достатньо використати 1 вібратор.

Час схоплення бетону

$$t'_{cx} = t_{cx} - (t_n + L_{необх.} : V_{сер.} + t_y) = 2 - (0,2 + 15 : 34 + 0,6) = 1,37 \text{ год.}$$

Тоді площа блоку бетонування

$$F_{бл.} = П_{необх.} \cdot t'_{cx} : h_{ui} = 7 \times 437 / 0,4 = 24 \text{ м}^2,$$

що більше площі нижнього ступеня  $F_n = 3 \times 3 = 9 \text{ м}^2$ .

## Практичне заняття № 4 Проектування потокового виробництва бетонних робіт

**Мета заняття:** набути навичок щодо нормування процесів бетонування; використати завдання та вихідні дані, прийняті на заняттях № 1 і № 2.

### Теоретичні відомості

Суть потокового методу полягає в організації послідовного, безперервного і ритмічного проведення будівельних робіт, що дає можливість ефективно використовувати матеріальні та трудові ресурси. Потік припускає, що за рівні проміжки часу випускаються певні обсяги будівельної продукції і підвищується рентабельність будівництва. Практика засвідчує, що при переході «на потік» тривалість будівництва скорочується в середньому до 20 %, а продуктивність праці зростає на 8...10 %.

Складається калькуляція трудових витрат та заробітної плати. Опис роботи має бути повним і відповідати нормам, що приймаються, в обґрунтуванні норм зазначаються параграф ГН, номер і пункт (рядок-стовпець) таблиці. Роботи зі зварювання (в'язки) арматури з метою спрощення можуть бути враховані запровадженням коефіцієнтів до  $H_{\text{часу}}$  та  $P_{\text{озц}}$  (орієнтовно 1,2 для стовпчастих фундаментів та 1,3 – для стрічкових).

Для процесу бетонування норму часу можна визначити розрахунковим шляхом, у такому разі в графу «Обґрунтування норм» записують слово «розрахунок»; норма часу розраховується відповідно до прийнятої продуктивності провідної машини, розцінка обчислюється пропорційно до норми часу порівняно з аналогічною нормою ДБН (приблизно 0,71 грн/люд.-год.):

$$\text{Норма часу} = a \cdot N_{\text{л}} : P_{\text{необх.}}, \text{ люд.-год.},$$

де  $a$  – одиниця виміру ( $1 \text{ м}^3$ );

$P_{\text{необх.}}$  – прийнята експлуатаційна продуктивність провідної машини,  $\text{м}^3/\text{год.}$

За відсутності даних заняття № 2 можна прийняти усереднену продуктивність: для бетонування краном з цебрами – 5...6 м<sup>3</sup>/год, стрічковими бетоноукладачами – 7...10 м<sup>3</sup>/год та бетононасосами – 10...15 м<sup>3</sup>/год;

$N_{л}$  – склад ланки бетонників (орієнтовно можна прийняти 2 особи).

*Примітка.* При  $P_{необх.}$  до 10 м<sup>3</sup>/год та 3 особи при  $P_{необх.}$  понад 10 м<sup>3</sup>/год.

Таблиця 4.1 – Калькуляція трудових витрат

Найменування будівельних процесів	Од. вим.	Обсяг робіт	§ ГН	Норма часу, люд. - год	Склад ланки			Трудоемність	
					професія	розряд	к-ть	люд.- год	люд.- дні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Календарний план виконання робіт складається з урахуванням потокового виконання робіт на об'єкті та максимального поєднання у часі окремих видів робіт [9].

Вихідними даними для складання календарного плану є склад та обсяги робіт, а також результати підрахунку їх трудомісткості.

Календарний план складається формою, наведеної в таблиці 4.2. Ліва розрахункова частина календарного плану (графи 1...11) заповнюється певним чином.

*Найменування робіт (графа 1).* Заповнюється у технологічній послідовності виконання робіт. При цьому потрібно по можливості об'єднувати, укрупнювати роботи, щоб календарний план був лаконічним і зручним для читання.

*Обсяг робіт (графи 2, 3).* Одиниця виміру та кількість робіт проставляються на підставі розрахунків.

*Нормативна трудомісткість за галузевими нормами (графа 4)* приймається за таблицею 4.1. При цьому трудомісткість, виражену в люд.-год, необхідно перевести в люд.-дні шляхом ділення на кількість годин за зміну (8 год).

*Необхідні машини.* У графі 5 вказуються найменування та марка машин, а у графі 6 – їх розрахункова кількість.

*Кількість робітників (графа 9)* приймається відповідно до рекомендацій ГН. При великих обсягах робіт кількість робітників необхідно збільшувати відповідно до кількості робітників, вказаних у галузевих нормах.

*Змінність механізованих робіт (графа 10)* має становити не менше двох. Змінність інших робіт приймається з урахуванням обсягів та технологічних особливостей їх виконання.

*Тривалість робіт у днях (графа 11)* визначається шляхом ділення нормативної трудомісткості (графа 4) на запланований склад ланки (графа 9) та кількість змін на добу (графа 10). Тривалість робіт необхідно округлювати до цілого числа в меншу сторону (з урахуванням скорочення нормативного часу).

*У графічній частині календарного плану (графа 12)* вказується тривалість робіт у вигляді горизонтальних ліній, побудованих у масштабі часу, над якими вказують кількість робітників у зміну.

Складання графіка необхідно починати з провідної роботи, від якої вирішальною мірою залежить загальна тривалість будівництва і з якою мають бути узгоджені терміни виконання інших робіт.

Таблиця 4.2 – Календарний план виконання робіт

Найменування технологічних процесів (робіт)	Од. виміру	Обсяг робіт	Трудосмісткість робіт, люд.-зм. (маш.-зм.)	Прийняті машини		Склад ланки за зміну			Кількість змін за добу	Тривалість робіт, дні	Робочі дні				
				Найменування	Кількість	Професія	Розряд	Кількість осіб			1	2	3	4	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				

Тривалість кожної роботи та загальна тривалість будівництва можуть бути скорочені за рахунок збільшення змінності робіт, кількості робітників та механізмів або їхньої продуктивності.

### **Запитання для та контролю знань**

1. Технічне нормування.
2. Основні положення та закономірності будівельного потоку.
3. Оборотність опалубки.

## 2 САМОСТІЙНА РОБОТА

**Завдання до самостійної роботи № 1.** Студенти повинні ознайомитися з нормативно-правовою документацією щодо монолітного бетонування будівель і споруд. У роботі проаналізувати основні вимоги щодо забезпечення несучої здатності, придатності до експлуатації, надійності та здатності конструкцій зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом усього терміну служби. На прикладі привести витрати труда робітників-будівельників та машиністів, норми часу експлуатації будівельних машин і механізмів, норми витрат будівельних матеріалів, необхідні для визначення потреби у ресурсах при виконанні робіт зі зведення бетонних і залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Результати виконаного завдання перевіряються на практичному заняття під час усного опитування.

**Завдання до самостійної роботи № 2.** За варіантами студенти виконують креслення вузлів опалубки. За кресленнями окремого фундаменту та заданими розмірами його окремих частин визначають конструктивне рішення фундаменту – кількість ступенів, їх розміри. Опалубний блок фундаменту є просторовим елементом опалубки з кількох плоских і кутових щитів, з'єднаних кріпильними пристроями – «замками». Найчастіше використовують клинові замки як простіші в установці. Клинові замки встановлюють у будь-якому місці каркаса щитів.

Для сприйняття бокового тиску бетонної суміші встановлюють накладні ригелі. Ригелі накладають на ребра каркасів суміжних щитів і поєднують з ними за допомогою різноманітних болтових або клинових з'єднань. При конструюванні опалубки з дрібних щитів в роботі призначають типорозміри щитів і визначають їх необхідну кількість. Розкладку щитів на поверхнях, де встановлюється опалубка, показують на планах окремих ступенів та їх бічних видах фундаменту. Після цього складають специфікацію потреби елементів опалубки за формою, поданою в таблиці 5.1.



Таблиця 5.1 – Специфікація елементів опалубки

Найменування елемента	Позначення	Розміри, мм	Кількість елементів у комплекті	
			на 1 фундамент	усього з урахуванням оборотності
1	2	3	4	5

**Завдання до самостійної роботи № 3.** За варіантами студенти розраховують склади бетону.

### *Розрахунок складу бетону*

Мета розрахунку – визначення витрат вихідних матеріалів на  $1\text{ м}^3$  бетону.

Таблиця 5.2 — Вихідні дані для розрахунку за варіантами

№ з/п	Показники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Міцність бетону, МПа	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20
2	Рухливість бетонної суміші, ОК, см	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	Властивості в'язучого: – марка цементу, М; – істинна густина, $\rho_{ц}$ , т/м <sup>3</sup> ; – насипна густина, $\rho_{онц}$ т/м <sup>3</sup>	400 3,1 1,3	500 3,1 1,3	400 3,1 1,3	550 3,1 1,3	300 3,1 1,3	400 3,1 1,3	550 3,1 1,3	400 3,1 1,3	500 3,1 1,3	300 3,1 1,3
4	Властивості та якість дрібного заповнювача:	Рядовий									
	– крупність піску, $M_{кр}$ ;	1,7	1,8	2,1	2,4	2,5	1,7	1,8	2,1	2,4	2,5
	– істинна густина, $\rho_{п}$ , т/м <sup>3</sup> ;	2,6	2,61	2,63	2,64	2,65	2,61	2,59	2,58	2,55	2,59
	– насипна густина, $\rho_{нп}$ , т/м <sup>3</sup> вологість піску, $W_{п}$ %	1,4	1,41	1,42	1,43	1,38	1,39	1,41	1,42	1,35	1,41
		4	3	5	6	5	6	7	8	9	10
5	Властивості та якість крупного заповнювача:	Рядовий									
	– істинна густина, $\rho_{щ}$ , т/м <sup>3</sup> ;	2,57	2,51	2,55	2,53	2,54	2,55	2,53	2,52	2,51	2,56
	– насипна густина, $\rho_{нщ}$ , т/м <sup>3</sup> ;	1,46	1,45	1,47	1,48	1,44	1,45	1,46	1,45	1,49	1,43
	– крупність зерна, $D_{max}$ , мм	40	20	40	70	40	40	40	40	40	40
	– вологість, $W_{щ}$ %	2	3	4	5	1	2	3	4	2	5
6	Об'єм бетонозмішувача, $V_{зм}$ , м <sup>3</sup>	0,5	0,75	2	2,5	0,5	0,75	2	0,5	0,75	2

Отриманий склад важкого бетону бажано перевірити за умови можливості роботи в навчальній лабораторії на рухливість бетонної суміші та міцність бетону.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посіб. / О. В. Якименко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/43342/>, вільний).

2. Якименко О. В. Бетонні роботи : монографія / О. В. Якименко, О. В. Кондращенко, А. О. Атинян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 277 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/50234/>, вільний).

3. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Електрон. ресурс]. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – 2011. – 68 с. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-792>, вільний (дата звернення: 22.02.2024). – Назва з екрана.

4. ДСТУ Б Д.2.2-6:2021 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні (Збірник 6). Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. Видання офіційне. / Держбуд України [Електрон. ресурс]. – Київ. – 2021. – 119 с. – Режим доступу: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3043786250923279794?doc\\_type=1](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3043786250923279794?doc_type=1), вільний (дата звернення: 22.02.2024). – Назва з екрана.

5. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 37. Бетонні та залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд [Електрон. ресурс]. – Міністерство розвитку громад та територій України. – 2021. – 178 с. – Режим доступу: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3043786250923279794?doc\\_type=1](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3043786250923279794?doc_type=1), вільний (дата звернення: 22.02.2024). – Назва з екрана.

6. Галузеві норми часу на будівельні, монтажні та ремонтно-будівельні роботи. Загальна частина. [Електрон. ресурс]. – Київ : УкрНДЦ «Екобуд», 2006. – 36 с. – Режим доступу: [https://msmeta.com.ua/file/dbn\\_norma/](https://msmeta.com.ua/file/dbn_norma/)

[1\\_galuzevi/HN\\_Zahalna\\_hcast.pdf](#), вільний (дата звернення: 22.02.2024). – Назва з екрана.

*Електронне навчальне видання*

Методичні рекомендації  
до проведення практичних занять і організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **ШАПОВАЛ** Світлана Володимирівна

Відповідальний за випуск *А. В. Кондратьєв*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *С. В. Шаповал*

План 2024, поз. 27М

---

Підп. до друку 22.02.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 2,2.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

№ ДК 5328 від 11.04.2017.