

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

Методичні вказівки та завдання
до виконання курсової роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»
денної та заочної форм навчання

Київ 2025

УДК 69.003

Т38

Укладач І. С. Нестеренко, канд. техн. наук, доцент

Рецензент І. А. Шатрова, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О. А. Тугай, д-р техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри організації і управління будівництвом, протокол № 2 від 22 жовтня 2025 року

В авторській редакції.

Технологія та організація будівельних робіт [електронний ресурс]: методичні вказівки та завдання до виконання курсової роботи / уклад. І.С. Нестеренко. – Київ : КНУБА, 2025. – 25 с.

Містять завдання та методичні вказівки по проектуванню, розрахунку і оптимізації сітьового (календарного) графіка будівництва споруд водопостачання і водовідведення.

Призначені для студентів спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» денної та заочної форм навчання.

© КНУБА, 2025

Загальні положення

Мета курсової роботи – закріпити і розширити теоретичні та практичні знання, здобуті при вивченні дисципліни «Технологія та організація будівельних робіт», набути практичних навичок вирішення окремих питань організації будівельного виробництва.

У загальному випадку курсова робота складається з таких розділів:

- визначення нормативного T_n , чи директивного T_d строку будівництва;
- складання номенклатури будівельно-монтажних робіт і визначення їх обсягів;
- добір методів ведення робіт та основник будівельних машин. Закріплення технологічних комплексів (етапів) робіт за будівельними організаціями та бригадами;
- розрахунок трудомісткості, машиномісткості робіт, визначення змінності робіт і їх тривалості;
- проектування календарного плану (сітьового графіка) будівництва об'єкта, розрахунок сітьового графіка;
- оптимізація організаційно-технологічної моделі за часом та іншими параметрами і прив'язування її до календаря.

1. Види виробничих моделей будівництва окремих будівель і споруд

Виробничі моделі будівництва чи реконструкції окремих будівель і споруд розробляють у складі проєкту виконання робіт. У цих документах визначають: послідовність і строки виконання робіт з можливим їх суміщенням; нормативний час роботи будівельних машин; потребу в трудових ресурсах та засобах механізації з виділенням етапів і комплексів робіт, доручуваних бригадам; кількісний, професійний і кваліфікований склад будівельних бригад і ланок.

Головна мета моделювання – добір з можливих варіантів зведення об'єкта варіанта, близького до оптимального. При цьому обраний варіант має забезпечувати будівництво об'єкта в нормативний (чи в заданий директивний) строк за найкращих техніко-економічних показників.

На основі календарних та організаційно-технологічних моделей провадять: узгодження робіт генпідрядної та субпідрядної будівельних організацій; визначення строків надання фронту робіт суміжним будівельним організаціям чи бригадам; раціональний розподіл у часі

матеріальних (будівельні машини, матеріали, конструкції тощо) і людських ресурсів; організацію оперативного планування і оперативно-диспетчерського керування безпосередньо на будівельному майданчику.

Нині, відповідно до діючих нормативів, розробляють два види календарних моделей будівництва окремих будівель та споруд: календарний графік ведення робіт на об'єкті або сітьовий графік. Графік ведення робіт найраціональніше застосовувати на будівництві типових чи порівняно нескладних об'єктів; на будівництві нетипових чи складних об'єктів або комплексів кращий ефект дає застосування сітьового графіка.

На підставі календарних чи сітьових графіків розробляють також графіки потреби в робочих кадрах, в основних будівельних машинах і графіки надходження на об'єкт будівельних конструкцій, деталей, напівфабрикатів, матеріалів та обладнання.

2. Розробка виробничих моделей

Організаційно-технологічну модель зведення об'єкта розробляють у певній послідовності. При цьому слід враховувати існуючі обмеження й прагнути на кожній стадії проєктування досягнення конкретної мети. Укрупнену блок-схему моделювання подано на рис. 1.

У проєктуванні моделі зведення об'єкта необхідно керуватися такими загальними принципами:

1. Запроєктований строк будівництва об'єкта не повинен перевищувати нормативний (визначається за ДСТУБА-3.1-22:2013) чи директивний (заданий організацією-замовником).

2. Будівельно-монтажні і спеціалізовані роботи слід виконувати в технологічній послідовності, обов'язково дотримуючись правил охорони праці і техніки безпеки. До початку робіт з будівництва об'єкта необхідно провести підготовчі заходи та роботи підготовчого періоду: відведення в натурі й огороження будівельного майданчика; створення розмічувальної геодезичної основи; зрізування та складування рослинного шару ґрунту (з метою використання його для рекультивації); вертикальне планування будівельного майданчика; водовідведення; влаштування постійних і тимчасових внутрішніх доріг і мереж водопостачання, каналізації, тепло та енергопостачання; влаштування санітарно-побутових, адміністративних, виробничих будівель та споруд, необхідних для обслуговування будівельників.

3. Для прискорення підготовки фронту робіт для субпідрядних організацій і скорочення строків будівництва об'єкти розбивають на

частини - ділянки чи захватки, забезпечуючи цим паралельне виконання технологічно залежних робіт на різних захватках. При цьому скорочення строків будівництва прямо пропорційне кількості виділених захваток. Як захватку беруть здебільшого частину будівлі (споруди), обмежену в просторі (наприклад, проліт, поверх, секція, квартира); на будівництві лінійно-видовжених споруд (трубопроводів, доріг, ліній електропередачі) можуть виділятися умовні захватки, розташовані за довжиною споруди.

4. Слід прагнути до рівномірності використання основних ресурсів, насамперед трудових. При цьому бригади мають рівномірно й без перерв переходити з однієї ділянки (захватки) на іншу, чим забезпечується потоковість будівельного виробництва.

Загальну оцінку правильності використання робочої сили визначають коефіцієнтом нерівномірності руху робітників на будівництві об'єкта:

$$K_n = \frac{N_{\max}}{N_c},$$

де N_{\max} – максимальна чисельність робітників на об'єкті;

N_c – середня чисельність робітників:

$$N_c = 1,1 \frac{\sum t_0}{T},$$

де 1,1 - коефіцієнт, що враховує невиходи на роботу з поважних причин;

$\sum t_0$ - сумарна трудомісткість зведення об'єкта;

T - запланований строк будівництва.

5. У проєктуванні технологій виконання будівельно-монтажних робіт слід передбачати їх комплексну механізацію з використанням машин у 2-3 зміни та широке застосування засобів малої механізації.

6. У графіку необхідно запланувати виконання заходів з охорони природи та рекультивації земель, порушених під час проведення будівельних робіт.

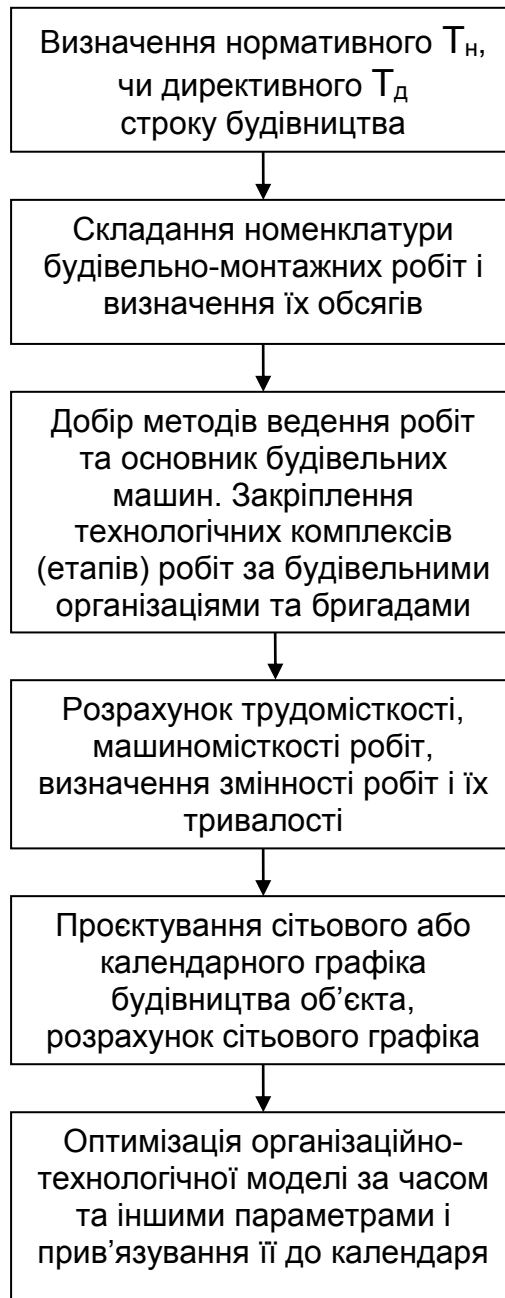


Рис. 1. Укрупнена структурна схема розроблення моделі будівництва об'єкта

Норми тривалості будівництва очисних споруд каналізації (ДСТУ БА-3.1-22:2013)

Найменування об'єкта	Характеристика	Норми тривалості будівництва, міс.				Норми заділу в будівництві по кварталах до кошторисної вартості, %								
		загальна	У тому числі			1	2	3	4	5	6	7	8	
			Підготовчий період	Передача устаткування монтажу	Монтаж устаткування									
Очисні споруди каналізації	3 біологічною очисткою у штучних умовах, потужність, тис. м ³ /добу 0,7	9	1	4-7	<u>4</u> 5-8	<u>18</u> 19	<u>61</u> 64	<u>100</u> 100						
	10	16	2	7-14	<u>8</u> 8-15	<u>7</u> 7	<u>21</u> 23	<u>45</u> 45	<u>75</u> 80	<u>98</u> 97	<u>100</u> 100			
	40	22	3	9-19	<u>11</u> 10-20	<u>5</u> 5	<u>17</u> 14	<u>36</u> 29	<u>55</u> 50	<u>73</u> 70	<u>90</u> 85	<u>98</u> 98	<u>100</u> 100	

Примітки:

1. У графі «Монтаж устаткування» вказано: над ризикою тривалість монтажу устаткування, під ризикою – порядкові місяці початку і закінчення його виконання.

2. У графі «Норми заділу в будівництві по кварталах» наведено розподіл обсягів капітальних вкладень (над ризикою) і будівельно-монтажних робіт (під ризикою) з урахуванням технологічної послідовності виробництва будівельно-монтажних робіт.

3. Підготовка вихідних даних для проєктування календарних і сітьових графіків

Нормативний строк будівництва визначають за ДСТУ БА-3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва». Будівельними нормами передбачено: загальний строк будівництва в місяцях; тривалість підготовчого періоду та монтажу обладнання, строки передання обладнання в монтаж, а також норми заділу в будівництві - за кварталами в процентах кошторисної вартості (у чисельнику - обсяги капітальних вкладень, у знаменнику – обсяги будівельно-монтажних робіт з урахуванням технологічної послідовності їх виконання).

У зв'язку з тим що нормами передбачено визначення строків будівництва підприємств, тривалість будівництва окремих об'єктів можна виражати в процентах цих строків. Наприклад, строки зведення метантенків можна брати орієнтовно у межах 60-70% загальної тривалості будівництва очисних споруд каналізації (табл. 1).

Головними вихідними даними для проєктування сітьового графіка є: номенклатура (перелік) та обсяги будівельно-монтажних робіт; склад будівельних організацій-виконавців робіт; нормативні джерела (ДБН, калькуляції) для визначення трудомісткості та машиномісткості робіт; дані про наявність парку машин і склад робочих бригад (ланок).

Міру деталізації робіт сітьового графіка (календарного плану) визначають здебільш рівнем спеціалізації будівельних організацій. При цьому, якщо формулювання роботи відповідає нормативним джерелам, то нормативну трудомісткість (машиномісткість) визначають прямим нормуванням за цими джерелами. Для складних робіт трудомісткість визначають на основі ДБН калькулюванням або залученням даних виробничих калькуляцій та калькуляцій технологічних карт.

Орієнтовний склад робіт при будівництві метантенків із зазначенням нормативних джерел для визначення їх трудомісткості (машиномісткості) наведено в табл. 2.

Визначивши склад будівельно-монтажних робіт, заповнюють таблицю вихідних даних. Обсяги робіт обчислюють за правилами, викладеними в технічній ДБН або беруть за об'єктним кошторисом.

Проєктування методів виконання робіт і вибір основних будівельних машин здійснюють з таким розрахунком, щоб забезпечити механізацію основних технологічних процесів і широке застосування засобів малої механізації. При цьому, якщо є можливість використовувати різні варіанти механізації, добирають варіант механізації з найкращими техніко-економічними показниками.

Якщо є типові технологічні карти, то методи виконання робіт і основні машини добирають відповідно до них (після ув'язування з конкретними умовами проєкту). Коли немає технологічних карт, будівельні машини добирають у два етапи: спочатку за технологічними параметрами (технічний добір), потім за найкращими техніко-економічними показниками (економічний добір).

Таблиця 2

Вихідні дані для розроблення сітьового (календарного) графіка спорудження об'єкта

Попередня робота	№ пор.	Найменування робіт		Обсяг робіт		Нормативне джерело	Норма на одиницю		Затрати на весь обсяг				Основні механізми		Виконавці		Змінність виконання робіт	Тривалість робіт, днів	Потік на зміну	Вартість, грн..
							Маш.-змін	Люд.-днів	Маш.-змін		Люд.-днів		Найменування	Кількість	Професія	Кількість				
									нормативні	прийняті	нормативні	прийняті								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		

Після встановлення номенклатури, підрахунку обсягу робіт та обрання будівельних машин заповнюють основну частину таблиці вихідних даних (табл. 2). Графу 1 заповнюють після побудови сітьового графіка, де проставляють код попередніх робіт.

У графу 3 заносять дані з табл. 3, враховуючи розбивання будівлі на ділянки з метою якнайшвидшого відкриття фронту для виконання наступних робіт.

Графу 4 заповнюють після побудови сітьового графіка, де проставляють номери початкової і кінцевої події кожної роботи. У графу 7 заносять дані графу 3 табл. 3, додаючи сторінку й параграф нормативного джерела.

Графи 8 і 9 заповнюють відповідно до даних нормативного джерела. Для робіт, обсяги яких дано в тисячах гривень, нормативну трудомісткість у людино-днях визначають, ділячи одиницю виміру (графа 5) на прийнятий виробіток на 1 люд.-день.

Нормативні витрати машино-змін та людино-днів на весь обсяг (графи 10, 11 - чисельник) одержують, помноживши норми на обсяг

роботи. Прийняті затрати (графи 10, 11 - знаменник) дістають, округлюючи нормативні затрати до цілого числа в бік зменшення, враховуючи перевиконання норм на 10...20% (у деяких випадках, наприклад, якщо вийшло пів зміни, це значення округлюється до 1 зміни).

Основні механізми (графи 12, 13) беруть відповідно до обраних раніше методів ведення робіт і будівельних машин. Кількість механізмів має бути такою, щоб критичний шлях сітьового графіка був меншим чи дорівнював нормативному строку будівництва.

Графи 14, 15 заповнюють відповідно до даних будівельних організацій або за ДБН. Кількість виконавців призначають такою, щоб укластися в нормативний строк будівництва чи трохи скоротити його (до 15...20 %). Графу 17 заповнюють попередньо й остаточно уточнюють після проектування й розрахунку комплексного сітьового графіка.

Змінність виконання робіт (графа 16) беруть такою: роботи, для яких ведуча будівельна машина, виконують у дві зміни (земляні роботи, монтаж конструкцій тощо), решту робіт можна виконувати в одну або дві зміни.

Тривалість у днях (графа 17):

а) робіт, темп яких визначає ведуча машина,

$$T_{\text{маш}} = \frac{M}{1,15nm};$$

б) робіт, темп яких визначає бригада робітників,

$$T_p = \frac{Q}{1,15nN};$$

в) робіт, обсяги яких визначено в грошовому еквіваленті,

$$T = \frac{C}{1,15nNq},$$

де М - машиномісткість роботи, маш.-змін (табл. 2, графа 10);

п - кількість змін роботи на добу (графа 16);

т - кількість механізмів, шт. (графа 13);

Q - трудомісткість роботи, люд.-днів (графа 11);

N - кількість робітників у бригаді, чол. (графа 15);

C - обсяг роботи в грошовому вираженні, грн.;

q - виробіток на одного робітника за зміну, грн.

Кількість механізмів та робітників добирають таким чином, щоб критичний шлях сітьового графіка дорівнював (або був меншим) тривалості нормативного або директивного строку будівництва. Здобуті значення тривалості робіт округлюють (у бік зменшення) до цілих днів і заносять у графу 17.

Потік на зміну (графа 18) становить обсяг робіт, що виконуються за зміну. Ці дані дістають після побудови, розрахунку й оптимізації сітьового графіка.

Вартість робіт у гривнях (графа 19) беруть відповідно до даних об'єктового кошторису.

4. Проєктування сітьового графіка будівництва об'єкта

Проєктування сітьового графіка здійснюється відповідно до правил побудови сітьових графіків моделі НДТ (найпростіша детермінована часова).

Проєктують сітьовий графік на основі таблиці вихідних даних. При цьому топологію сітьового графіка визначають послідовністю виконання будівельно-монтажних робіт на об'єкті, а також прийнятою кількістю ділянок (захваток), на які розбито об'єкт. Аби не надто ускладнювати сітьовий графік, об'єкт, як правило, розбивають не більш як на 2-4 ділянки (захватки).

Проєктуючи сітьовий графік, керуються такими міркуваннями:

1) внутрішні опоряджувальні роботи можна розпочинати після влаштування покрівлі, завершення внутрішніх електротехнічних і санітарно-технічних робіт, скління та подачі тепла у приміщення (в зимовий період);

2) пусконаладжувальним роботам передують завершення монтажу технологічного устаткування, електротехнічних, санітарно-технічних робіт, а також монтажу контрольно-вимірювальних приладів та автоматики;

3) обладнання вводів інженерних комунікацій у будівлю має відбуватися паралельно з улаштуванням фундаментів і завершуватися до початку зворотної засипки;

4) земляні роботи, зведення монолітних залізобетонних конструкцій, зовнішні опоряджувальні роботи бажано виконувати в теплу пору року;

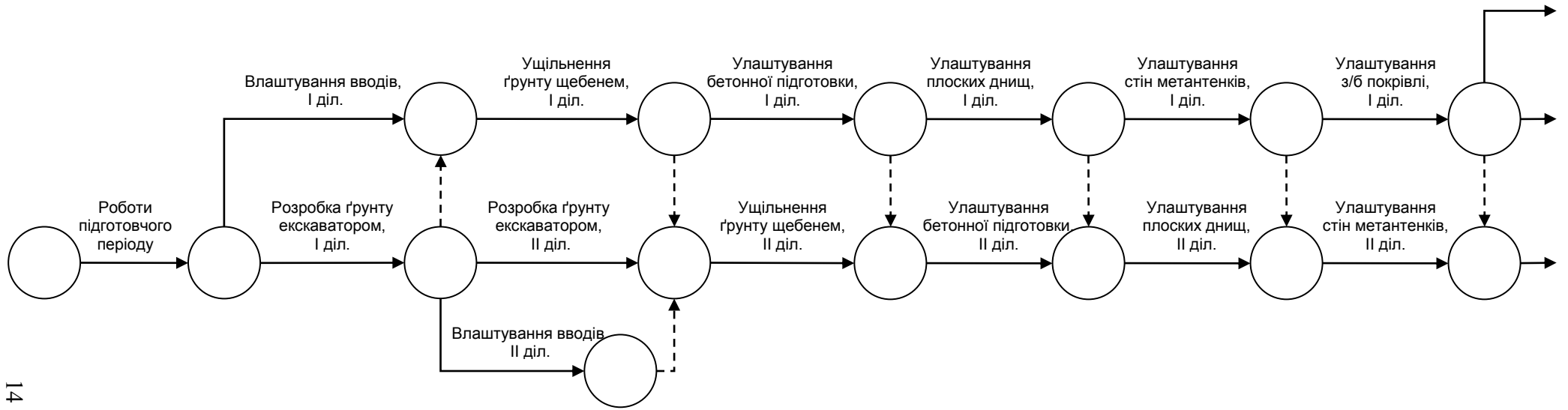
5) у сітьовому графіку слід обов'язково передбачати технологічні перерви, регламентовані будівельними нормами та іншими документами (наприклад, час на твердіння бетону тощо).

Приклад сітьового графіка будівництва метантенка наведено на рис. 2.

Схема метантенка і варіанти завдань для контрольних робіт (див. додаток).

**Орієнтовний склад будівельно-монтажних робіт
при спорудженні метантенку**

№ з/п	Найменування будівельно-монтажних робіт	Нормативне джерело для розрахунку трудомісткості або машиномісткості і тривалістю робіт
1	2	3
1	Роботи підготовчого періоду	ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів
2	Розробка ґрунту екскаватором	ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи
3	Влаштування вводів	Тривалість приблизно 50% від тривалості земляних робіт
4	Ущільнення ґрунту щебенем	ДСТУ Б Д.2.2-6:2016 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні.
5	Улаштування бетонної підготовки	ДСТУ Б Д.2.2-37:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд.
6	Улаштування плоских днищ	ДСТУ Б Д.2.2-37:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд.
7	Улаштування стін метантенків	ДСТУ Б Д.2.2-37:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд.
8	Улаштування залізобетонної покрівлі	ДСТУ Б Д.2.2-37:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд.
9	Улаштування пароізоляції покрівлі	ДСТУ Б Д.2.2-12:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Покрівлі.
10	Улаштування вирівнюючих стяжок покрівлі	ДСТУ Б Д.2.2-12:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Покрівлі.
11	Улаштування рулонної покрівлі	ДСТУ Б Д.2.2-12:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Покрівлі.
12	Штукатурна ізоляція асфальтовими матеріалами	ДСТУ Б Д.2.2-41:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Гідроізоляційні роботи в гідротехнічних спорудах.



14

Штукатурна ізоляція бетонних поверхонь асфальтовими матеріалами, I діл.

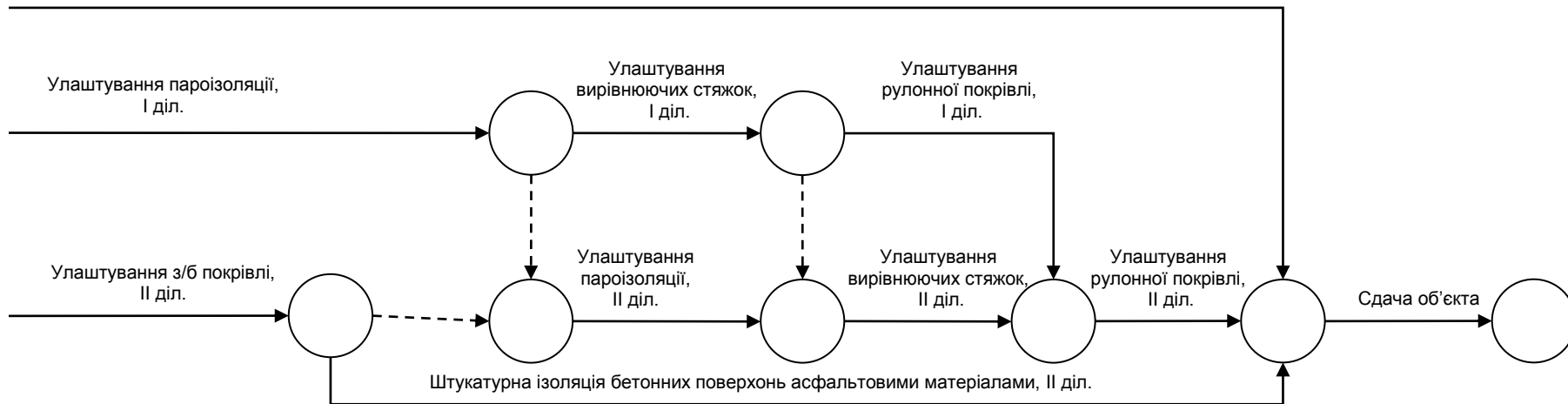


Рис. 2. Сітьовий графік будівництва метантенка

5. Приклад розрахунку сітьового графіку

При розрахунку сітьового графіка безпосередньо на самому графіку згідно з «Основними положеннями по розробці і застосуванню систем сітьового планування і управління» застосовуються позначення розрахункових параметрів:

$i-j$ – код роботи, що розглядається;

$h-i$ – код попередньої роботи;

$j-k$ – код наступної роботи;

o – код вихідної події сітьового графіка;

z – код завершальної події сітьового графіка;

t_{i-j} – тривалість роботи $i-j$;

$T_i^{(p)}$ – ранній строк настання події i ;

$T_i^{(n)}$ – пізній строк настання події i ;

$T_{кр}$ – критичний шлях, тобто мінімальний час, протягом якого можуть бути виконані всі роботи сітьового графіка;

$r_{i-j}^{(n)}$ – повний резерв часу роботи $i-j$;

$r_{i-j}^{(e)}$ – вільний резерв часу роботи $i-j$.

У зв'язку з тим, що сітьовий графік розраховують безпосередньо на самому графіку, тому графік креслять кружечками великих розмірів. Кожний кружок поділяють на чотири сектори (рис. 3).

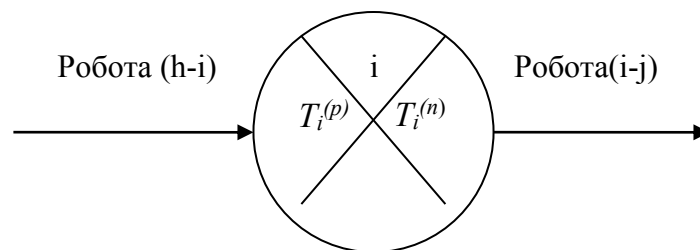


Рис. 3. Фрагмент події сітьового графіка при ручному розрахунку на графіку

У верхньому секторі визначають номер події, у лівому – ранній строк настання події, у правому – пізній строк настання події. У нижньому секторі – номер початкової події передуючої роботи, по якій проходить шлях максимальної тривалості до даної події.

Сітьовий графік розраховують у кілька етапів. Розглянемо методику його розрахунку на практичному прикладі (рис. 4).

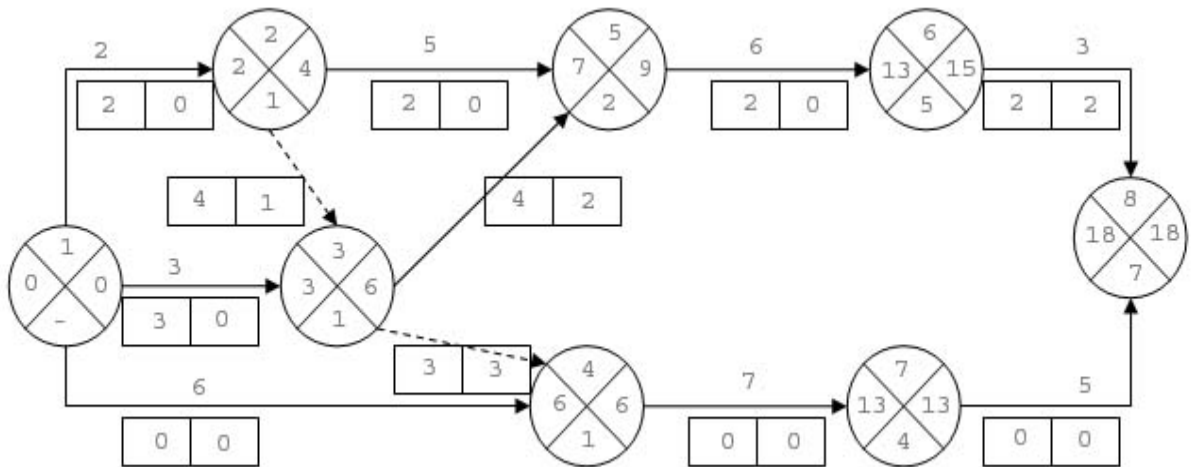
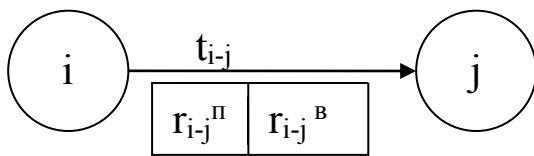


Рис. 4. Розрахунок сітьового графіку безпосередньо на графіку

Умовні позначення:



Перший етап.

При визначенні ранніх строків настання події заповнюють ліві й нижні сектори подій. При визначенні ранніх строків настання подій розрахунок проводиться (зліва направо) від вихідної до завершальної події сітьового графіка. У випадку, коли початковий момент не заданий, ранній строк настання вихідної події дорівнює нулю, тобто:

$$T_1^{(p)} = 0. \tag{1}$$

Тому для події (1) ранній початок дорівнює нулю, що і вказано в лівому секторі. Оскільки попередніх робіт у вихідній події немає, то у нижньому секторі вихідної події ставимо прочерк.

Після заповнення лівого і нижнього секторів першої події переходимо до другої і визначаємо ранні строки настання події. При цьому керуємось положенням, що ранній строк настання події дорівнює найбільшій із сум ранніх строків настання події і тривалості передуючих робіт:

$$T^{(p)} = \max \left| T^{(p)} + t_{h-i} \right|. \quad (2)$$

Визначити ранній строк події (3) і (4) неможливо, оскільки в подію (3) входить поряд з роботою (1-3) і робота (2-3), а в подію (4) входить поряд з роботою (1-4) і робота (3-4), але це не визначений ранній строк настання подій (3) і (4), тобто невідомим є:

$$T_i^{(p)} = T_2^{(p)}.$$

Для робіт, які виходять з події (2) попередня робота одна, а саме (1-2). Тому згідно з формулою ранній строк настання події (2):

$$T_2^{(p)} = T_1^{(p)} + t_{1-2} = 0 + 2 = 2.$$

Цифру 2 записуємо в лівому секторі події (2). Водночас у нижньому секторі записуємо номер передуючої (вихідної) події.

Переходимо до події (3). До неї входять, як вже зазначалося, дві роботи (1-3) та (2-3) і входять дві – (3-4) та (3-5). Визначаємо за формулою (2) ранній строк настання подій (3):

$$T_3^{(p)} = \max \left| \begin{array}{l} T_1^{(p)} + t_{1-3} \\ T_2^{(p)} + t_{2-3} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 0 + 3 = 3 \\ 2 + 0 = 2 \end{array} \right| = 3.$$

Приймаємо найбільше значення з одержаних, тобто цифру 3, яку записуємо в лівому секторі події (3); у нижньому секторі записуємо номер початкової події передуючої роботи, по якій проходить шлях максимальної тривалості, тобто цифру 1 (див. рис. 3).

Переходимо до події (4). До неї входять, як вже зазначалося, дві роботи (1-4) та (3-4).

Визначаємо за формулою (2) ранній строк настання події (4):

$$T_4^{(p)} = \max \left| \begin{array}{l} T_1^{(p)} + t_{1-4} \\ T_3^{(p)} + t_{3-4} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 0 + 6 = 6 \\ 3 + 0 = 3 \end{array} \right| = 6.$$

Приймаємо найбільше значення з одержаних, тобто цифру 6, яку записуємо в лівому секторі події (4); у нижньому записуємо номер початкової події передуючої роботи, по якій проходить шлях максимальної тривалості, тобто цифру 6 (див. рис.3).

Для події (5) попередніми є дві роботи (2-5) і (3-5).
Визначаємо ранній строк настання події (5) за формулою (2):

$$T_5^{(p)} = \max \left| \begin{array}{l} T_2^{(p)} + t_{2-5} \\ T_3^{(p)} + t_{3-5} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 2 + 5 = 7 \\ 3 + 2 = 5 \end{array} \right| = 7.$$

Приймаємо цифру 7, яку записуємо в лівому секторі події (5); у нижньому секторі записуємо номер початкової події передуючої роботи, по якій проходить шлях максимальної тривалості, тобто цифру 2 (див. рис.2).

Для події (6) попередньою є лише робота (5-6). Ранній строк настання події (6) становить:

$$T_6^{(p)} = T_5^{(p)} + t_{5-6} = 7 + 6 = 13.$$

У лівому секторі події (6) записуємо цифру 13, а в нижньому секторі –5.

У такому ж порядку, послідовно, від вихідної події до завершальної визначаємо ранні строки настання подій (7) та (8):

$$T_7^{(p)} = T_4^{(p)} + t_{4-7} = 6 + 7 = 13.$$

$$T_8^{(p)} = \max \left| \begin{array}{l} T_6^{(p)} + t_{6-8} \\ T_7^{(p)} + t_{7-8} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 13 + 3 = 16 \\ 13 + 5 = 18 \end{array} \right| = 18.$$

Другий етап.

Визначення тривалості критичного шляху виводимо з значення лівого сектора завершальної події сітьового графіка після виконання першого етапу розрахунку.

$$T_{кр} = T_8^{(p)}. \quad (3)$$

У нашому прикладі вона дорівнює 18 дням.

Роботи, що потрапили на критичний шлях, визначаємо, переходячи від завершальної події до вихідної і порівнюючи цифру, записану в нижньому секторі даної події, за номером передуючої події. Якщо вони однакові, то роботи з шифром цих подій лежатимуть на критичному шляху.

У даному прикладі в нижньому секторі події (8) маємо цифру (7). Визначаємо роботу, що виходить з події (7) до події (8). Це буде робота (7-8). Таким чином, робота (7-8) лежить на критичному шляху.

У нижньому секторі події (7) записана 4, тобто критичний шлях пройде по роботі (4-7), а у нижньому секторі події (4) маємо цифру (1). Таким чином, робота (1-4) лежить на критичному шляху. Слід пам'ятати, що критичний шлях від вихідної до завершальної події має бути неперервним.

Третій етап.

Визначення пізнього строку настання подій. Розрахунок робимо справа наліво, тобто від завершальної до вихідної події сітьового графіка. Заповнюємо праві сектори подій.

$$T_8^{(n)} = T_{кр}. \quad (4)$$

Цифру 18 з лівого сектора переносимо в правий у завершальній події (8) прикладу на рис. 3, оскільки вона (цифра 18) лівого сектора події (8) водночас є пізнім строком настання цієї події. Потім у правих секторах усіх інших подій записуємо значення пізніх строків настання подій, тобто:

$$T_8^{(n)} = T_{кр} = T^{(n)} = 18.$$

Пізній строк настання будь-якої події сітьового графіка дорівнює найменшій з різниць пізніх строків настання передуючих подій і тривалості робіт, що виходять з цих подій:

$$T_i^{(n)} = \min \left| T^{(n)} - t_{i-k} \right|. \quad (5)$$

Визначаємо пізній строк настання події (7):

$$T_7^{(n)} = T_8^{(n)} - t_{7-8} = 18 - 5 = 13.$$

Одержану цифру 13 записуємо в правому секторі події (7). Для робіт, що входять у подію (6), наступна робота одна, а саме (6-8). Тому відповідно до формули (5) пізній строк настання події (6) буде:

$$T_6^{(n)} = T_8^{(n)} - t_{6-8} = 18 - 3 = 15.$$

У правому секторі події (6) записуємо цифру 15.

Для події (5) наступною роботою є (5-6). Згідно з формулою (5) пізній строк настання події (5) становить:

$$T_5^{(n)} = T_6^{(n)} - t_{5-6} = 15 - 6 = 9.$$

Для всіх інших робіт сітьового графіка пізні строки настання подій обчислюються аналогічно:

$$T_4^{(n)} = T_7^{(n)} - t_{4-7} = 13 - 7 = 6;$$

$$T_2^{(n)} = T_5^{(n)} - t_{2-5} = 9 - 5 = 4.$$

$$T_3^{(n)} = \min \left| \begin{array}{l} T_5^{(n)} - t_{3-5} \\ T_4^{(n)} - t_{3-4} \end{array} \right| = \min \left| \begin{array}{l} 9 - 2 = 7 \\ 6 - 0 = 6 \end{array} \right| = 6.$$

$$T_1^{(n)} = \min \left| \begin{array}{l} T_2^{(n)} - t_{1-2} \\ T_3^{(n)} - t_{1-3} \\ T_4^{(n)} - t_{1-4} \end{array} \right| = \min \left| \begin{array}{l} 5 - 0 = 0 \\ 6 - 3 = 3 \\ 6 - 6 = 0 \end{array} \right| = 0.$$

Критичний шлях визначаємо за подіями, ранні і пізні строки настання яких (числа в правих і лівих секторах) рівні між собою.

Четвертий етап.

Визначення повного резерву часу.

Повний резерв часу роботи записуємо під стрілкою роботи в першому (лівому) квадраті (див. рис.3). Розрахунок робимо зліва направо, від вихідної до завершальної події сітьового графіка, за формулою:

$$r_{i-j}^{(n)} = T_i^{(n)} - (T_i^{(p)} + t_{i-j}). \quad (6)$$

Іншими словами, повний резерв часу роботи дорівнює числу правого сектора події, яке стоїть біля кінця стрілки даної роботи, мінус тривалість цієї роботи і мінус число лівого сектора події, яке знаходиться біля початку стрілки даної роботи.

Для прикладу визначимо величину повного резерву часу для таких робіт:

$$r_{1-2}^{(n)} = T_2^{(n)} - T_1^{(p)} - t_{1-2} = 4 - 0 - 2 = 2;$$

$$r_{1-3}^{(n)} = T_3^{(n)} - T_1^{(p)} - t_{1-3} = 6 - 0 - 3 = 3;$$

$$r_{1-4}^{(n)} = T_4^{(n)} - T_1^{(p)} - t_{1-4} = 6 - 0 - 6 = 0;$$

$$r_{2-3}^{(n)} = T_3^{(n)} - T_2^{(p)} - t_{2-3} = 6 - 2 - 0 = 4;$$

$$r_{2-5}^{(n)} = T_5^{(n)} - T_2^{(p)} - t_{2-5} = 9 - 2 - 5 = 2;$$

$$r_{3-4}^{(n)} = T_4^{(n)} - T_3^{(p)} - t_{3-4} = 6 - 3 - 0 = 3;$$

$$r_{4-7}^{(n)} = T_7^{(n)} - T_4^{(p)} - t_{4-7} = 13 - 6 - 7 = 0;$$

$$r_{5-6}^{(n)} = T_6^{(n)} - T_5^{(p)} - t_{5-6} = 15 - 7 - 6 = 2;$$

$$r_{6-8}^{(n)} = T_8^{(n)} - T_6^{(p)} - t_{6-8} = 18 - 13 - 3 = 2;$$

$$r_{7-8}^{(n)} = T_8^{(n)} - T_7^{(p)} - t_{7-8} = 18 - 13 - 5 = 0.$$

П'ятий етап.

Визначення вільного резерву часу робіт, який за числовими значеннями не повинен перевищувати повних резервів часу робіт.

Вільний резерв часу роботи записуємо під стрілкою роботи в другому квадраті (рис. 3). Розрахунок робимо в напрямі зліва направо від

вихідної до завершальної події сітьового графіка. Вільний резерв часу роботи обчислюємо за формулою:

$$r_{i-j}^{(e)} = T_i^{(p)} - (T_i^{(p)} + t_{i-j}). \quad (7)$$

Іншими словами вільний резерв часу роботи дорівнює числу лівого сектора події, яке знаходиться біля кінця стрілки даної роботи, мінус тривалість самої роботи і мінус число лівого сектора події, яке є біля початку стрілки даної роботи.

Для прикладу визначимо величину вільного резерву часу для наступних робіт:

$$r_{1-2}^{(B)} = T_2^{(p)} - T_1^{(p)} - t_{1-2} = 2 - 0 - 2 = 0;$$

$$r_{1-3}^{(B)} = T_3^{(p)} - T_1^{(p)} - t_{1-3} = 3 - 0 - 3 = 0;$$

$$r_{1-4}^{(B)} = T_4^{(p)} - T_1^{(p)} - t_{1-4} = 6 - 0 - 6 = 0;$$

$$r_{2-3}^{(B)} = T_3^{(p)} - T_2^{(p)} - t_{2-3} = 3 - 2 - 0 = 1;$$

$$r_{2-5}^{(B)} = T_5^{(p)} - T_2^{(p)} - t_{2-5} = 7 - 2 - 5 = 0;$$

$$r_{3-4}^{(B)} = T_4^{(p)} - T_3^{(p)} - t_{3-4} = 6 - 3 - 0 = 3;$$

$$r_{4-7}^{(B)} = T_7^{(p)} - T_4^{(p)} - t_{4-7} = 13 - 6 - 7 = 0;$$

$$r_{5-6}^{(B)} = T_6^{(p)} - T_5^{(p)} - t_{5-6} = 13 - 7 - 6 = 0;$$

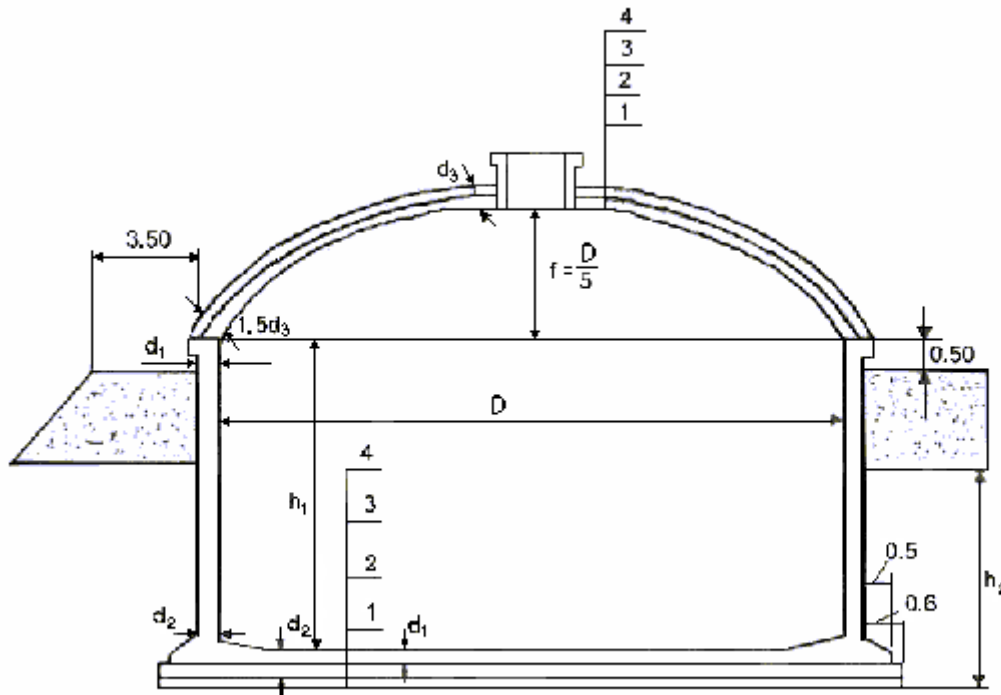
$$r_{6-8}^{(B)} = T_8^{(p)} - T_6^{(p)} - t_{6-8} = 18 - 13 - 3 = 2;$$

$$r_{7-8}^{(B)} = T_8^{(p)} - T_7^{(p)} - t_{7-8} = 18 - 13 - 5 = 0.$$

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Організація та управління будівництвом: підручник / Тугай О.А. та ін. –Київ: Ліра-К, 2024. - 400 с.
2. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64312
3. ДСТУ Б Д.2.2-1:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи. (Збірник 1).
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51084
4. ДСТУ Б Д.2.2-6:2016. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. (Збірник 6).
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=64313
5. ДСТУ Б Д.2.2-7:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції збірні. (Збірник 7).
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=51774
6. ДСТУ Б Д.2.2-11:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги (Збірник 11).
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50159
7. ДСТУ Б Д.2.2-12:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Покрівлі.(Збірник 12)
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=51777
8. ДСТУ Б Д.2.2-15:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи (Збірник 15).
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50160
9. ДСТУ Б Д.2.2-6:2016. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні (Збірник 6).
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=64313
10. ДСТУ Б Д.2.2-37:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд. (Збірник 37). <https://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=5&l=260>
11. ДСТУ Б Д.2.2-41:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Гідроізоляційні роботи в гідротехнічних спорудах.(збірник 41).
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51807
12. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-294>
13. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074220455066862610?doc_type=2
14. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. Зі змінами № 1 та № 2. [Чинний від 2022-09-101]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58105

а) Схема метантенку



Конструкція підлоги:

1. Щебенева підготовка (10см);
2. Бетонна підготовка (15см);
3. Монолітне залізобетонне днище;
4. Штукатурна ізоляція.

Конструкція покрівлі:

1. Монолітна залізобетонна покрівля;
2. Пароізоляція;
3. Вирівнююча стяжка (5см);
4. Рулонна покрівля (4 шари руберойду).

б) Варіанти завдань

№ вар.	Кількість метантенків	D, м	h ₁ , м	h ₂ , м	d ₁ , см	d ₂ , см	d ₃ , см
1	4	25	12	6	20	40	20
2	6	20	10	5	18	36	18
3	8	20	14	7	20	32	22
4	10	18	8	4	22	42	16
5	12	16	12	6	16	38	24
6	4	20	10	5	20	40	20
7	6	18	8	4	18	42	22
8	8	22	10	5	22	36	24
9	10	18	14	8	24	32	18
10	12	16	12	6	18	42	26
11	6	24	8	5	20	46	20
12	8	20	10	5	22	38	22
13	10	18	12	6	18	30	20
14	12	18	10	5	22	32	24
15	16	16	10	6	24	40	26
16	4	26	14	7	18	42	18
17	8	24	10	5	16	36	20
18	10	22	8	4	20	38	22
19	12	20	12	6	22	44	18
20	16	23	10	5	20	42	24
21	10	26	8	4	22	36	26
22	8	28	12	6	18	38	20

Навчально-методичне видання

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

Методичні вказівки та завдання
до виконання курсової роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»
денної та заочної форм навчання

Укладач **Нестеренко** Ірина Сергіївна

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 1,39. Обл.-вид. арк. 1,5
Електронний документ. Вид № 151/V-25

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.