

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

## **Методичні вказівки**

до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни  
«Організаційно-технологічне проектування в будівництві»  
за темою «Сітьове моделювання»

*(для здобувачів вищої освіти спеціальності G19  
«Будівництво та цивільна інженерія»)*

*(Електронне видання)*

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
на засіданні кафедри будівництва,  
урбаністики та просторового  
планування  
Протокол № 7 від 24.02.2026 р.

Київ 2026

**УДК 69.658.(035.5)**

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Організаційно-технологічне проектування в будівництві» за темою «Сітьове моделювання» для здобувачів вищої освіти спеціальності *G19 «Будівництво та цивільна інженерія» (Електронне видання)*/ Укладач: Уваров П.Є.– Київ, СНУ ім. В.Даля, 2026. - 37 с.

Метою розробки методичних вказівок є закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях і практичних заняттях з курсу «Організаційно-технологічне проектування в будівництві» та засвоєння методів вирішення задач в області сітьового моделювання та оптимізації виробничих процесів, у тому числі будівельних. Методичні вказівки вміщують чотири задачі з сітьового моделювання.

Укладачі: Уваров П.Є., к.т.н., доцент

Рецензент: Білошицький М.В. доцент кафедри

**Зміст**

Вступ.....	4
1. Задачі сітьового моделювання будівництва.....	4
2. Основні поняття.....	4
3. Формули для розрахунків.....	7
4. Загальна постановка задачі.....	12
5. Формування вихідних даних.....	12
6. Задача 1. Розрахунок параметрів сітьового графіку за заданою топологією. Лінеаризація сітьового графіку за ранніми термінами.....	13
7. Задача 2. Побудова топології сітьового графіку при поточній організації будівельного виробництва. Визначення параметрів потоку	18
8. Задача 3. Побудова сітьового графіка в масштабі часу при поточній організації будівельного виробництва.....	24
9. Задача 4. Коригування сітьового графіку по ресурсам.....	28
Рекомендована література.....	28
Додатки	35

## Вступ

Для наявного відродження виробничих процесів бригади звичайно використовують лінійні графіки Ганта або циклограми, які прості та наглядні. Але ці графіки не відображають всіх залежностей між роботами і не дозволяють обґрунтовано планувати взаємозв'язки між елементами виробництва. Таким чином, для важких комплексів робіт використовують сітьові моделі.

### 1. Задачі сітьового моделювання будівництва

Сітьові графіки найкраще всього відображують процес зведення складних об'єктів (у тому числі, крупних промислових або житлових комплексів). Особливістю структури сітьового графіку є можливість виділити критичні роботи та визначити резерви часу робіт (додатковий час для виконання роботи), деякі з яких можуть бути використані для коригування календарних планів, побудованих на основі сітьових графіків з метою покращення виробничих показників. Описання виробничих процесів за допомогою сітьових графіків рекомендовано міжнародним органом зі стандартизації в стандартах ISO серії.

### 2. Основні поняття

В основі сітьової моделі лежить теорія графів – розділ математики.

**Граф** – це геометрична фігура, котра складається з скінченної чи безкінечної множини точок та ліній, поєднуючи ці точки. Якщо ж лінії мають напрямок (відображений стрілками) – це орієнтований граф.

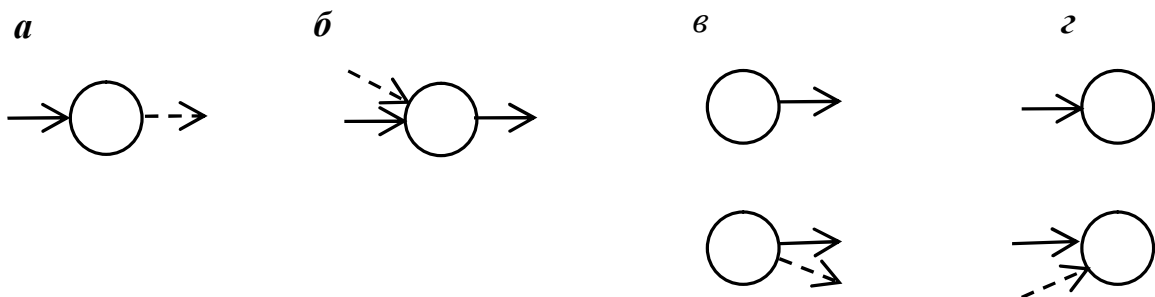
**Сітьова модель будівництва** – орієнтований граф, котрий відображає процес зведення об'єкту чи комплексу об'єктів із зазначеннями технологічних, організаційних та часових взаємозв'язків між роботами.

**Сітьовий графік** – сітьова модель, зображена на площині.

**Топологія СГ** – це структура СГ, котра відображає залежності виконання робіт без параметрів.

Головними елементами сітьового графіку є поняття **роботи** та поняття **події**.

**Подія** – це факт початку чи закінчення однієї або декількох робіт. Подія позначається знаком незаштрихованого кола та не має своєї тривалості, наступаючи миттєво в момент, коли почалась робота чи були виконані попередні роботи (наприклад момент початку лекції, момент завершення монтажу колони тощо).



**Рисунок 3.1 - Види подій в сітьовому графіку**

**Подія може бути:**

1. Вихідною – знаходиться в початку СГ та не має попередніх робіт;
2. Завершальною – знаходиться в кінці СГ та не має наступних робіт;
3. Простою – в котру входить та виходить по одній роботі (рис. 3.1а);
4. Складною – котра має дві та більше вхідних чи вихідних робіт (рис. 3.1б);
5. Попередньою простою (для однієї роботи) та попередньою складною (для декількох робіт) (рис. 3.1в);
6. Наступною простою (після виконання однієї роботи) та наступною складною (мати декілька вхідних робіт) (рис. 3.1г).

**Робота** в сітьовому графіку може відображати декілька значень за змістом.

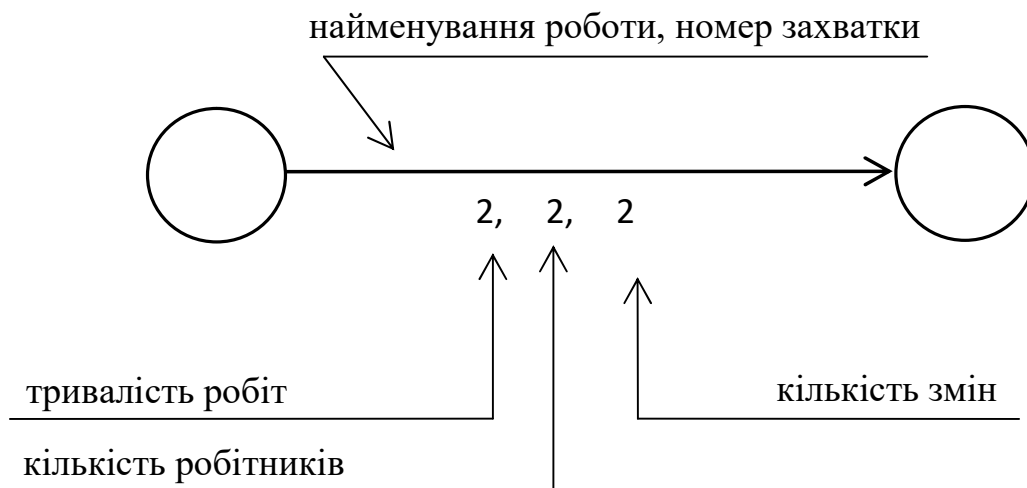
**1. Виробничий процес**, котрий потребує ресурсів та часу і відображається на СГ суцільною лінією зі стрілкою. Графічно робота в СГ не має довжини, тобто довжина ліній на СГ не пов'язана з тривалістю роботи. Приклад зображення роботи як виробничого процесу наведений на рис. 3.2.

2. **Технологічна перерва** – процес, котрий потребує для свого виконання тільки часу (наприклад висихання штукатурки, набір бетоном міцності). Зображується на СГ суцільною лінією за стрілкою та містить лише параметр тривалості (рис. 3.3).

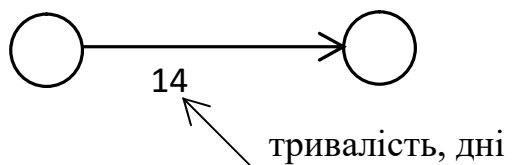
3. **Залежність**, фіктивна робота або зв'язок – не потребує ні часу, ні матеріальних затрат, лише вказуючи технологічну залежність одних робіт від інших. На СГ відображається суцільною пунктирною лінією (рис. 3.4).

- Залежність може бути технологічною, коли відображає послідовність технологічного процесу.

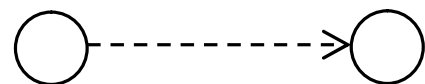
- Залежність може бути організаційною, коли відображає узгодженість робіт між різноманітними процесами.



**Рисунок 3.2 - Графічне зображення роботи в сітьовому графіку та її параметрів**



**Рисунок 3.3 - Графічне зображення технологічної перерви в сітьовому графіку**



**Рисунок 3.4 - Графічне зображення зв'язку в сітьовому графіку**

Безперервна послідовність робіт у сітьовому графіку називається шляхом сітьового графіку. Його тривалість визначається сукупністю тривалостей складових його робіт. Будь-який шлях від початкової події до заключної називається повним шляхом. Порівнюючи тривалість усіх шляхів, виокремлюють шлях максимальної по тривалості довжини. Цей шлях називають критичним. Він визначає час, необхідний для виконання усіх робіт з будівництва. Усі роботи, що лежать на критичному шляху, називають критичними і на сітьовому графіку виділяють жирними чи двійними лініями. Критичні роботи мають резерви часу, що дорівнюють нулю.

Повний шлях максимальної довжини, котрий виражає мінімальний термін будівництва, називається **критичним шляхом**. Довжина критичного шляху буде дорівнювати:

$$T_k = \max T_L, \text{ днів.} \quad (1)$$

### 3. Формули для розрахунків

#### 3.1. Розрахункові часові параметри сітьового графіку.

##### Ранні строки:

- $T_i^P$  – ранній момент настання і-ої події;
- $t_{i-j}^{PP}$  – ранній початок роботи;
- $t_{i-j}^{PK}$  – раннє закінчення роботи.

##### Пізні строки:

- $T_i^N$  – пізній момент настання і-ої події;
- $t_{i-j}^{NN}$  – пізній початок роботи;
- $t_{i-j}^{NK}$  – пізнє закінчення роботи.

Приклад зображення параметрів  $t_{i-j}^{PP}$ ,  $t_{i-j}^{PK}$ ,  $t_{i-j}^{NN}$ ,  $t_{i-j}^{NK}$  для роботи тривалістю  $t_{i-j} = 3$  дні та резервом часу 7 днів наведено на рис. 3.1.

$t_{ij}=3$  дні

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$t^{рп}$		$t^{рк}$					$t^{пп}$		$t^{пк}$
i	j						i			j

**Рисунок 3.1 - Зображення можливого виконання роботи за ранніми та пізніми строками.**

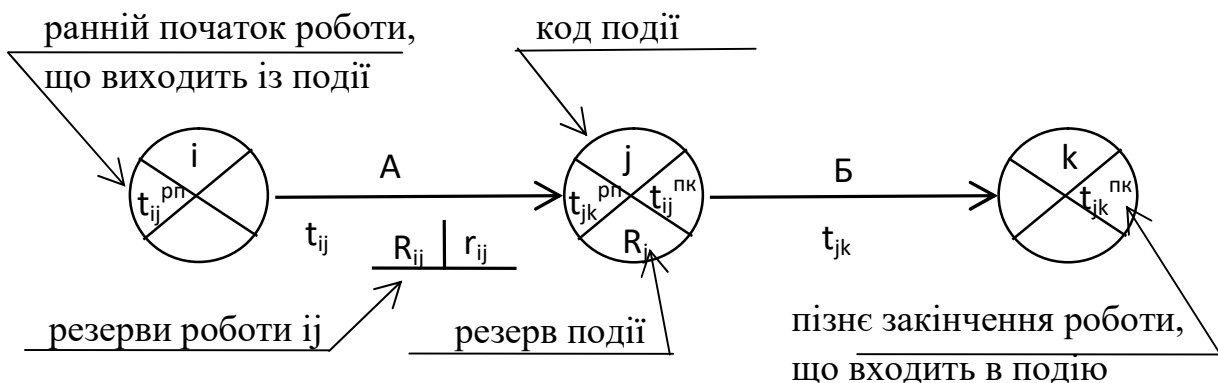
### Резерви часу:

- $R_i$  – резерв часу події;
- $R_{ij}$  - повний (загальний) резерв часу роботи;
- $r_{ij}$  -окремий резерв часу роботи.

Існують наступні особливості використання окремого резерву часу:

1. Окремий резерв часу є тільки тоді, коли ранній початок наступної роботи не співпадає з раннім закінченням даної роботи;
2. При використанні окремого резерву часу даної роботи на стільки же змінюється її повний резерв часу.

Позначення, прийняті для розрахунку сітьового графіку, наведені на рис. 3.2.



**Рисунок 3.2 - Позначення розрахункових часових параметрів на сітьовому графіку.**

При розрахунку часових параметрів на сітьовому графіку не записуються через надзвичайну простоту визначення:

- раннє закінчення роботи  $t_{ij}^{pk} = t_{ij}^{pn} + t_{ij}$ ;

- пізній початок роботи  $t_{ij}^{nn} = t_{ij}^{nk} - t_{ij}$ .

### 3.2. Розрахунок ранніх строків.

Розрахунок ранніх строків виконують прямим ходом: рухаючись зліва направо по сітьовому графіку визначаємо ранні моменти настання подій та ранні початки робіт (рис.3.3).

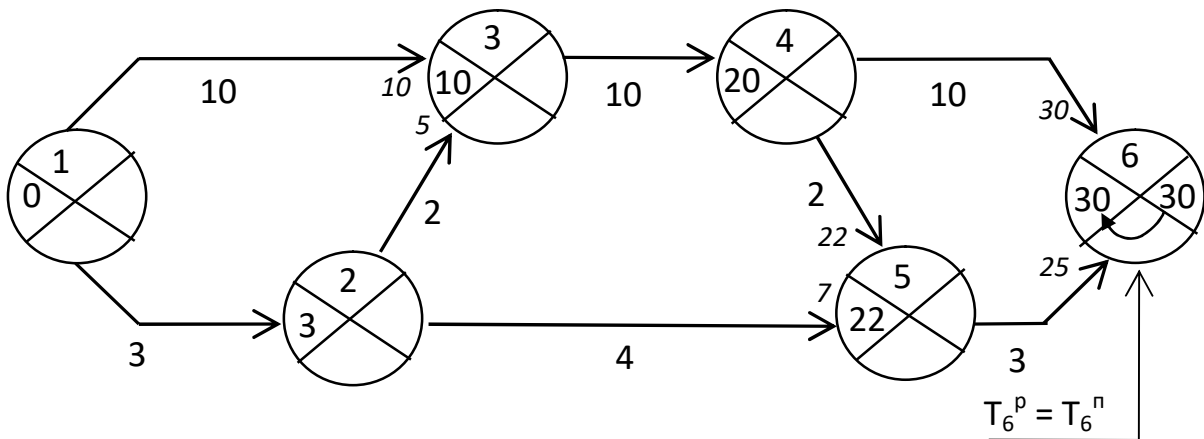


Рисунок 3.3 - Розрахунок ранніх строків на сітьовому

**Ранній момент настання події** визначається як самий ранній строк, коли виконані всі роботи, що входять в неї, а також можуть бути розпочаті роботи, що виходять з неї. Ранній момент настання події дорівнює максимальному попередньому шляху.

#### Ранній момент початкової події

$$T_1^p = 0 \quad (2)$$

#### Ранні моменти настання наступних подій.

1. У випадку, якщо в подію входить одна робота, ранній момент її настання визначають, додаючи тривалості робіт

$$T_j^p = T_i^p + t_{ij} \quad (3)$$

2. Якщо у подію входить декілька робіт, то її ранній момент настання визначається як найбільше із ранніх закінчень робіт, що входять  $T_j^p = \max(T_i^p)$ .

**Ранній момент настання кінцевої події** дорівнює довжині критичного шляху  $T_n^p = T_{кш}$ .

Ранній початок роботи обумовлений раннім моментом настання її початкової події.

### 3.3. Розрахунок пізніх строків.

Розрахунок пізніх строків виконуємо заднім ходом: рухаючись справа наліво по сітьовому графіку визначаємо пізні моменти настання подій та пізні закінчення робіт (рис.3.4).

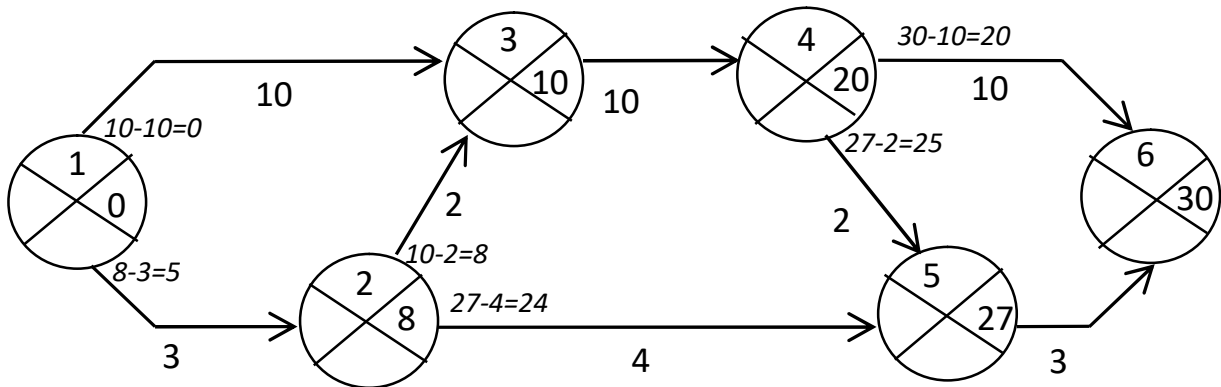


Рисунок 3.4 - Розрахунок пізніх строків на сітьовому

**Пізній момент настання події** визначають як найменше з усіх пізніх строків робіт, що виходять з даної події, або як найбільше із усіх пізніх строків робіт, що входять в дану подію (ці два варіанта рівні між собою). Не слід забувати, що пізні строки робіт, що входять у дану подію, – це їх пізні закінчення; а пізніми строками робіт, що виходять із даної події, є пізні початки цих робіт.

**Пізній момент кінцевої події** сітьового графіку дорівнює його ранньому моменту  $T_n^k = T_n^p$ .

#### Пізні моменти подій.

1. У випадку, коли із події виходить лише одна робота, пізній момент події отримуємо простим відніманням тривалості цієї послідууючої роботи від пізнього моменту наступного події

$$T_i^p = T_j^p - t_{ij} \quad (4).$$

Наприклад  $T_5^p = T_6^p - t_{56}$ .

2. Якщо з події виходить декілька робіт, то вибираємо найменший пізній початок цих робіт.

### 3.4. Резерви часу.

Будь-яка робота повинна бути виконана у межах від раннього до пізнього моментів подій, котрі обмежують цю роботу.

У випадку, коли період часу між подіями, що обмежують дану роботу, перевищує тривалість роботи, остається **резерв часу** (позначення резервів часу см. на рис. 3.5).

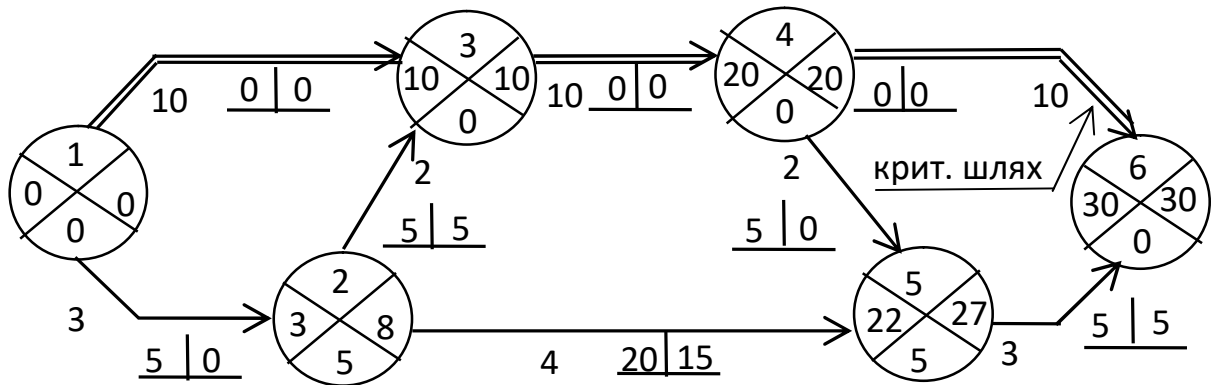


Рисунок 3.5 - Розрахунок резервів часу на сітьовому

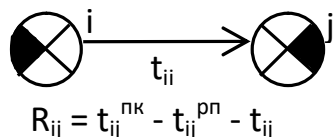


Рисунок 3.6 - Розрахунок загального резерву часу

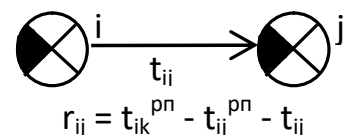


Рисунок 3.7 - Розрахунок окремого резерву часу

Резерв часу події  $i$  – це максимальний період часу, на який можна затримати її настання. Цей проміжок часу дорівнює різниці між пізнім та раннім моментами його настання.

$$R_i = T_i^p - T_i^n \tag{5}$$

Наприклад подія №5 на рис. 23в має резерв  $R_5=27-22=5$  днів.

**Загальний (повний) резерв часу роботи  $R_{ij}$**  (рис. 3.6) визначається на сітьовому графіку як різниця між значеннями правого сектору її кінцевої події, лівого сектору її початкової події та її тривалістю.

$$R_{ij} = T_j^p - T_i^n - t_{ij} = t_{ij}^{nk} - t_{ij}^{pn} - t_{ij} \tag{6}$$

Загальний (повний) резерв часу роботи – це максимальний час, на котрий може бути збільшена її тривалість чи зсунутий її початок, щоб довжина критичного шляху не змінилась.

**Окремий резерв часу роботи  $r_{ij}$**  (рис. 3.7) визначається як різниця значень лівого сектору кінцевої події, лівого сектору початкової події та тривалості цієї роботи

$$r_{ij} = T_j^P - T_i^P - t_{ij} = t_{ik}^{PP} - t_{ij}^{PP} - t_{ij}. \quad (7)$$

Окремий резерв часу роботи – це час, на котрий можна перенести початок роботи чи збільшити її тривалість, не змінюючи ранні початки наступних робіт.

#### 4. Загальна постановка задачі

Розрахунок будівельного потоку при проектуванні календарних планів на основі сітьового графіку полягає у наступному: при відомих (заданих) тривалостях робіт на захватках (об'єктах) визначити:

- 1 – загальну тривалість будівництва;
- 2 – початок та закінчення виконання робіт будь-якої  $i$ - бригади на будь-якій  $j$ - захватці;
- 3 – розрахувати часові параметри сітьового графіку;
- 4 – прив'язати сітьовий графік до часової лінійки;
- 5 – побудувати ресурсний профіль – графік потреби в робітниках;
- 6 – визначити організаційні параметри будівельного потоку;
- 7 – зробити висновок.

#### 5. Формування вихідних даних

Для розрахунку часових параметрів сітьового графіку та виконання організаційних параметрів будівельного потоку, необхідно знати тривалість роботи кожної  $i$ - бригади на кожній  $j$ - захватці –  $t_{ij}$  (днів) та кількість робітників в бригаді ( $R_i$ ):

1. Записуємо повністю прізвище, ім'я та по-батькові студента.
2. Випишуємо цифри, що відповідають літерам української чи російської мови з приведеної табл.6.1:

Таблиця 6.1

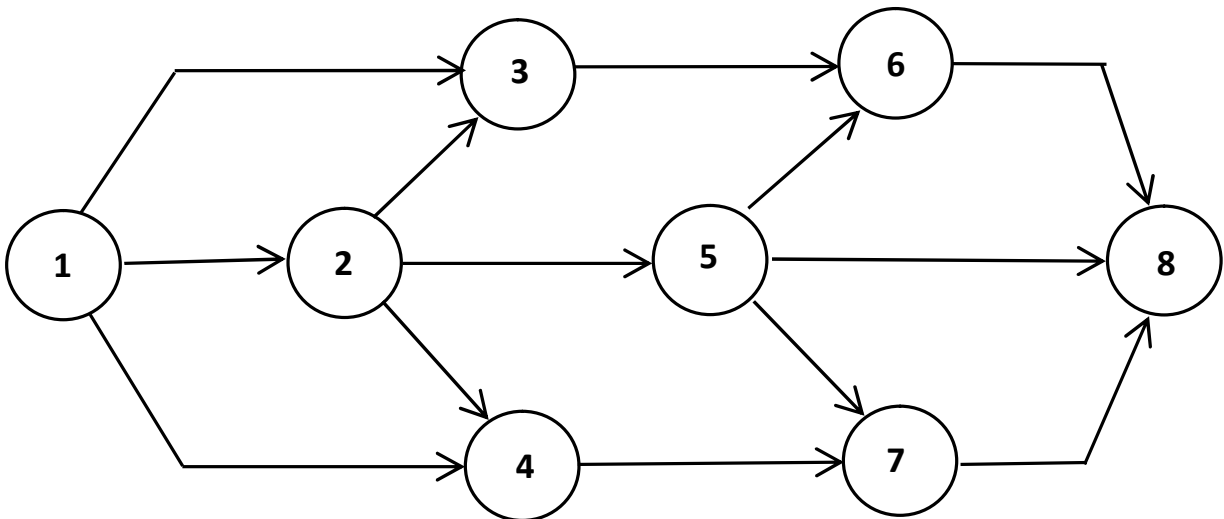
<b>а</b>	<b>б</b>	<b>в</b>	<b>г</b>	<b>Ґ</b>	<b>д</b>	<b>е</b>	<b>є</b>	<b>ж</b>	<b>з</b>	<b>и</b>	<b>ї</b>	<b>і</b>	<b>й</b>	<b>к</b>	<b>л</b>	<b>м</b>
7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	7	6	5
<b>м</b>	<b>н</b>	<b>о</b>	<b>п</b>	<b>р</b>	<b>с</b>	<b>т</b>	<b>у</b>	<b>ф</b>	<b>х</b>	<b>ц</b>	<b>ч</b>	<b>ш</b>	<b>щ</b>	<b>ь</b>	<b>ю</b>	<b>я</b>
5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	7	6	5	4	3

Цифри визначають тривалість виконання робіт на сітьовому графіку.

Кількість робочих по кожному виду робіт приймаємо умовно за цифрами по-батькові

**6. Задача 1. Розрахунок параметрів сітьового графіку по заданій топології. Лінеаризація сітьового графіку за ранніми термінами.**

Дано: 1) топологія сітьового графіку (рис. 6.1):



**Рисунок 6.1 - Топологія сітьового графіку**

1) запишемо коди робіт сітьового графіку послідовно в табл. 6.1 та назначимо кожній роботі тривалість за цифрами букв ПІБ підряд, починаючи з першої літери прізвища, а кількість робітників – у зворотному порядку, починаючи з останньої літери по-батькові:

Таблиця 6.1

Коди робіт	Тривалість роботи $t_{ij}$ , днів	Кількість робітників у бригаді $R_i$ , чол.
1-2	7	4
1-3	7	3
1-4	3	5
2-3	4	2
2-4	4	2
2-5	6	4
3-6	2	4
4-7	7	2
5-6	5	3
5-7	6	4
5-8	7	7
6-8	3	6
7-8	5	6

**Визначити:****1 – часові параметри сітьового графіку:**

$t_{ij}^{PP}$  – ранній початок кожної роботи;

$t_{ij}^{PZ}$  – пізніє закінчення кожної роботи;

$R_i$  – резерв часу кожної і-тої події;

$R_{ij}$  – загальний резерв часу кожної роботи;

$r_{ij}$  – окремий резерв кожної роботи;

$T_0$  – загальний час виробництва робіт.

**2 – виділити критичний шлях на сітьовому графіку графічно двійною лінією.**

**3 – визначити організаційні параметри:**

- максимальну кількість використаних робочих  $R_{max}$ ;
- середня кількість працюючих за весь період будівництва  $R_{ср}$ ;
- розрахувати коефіцієнт рівномірності використання робітників та зробити висновок.

## Порядок вирішення задачі

1. Оформлюємо топологію сітьового графіку наступним чином: під кожною стрілкою роботи записуємо через дефіс тривалість робіт та кількість робітників в бригаді (рис. 6.2):

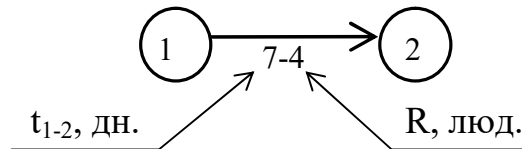


Рисунок 6.2

2. Розраховуємо часові параметри сітьового графіку як показано в розділі «Формули для розрахунків» (рис. 6.3)

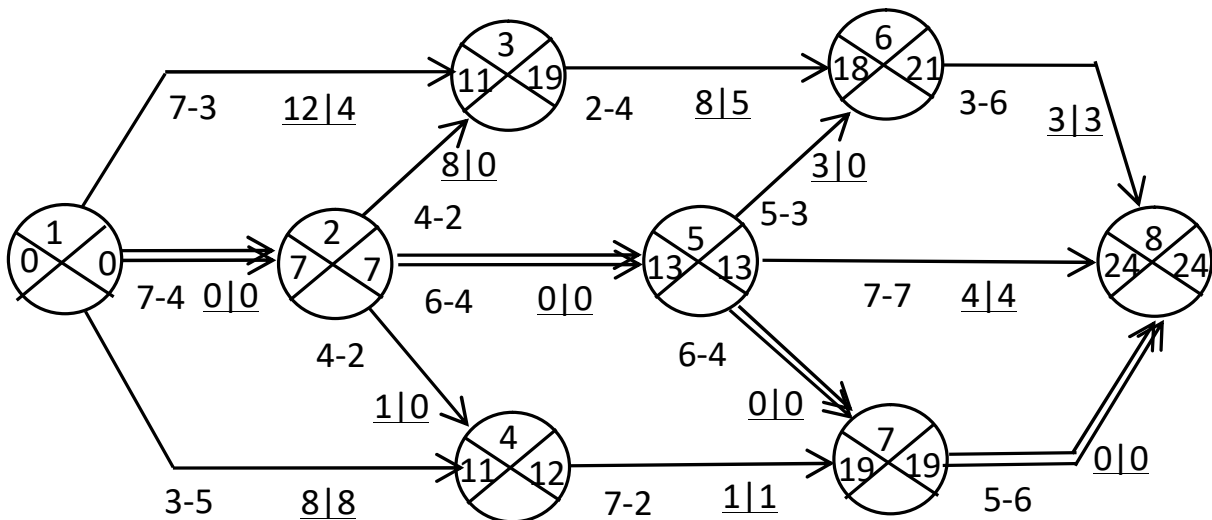


Рисунок 6.3 - Розрахунок часових параметрів на сітьовому графіку

3. Роботи, що не мають резерву часу, називають критичними (0/0); виділяємо їх на сітьовому графіку подвійною лінією. Критичний шлях може розв'язуватися, але має бути безперервним від початкової події до кінцевої.

4.  $T_0=24$  дні.

5. Виконуємо лінеаризацію сітьового графіку прив'язуємо роботи до лінійки робочих днів за ранніми строками в таблиці, що приведена на рис. 6.3 у вигляді лінійного графіку виконання робіт. Довжина лінійки дорівнює  $T_0=T_k=24$  дні по сітьовому графіку.

Умовні позначення до графіку виконання робіт:

- 4      кількість робітників у бригаді;
- ====      критична робота;
- некритична робота;
- загальний резерв часу роботи;
- окремий резерв часу роботи.

6. Перевіряємо на графіку виконання робіт безперервність критичного шляху та показуємо його вертикальною штрих пунктирною лінією, що з'єднує закінчення попередньої критичної роботи з початком наступної критичної роботи.

7. Під графіком виконання робіт будуємо ресурсний профіль за ранніми строками – графік використання трудових ресурсів (робітників) (рис. 6.4). Його будують наступним чином: послідовно на кожний день на графіку виконання робіт визначають, які бригади працюють. Потім сумують кількість робітників у всіх бригадах, що працюють у розглянутий день, та відкладають результат у вигляді горизонтальної лінії на ресурсному профілі.



Рисунок 6.4 -Лінеаризація сітьового графіку за ранніми строками

8. Розраховуємо середню кількість робітників за період будівництва виходячи з міри праці

$$T_p = R \cdot t, \text{ люд} \cdot \text{дн} \quad (8)$$

$$R_{cp} = \frac{\sum T_p}{T_0}, \text{ люд} \quad (9)$$

Для визначення сумарної трудомісткості потоку ( $\sum T_p$ ) розглянемо ресурсний профіль (рис. 6.5). Площа кожного прямокутника профілю дорівнює  $S=R \cdot t$ , люд·дн, тобто добутку кількості робітників за відрізок часу використання цієї кількості робітників. Сумуючи площі всіх прямокутників ресурсного профілю отримаємо загальну трудомісткість всіх робіт

$$S_{рес.пр.} = \sum T_p, \text{ люд} \cdot \text{дн} \quad (10)$$

Тоді:

$$R_{cp} = \frac{\sum T_p}{T_0} = \frac{12 \cdot 3 + 7 \cdot 4 + 10 \cdot 4 + 6 \cdot 2 + 16 \cdot 5 + 17 \cdot 1 + 19 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 3}{24} = \frac{252}{24} = 11 \text{ чол.}$$

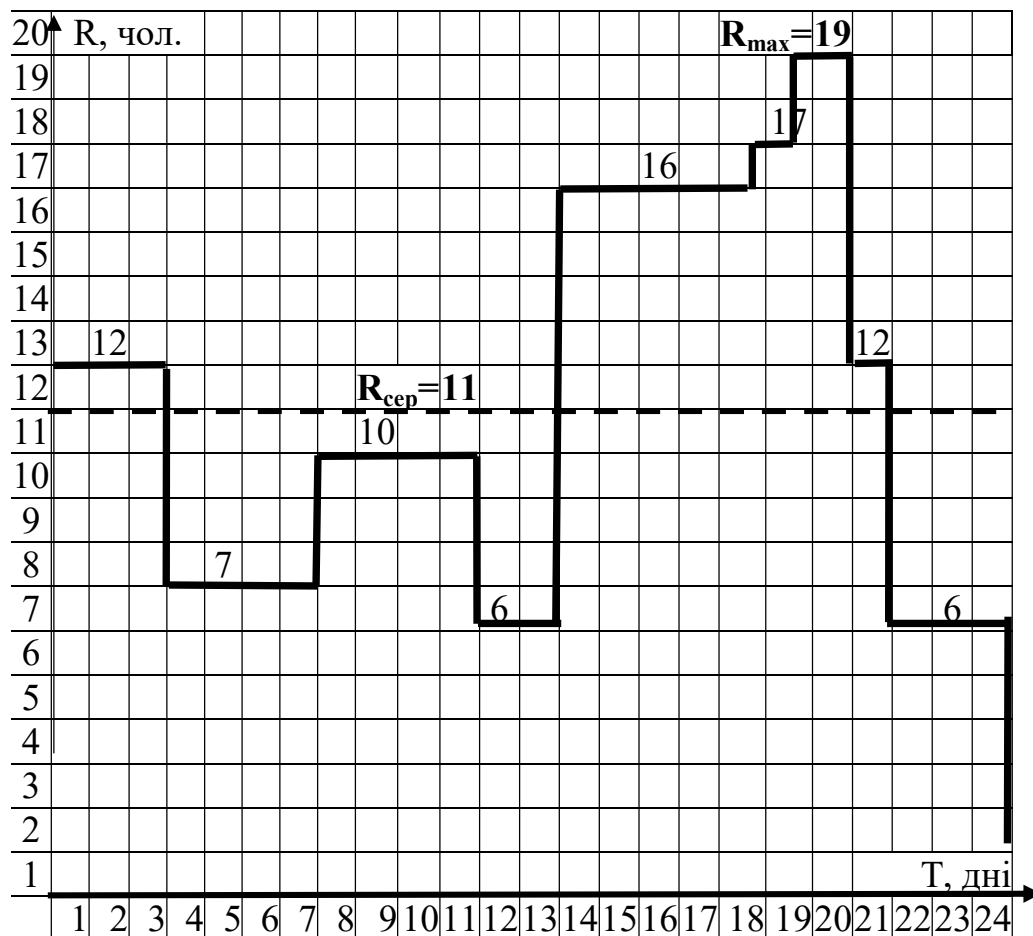


Рисунок 6.5 - Графік потреби в робітниках

9. Наносимо значення  $R_{cp}$  на ресурсний профіль крупною пунктирною лінією та вказуємо його величину.

10. Розраховуємо коефіцієнт рівномірності використання робітників:

$$\beta_R = \frac{R_{cp}}{R_{max}} = \frac{11}{19} = 0,58 \quad (11)$$

Якщо  $0,5 \leq \beta_R \leq 1$ , то запроєктований сітьовий графік забезпечує рівномірне використання робітників. При нерівномірному використанні робітників необхідне коригування сітьового графіку за ресурсами.

11. Висновок: запропонована організація робіт забезпечує рівномірне використання робітників.

## **7. Задача 2. Побудова топології сітьового графіку (СГ) при поточно-захватному методі організації будівельно-монтажних робіт.**

По заданим об'ємно-планувальним та конструктивним рішенням розробити топологію сітьового графіку будівництва одноповерхової багатопрольотної промислової будівлі при поточно-захватному методі організації будівництва.

Основні поняття:

1. Топологія сітьового графіку – це безрозмірна графічна модель, що відображує технологічну залежність виконання робіт.

2. Потік – це робота спеціалізованої бригади.

3. Захватка – це окремих об'єкт чи частина обсягу робіт.

4. Поточно-захватний спосіб організації виробництва – коли кожна бригада (потік) постійного складу, оснащена закріпленим за нею обладнанням виконує один і той же вид робіт, переходячи з однієї захватки (об'єкту) на іншу. Причому, наступний вид робіт починається на захватці тільки після закінчення попереднього.

5. Принципи поєднання робіт у потоки: а) роботи приймають участь у єдиному технологічному процесі; б) роботи виконуються одним крупним

будівельним механізмом чи машиною; в) роботи виконуються однією будівельною організацією.

6. Правила розбивки на захватки: а) розбивку на захватки виконують одночасно з вибором схеми виробництва робіт; б) захваткою має бути окремий об'єкт або цілісний конструктивний елемент будівлі; в) на захватці повинна бути забезпечена стійкість та жорсткість конструкції; г) захватка повинна забезпечувати фронт для наступного виду робіт; д) обсяг одного виду робіт захватках повинен бути однаковим.

### **Формування вихідних даних.**

Номер варіанта студент вибирає по своєму номеру із порядкового складу студентів в журналі. По номеру варіанту студент приймає конфігурацію розташування будівель із додатку А. Схеми плану і розрізу промислового цеху наведені в додатку Б.

### **План побудови топології сітьового графіку.**

1. Провести аналіз об'єкту будівництва: мати план, розріз, конфігурацію розташування будівель.

2. Сформувати перелік – номенклатуру робіт, які ми будемо виконувати, поєднуючи їх в потоки. Згідно з ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» усі роботи зі зведення об'єкту укрупнено можуть бути згруповані у наступні цикли.

### **Формування номенклатури робіт**

#### ***А. Роботи нульового циклу.***

I потік – відрив траншей екскаватором, підчистка ґрунту під фундаменти вручну, улаштування фундаментів під колони, гідроізоляція фундаментів, зворотна засипка та ущільнення ґрунту.

#### ***Б. Монтажний цикл.***

II потік – монтаж колон, підкранових балок, вертикальних зв'язок між колонами, під стропильних ферм.

III потік – монтаж стропильних ферм, світлоаераційних ліхтарів, плит покриття.

IV потік – монтаж стінового огороження: фундаментних балок, стінових панелей, рам вікон і воріт.

#### ***V. Улаштування покрівлі***

V потік – улаштування пароізоляції, теплоізоляції, цементної стяжки, рулонної гідроізоляції.

#### ***Г. Оздоблювальні роботи.***

VI потік – заскління віконних і ліхтарних переплетів, внутрішні відділ очні роботи, улаштування підлог.

VII потік – зовнішні оздоблювальні роботи, улаштування відмостки.

3. Розбити будівлю на захватки, приймаючи єдину схему розбивки для кожного потоку з урахуванням прийнятих схеми виробництва робіт. Для одноповерхових промислових будівель прольотами більше 18м рекомендується виконувати наступну розбивку на захватки:

- по осям: земельні роботи, улаштування фундаментів з гідроізоляцією і зворотною засипкою ґрунту, монтаж колон, підкранових балок, вертикальних зв'язків, під стропильних ферм або балок;

- по прольотам: монтаж стропильних ферм (балок), світло аераційних ліхтарів, плит покриття, улаштування крівлі, підлог, внутрішнєоздоблювання приміщень; скління фронтальних фасадів і світлоаераційних ліхтарів.

- по периметру: монтаж фундаментних балок, стінових панелей, рам, вікон і воріт, оздоблювання фасадів, улаштування відмостки.

#### 4. Побудувати топологію СГ.

Побудову топології СГ розглянемо на прикладі будівництва одноповерхової трьох прольотної промислової будівлі з прольотом 30 м і мостовим краном в кожному прольоті  $Q=10$  т.

Побудова топології СГ виконують в два етапи: на першому етапі будують схему робіт, на другому – спрощують цю схему з метою підвищення наочності СГ.

### **I етап. Побудова топології СГ:**

1) Ліворуч в стовпчику пишемо номери потоків, склад робіт в потоці та схеми розбивки на захватки для кожного потоку.

2) Праворуч – навпроти кожного потоку ланцюги робіт зліва направо, а по потокам згори донизу. В одному ланцюгу зображуємо окремими стрілками (що обмежені кружечками-подіями) стільки робіт, скільки є захваток. Кожен потік – це певна спеціалізована бригада постійного складу, робота якої зображена одним ланцюгом СГ.

3) Після цього проставляємо зв'язки (пунктири зі стрілками) – це організаційні чи технологічні залежності, які не мають кількісної оцінки (ані тривалості, ані людей), але призводять до часової залежності. Технологічний зв'язок показує, як бригада переходить з захватки на захватку, організаційний зв'язок виконує функцію узгодження різних видів робіт (бригад) та мають бути розставлені таким чином, щоб забезпечувався фронт робіт для наступної бригади.

4) Будуємо топологію СГ зведення трьох об'єктів (рис. 7.1)

### **II етап. Спрощення топології СГ.**

1) Для спрощення топології СГ прибираємо прості події, в які входить та виходить по одній роботі, тим самим поєднуючи початок та кінець робіт в одну подію, убраний зв'язок замінюємо на роботу. Просту подію залишають в двох випадках: якщо це вихідна і завершальна подія сітьового графіку, якщо потрібно розділити роботи на різних захватках. Перевіряємо відсутність «прострілів» в СГ (рис. 7.2).

2) Присовуємо подіям номери-коди для того, щоб можна було визначити роботи. Номери записуємо в кружечках (події) в порядку зростання зліва на право по ланцюгу і зверху в низ за напрямом стрілок сітьового графіку.



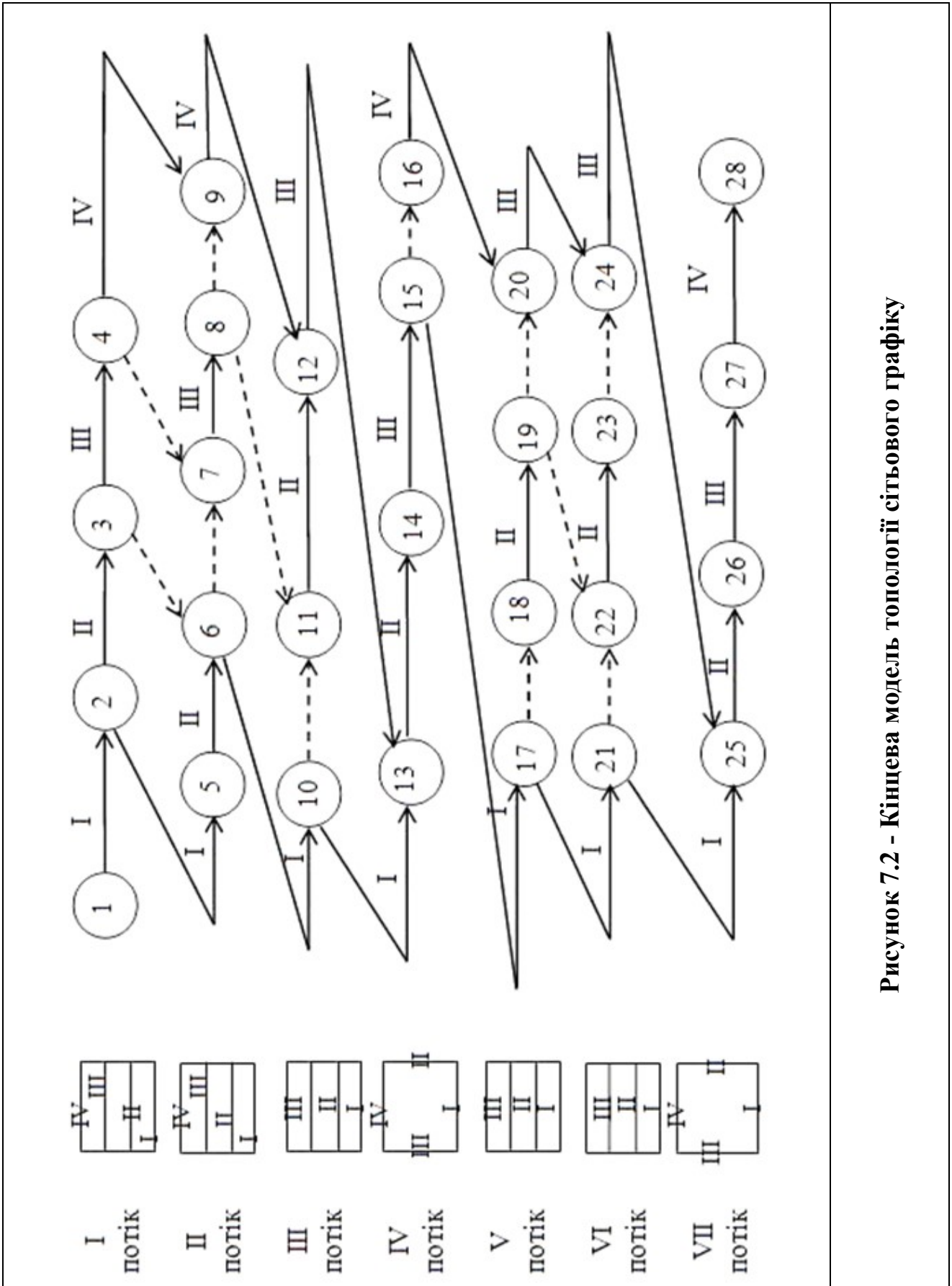


Рисунок 7.2 - Кінцева модель топології сітвого графіку

### 8. Задача 3. Побудова сітьового графіка в масштабі часу при поточній організації будівельного виробництва.

По заданій топології сітьового графіка виконання робіт «нульового» циклу зведення одноповерхової 3-х прольотної промислової будівлі з величиною прольоту більше 18 м., виконати лінеаризацію СГ по раннім строкам, побудувати графік потреби в робочих, розрахувати організаційні параметри СГ, сформуванати календарний план.

#### Формування вихідних даних.

Студент вирішує задачу по заданій викладачем топології СГ. Розрахунок параметрів СГ студент виконує при умовних тривалостях робіт і кількості робітників в бригадах: тривалість робіт приймати по прізвищу, починаючи з першої букви, а кількість робітників в бригаді – по імені, як наведено в пункті б «Формування вихідних даних». При назначені тривалості робіт по захваткам і кількості робітників в бригаді необхідно урахувувати основний принцип поточної організації робіт: бригада постійного складу переходить з захватки на захватку для виконання одного і того ж виду робіт, а об'єми робіт на захватках при виконанні цих робіт повинні бути однакові. Місяць початку будівництва студент приймає згідно з таблицею 8.1.

Таблиця 8.1

Номер студента по журналу відвідувань	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Місяць початку будівництва	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

#### Порядок рішення

1. Розрахувати тимчасові параметри СГ по індивідуальним тривалостям робіт:  $t_{ij}^{PH}$ ;  $t_{ij}^{HO}$ ;  $R_{ij}$ ;  $r_{ij}$ ;  $T_{заг}$ ;

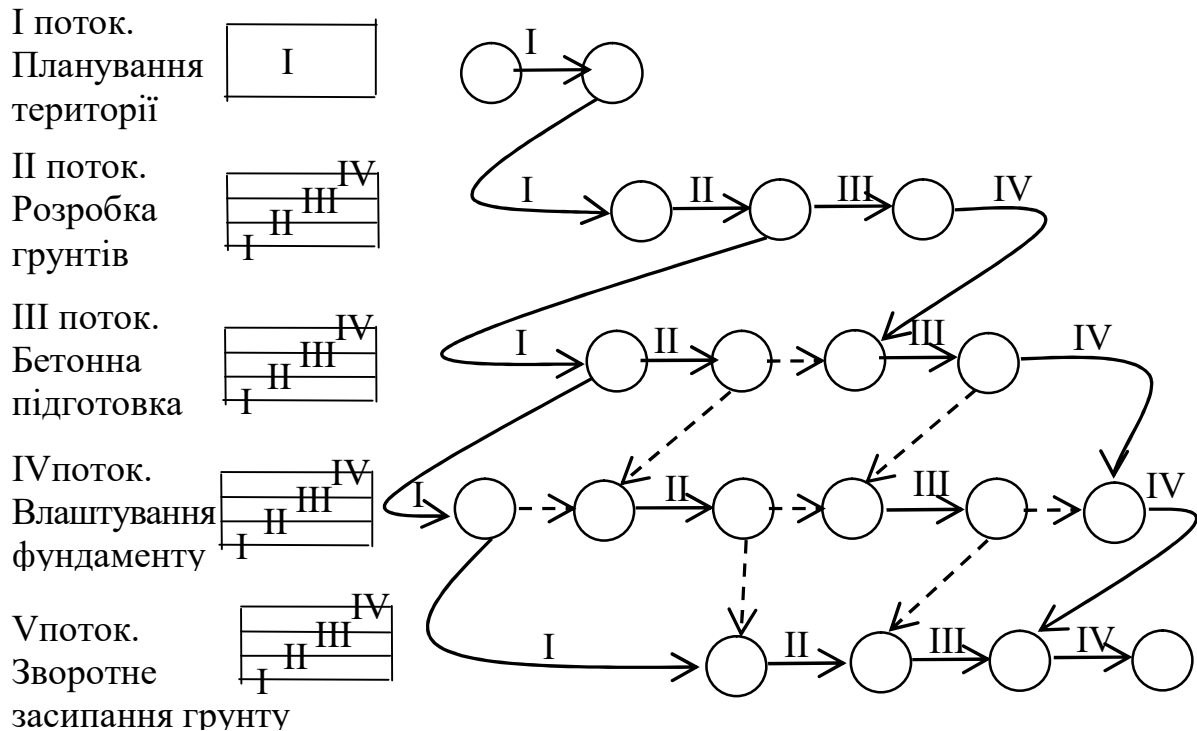
2. Виконати лінеаризацію СГ до лінійки робочих днів по раннім строкам.

3. Побудувати графік потреби в робочих і розрахувати організаційні параметри СГ:  $R_{max}$ ,  $R_{cp} = \frac{\sum T_p}{T_o}$ , люд. та  $\beta_R = \frac{R_{cp}}{R_{max}}$ ;

4. Прив'язати лінійний календарний графік до масштабу часу – сформуванати календарний план

## Рішення

Розглянемо рішення задачі на прикладі виробництва робіт «нульового» циклу (рис. 8.1)



**Рисунок 8.1 - Топологія сітьового графіку робіт «нульового» циклу**

### 1. Розрахунок тимчасових параметрів СГ.

а) Розбиваємо кожний кружечок на сектори та нумеруємо події зліва направо по ланцюгу СГ за згори донизу по потокам.

б) Записуємо під стрілками робіт параметри – тривалість та кількість робітників, над стрілками – номер захватки (рис 8.2).

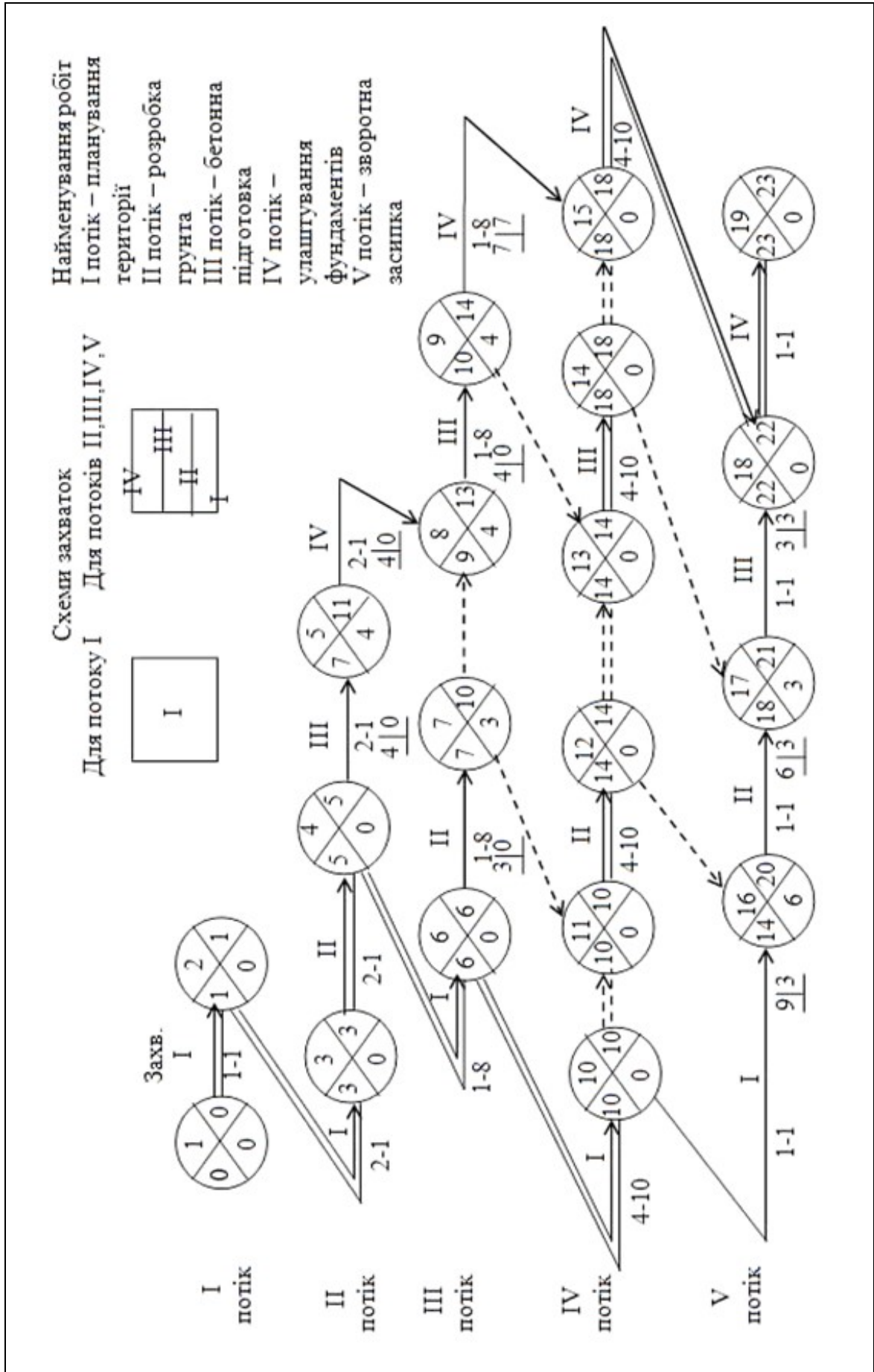
в) Розраховуємо часові параметри СГ: зліва направо по СГ – ранні строки, зправа наліво – пізні строки, потім резерви часу як описано в розділі «Формули для розрахунків» (рис. 8.2).

г) Виділяємо роботи критичного шляху (ті, в яких резерв часу дорівнює нулю) на СГ подвійною лінією.

### 2. Розрахунок організаційних параметрів потоку.

а) Прив'язуємо СГ до календарної лінійці за ранніми строками як зображено на рис. 8.3.

Довжина лінійки повна  $T_{\text{заг}} = T_{\text{к}} = 23$  дня



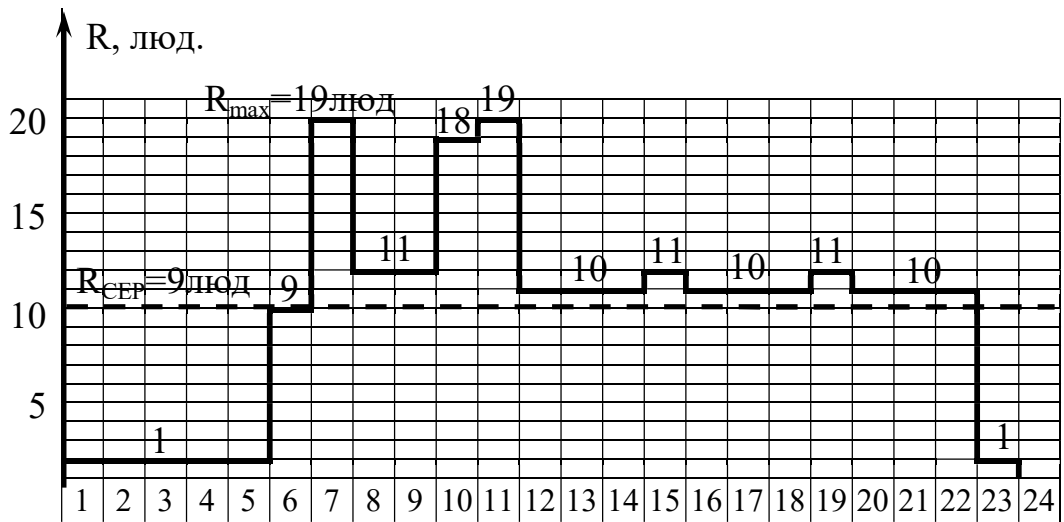
**Рисунок 8.2 – Приклад сітьового графіку робіт «нульового циклу». Розрахунок тимчасових параметрів сітьового графіку**

Поток	Код роботи	Робочі дні по порядку																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	1-2	1																							
II	2-8		1		1		1		1																
III	4-15					8	8			8	8														
IV	6-18								10		10		10		10										
V	10-19										1				1				1					1	

**Умовні позначення:**

- I-1 – номер захватки і кількість робітників
- ◆.....◆ – відкоригована робота
- ▬ – критична робота
- ◆— – некритична робота
- — — – загальний резерв часу роботи
- = — = – окремий резерв часу роботи
- ◆#5 – робота, що коригується

**Рисунок 8.3 - Лінеаризація сітьового графіку по раннім термінам**



**Рисунок 8.4 - Графік потреби в робочих**

б) будуємо графік потреби в робочих (рис. 9.4) На графіку  $R_{max}=19$  люд. Визначаємо та наносимо значення  $R_{cp}$  на графік крупним пунктиром та вказуємо величину:

$$R_{cp} = \frac{\sum T_p}{T_0} = \frac{1 \cdot 6 + 9 \cdot 1 + 19 \cdot 2 + 18 \cdot 1 + 10 \cdot 99}{23} = 9,3 \approx 9 \text{ чол.}$$

в) Розраховуємо коефіцієнт рівномірності використання робітників:

$$\beta_R = \frac{R_{cp}}{R_{\max}} = \frac{9}{19} = 0,47$$

Висновок: запропонована організація робіт забезпечує рівномірне використання робітників.

### 3.Формування календарного плану.

а) Лінійку робочих днів «прив'язують» до календарю, присуджуючи кожному робочому дню календарне число по порядку, виключаючи вихідні і святкові дні (Табл. 8.2).

Таблиця 8.2 - Прив'язка лінійки робочих днів до календаря.

Роки	2026																				2027		
Місяці	XII (грудень)																				I		
Календарні дні	2	3	4	5	6	9	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31	2	3
Робочі дні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

б) До «заголовку» календарного плану прив'язуємо лінійний графік виробництва робіт, оформлюючи таким чином календарний план. Під календарним планом розташовуємо ресурсний профіль з указаними організаційними параметрами.

## 9. Задача 4. Корегування сітьового графіку будівництва по ресурсам.

Виконати аналіз ресурсного профілю і скорегувати його по ресурсам.

Мета коригування за ресурсами – мінімізація кількості ресурсів в межах існуючих резервів часу робіт та рівномірне розподілення ресурсів.

### Способи коригування за ресурсами

**1 спосіб.** Переміщення строків початку та закінчення роботи у межах резервів часу робіт (рис. 9.1):

Робочі дні	1	2	3	4	5	6	7
Виконання роботи іj за ранніми термінами	<i>i</i>		<i>j</i>				
Переміщення роботи іj по резерву часу			<i>i</i>		<i>j</i>		

**Рисунок 9.1 - Переміщення строків роботи**

**2 спосіб.** Збільшення тривалості роботи у межах резерву часу за рахунок зменшення кількості робітників (рис. 9.2):

Робочі дні	1	2	3	4	5	6	7
Виконання роботи іj за ранніми термінами	<i>i</i>	12люд	<i>j</i>				
Виконання роботи іj за більший час	<i>i</i>		5люд				<i>j</i>

**Рисунок 9.2 - Збільшення тривалості роботи.**

Кількість робітників, що є необхідна для виконання даної роботи за більший строк знаходимо з міри праці  $Tr = R \cdot t$ , чел · дн.:

а)  $Tr_{ij} = R_{ij} \cdot t_{ij} = 12 \cdot 3 = 36 \text{ люд} \cdot \text{дн.};$

б) Визначаємо бажану тривалість робіт іj у межах її резерву часу  $t_{ij}^{kop} = 7 \text{ дн.};$

в) Визначаємо нову кількість робітників  $R_{ij}^{kop} = \frac{Tr_{ij}}{t_{ij}^{kop}} = \frac{36}{7} = 5 \text{ люд.},$  де  $Tr_{ij}$

залишається незмінним.

**3 спосіб.** Комбінований – одночасне використання перших двох: переміщення строків роботи в межах резерву часу та зростання її тривалості за рахунок зменшення кількості робітників (рис. 9.3). Нова кількість робітників  $R_{ij}^{kop}$  визначається як у способі 2.

Робочі дні	1	2	3	4	5	6	7
Виконання роботи іj за ранніми строками	<i>i</i>	<b>12</b>	<i>j</i>				
Виконання роботи іj за більший час			<i>i</i>	<b>9</b>		<i>j</i>	

**Рисунок 9.3 - Переміщення строків роботи з одночасним збільшенням тривалості**

### Формування вихідних даних

За вихідний графік студент приймає лінійний графік виробництва робіт і ресурсний профіль, побудований по своїм індивідуальним вихідним даним в задачах 2 і 3.

Рішення розглянемо на прикладі графіків із задачі 3 (рис. 8.3 і рис. 8.4)

#### **Порядок коригування СГ по ресурсам:**

1. Виконаємо аналіз ресурсного профілю на рис. 8.4: визначимо «піки» створені третім ( $R_{III}=8$  люд.) і четвертим ( $R_{IV}=10$  люд.) потоками на 7-й, 10-й і 11-й дні. Роботи IV потоку являються критичними і не мають резервів часу.

2. **Крок 1.** Ціль знизити «пік» використання робочих  $R=19$  люд. на 7-й день в III потоці на II захватці (робота 6-7 по СГ на рис. 8.2). Для цього застосовуємо другий спосіб корегування:

а) збільшуємо тривалість роботи 6-7 на величину загального резерву часу  $R_{6-7} = 3$  дня. Тоді приймаємо  $t_{6-7}^{кор.} = t_{6-7} + R_{6-7} = 1+3 = 4$  дня;

б) визначаємо нову кількість робочих після корегування  $R^{кор.} = \frac{Tp_{6-7}}{t_{6-7}^{кор.}} = \frac{8}{4} = 2$  дня;

г) наносимо зміни на лінійний графік і ресурсний профіль умовними позначеннями, одночасно закреслюємо первинний варіант тонкою лінією (рис. 10.4). Виконуючи корегування, ми використовували загальний резерв часу роботи 6-7, який, по визначенню здвигає початок роботи бригади на наступній захватці.

3. **Крок 2.** Ціль корегування – забезпечити роботу III потоку на III захватці, знизити «пік» використання робочих  $R=18$  люд. на 10-й день і  $R=19$  люд. на 11-й день. Для цього застосовуємо третій спосіб корегування:

а) зміщуємо початок роботи на більш пізній строк і одночасно збільшуємо тривалість роботи в межах резерву. Зміщуємо початок робіт (8-9) і (9-15) (див. СГ на рис. 8.2) на більш пізній строк, використовуючи особистий резерв роботи (9-15)  $o_{9-15} = 7$  днів. На лінійному графіку виробництва робіт на рис.8.4 видно, що сумарний можливий час виконання (8-9) і (9-15) в межах особистого резерву складає 8 днів.

б) визначаємо трудомісткість робіт (8-9) і (9-15)

$$Tr_{8-9} = Tr_{9-15} = R_{III} \cdot t_{8-9} = 8 \cdot 1 = 8 \text{ люд.}$$

в) визначаємо нову кількість робочих після корегування. Приймаємо, що кожна робота буде виконуватися по 4 дня  $t_{8-9}^{кор.} = t_{9-15}^{кор.} = 4$  дня, це забезпечує постійний склад бригад. Тоді  $R_{8-9}^{кор.} = R_{9-15}^{кор.} = \frac{Tr_{8-9}}{t_{8-9}^{кор.}} = \frac{8}{4} = 2$  дня;

г) Наносимо зміни на лінійний графік і на резервний профіль (рис. 9.3) умовним позначенням, одночасно закреслюючи первинний варіант тонкою лінією. Перевіряємо готовність робіт по захватках для наступного IV потоку.

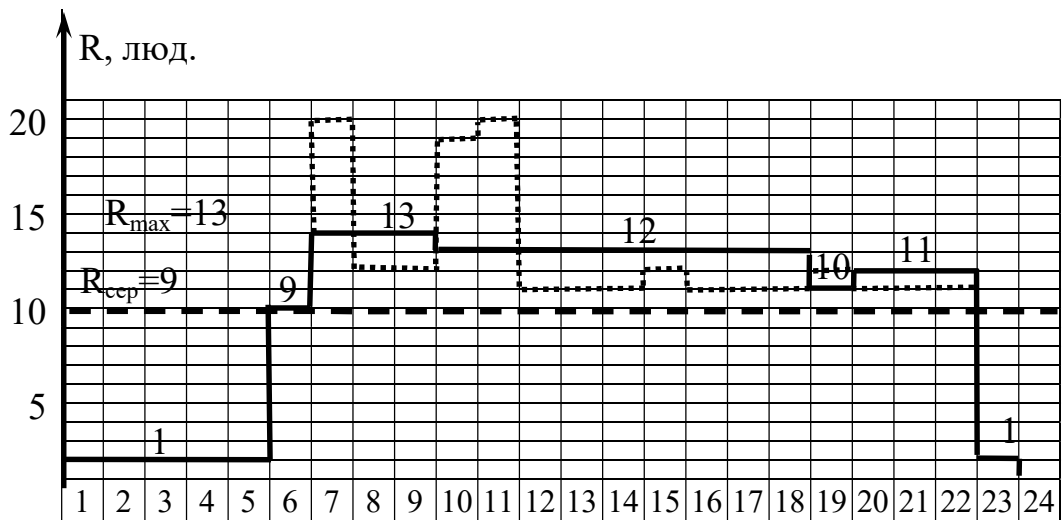
4. **Крок 3.** Ціль корегування – вирівнювання резервного профілю. Зміщуємо початок роботи V бригади (поток) на I, II, III захватках на 19, 20, 21 дні, забезпечуючи її безперервну роботу. Це перший спосіб корегування. Наносимо зміни і резервний профіль (рис. 9.4).

5. Будуємо скорегований резервний профіль (рис. 9.4). Розраховуємо організаційні параметри потоку:  $R_{max} = 13$  люд. (по графіку);

$$R_{cp} = \frac{\sum Tr}{T_{заг.}} = 9 \text{ люд.}; \beta_R = \frac{R_{cp}}{R_{max}} = \frac{9}{13} = 0,69$$

Висновок: запроектований спосіб організації робіт відповідає одному із основних вимог поточної організації: поступове розгортання використання ресурсів  $t_{розг.} = 6$  днів, стабільне використання  $t_{уст.} = 13$  днів, поступове згортання  $t_{зг.} = 5$  днів і рівномірний розподіл ресурсів  $\beta_R = 0,69 > 0,5$ .

Поток	Код роботи	Робочі дні по порядку																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	1-2	1																							
II	2-8		1		1		1		1		1														
III	4-15						8	8		8	8														
IV	6-18								10		10		10		10										
V	10-19																								



**Рисунок 9.4 - Календарний графік виробництва робіт і ресурсний профіль після коригування.**

**Умовні позначення:**

- ~~1~~ - робота, яка буде скоригована      ●●● - робота після коригування
- ~~10~~ - ресурсний профіль до коригування
- 13 - ресурсний профіль після коригування і нова кількість робітників.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Організація та управління будівництвом: підручник / О.А. Тугай та ін. - Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. – 400 с.
2. Організація будівництва: Підручник./ Ушацький С.А., Шейко Ю.П. - К.: Кондор, 2007. - 521 с.
3. Організація будівництва підручник / Кирнос В.М., Залунин В.Ф., Дадиверина Л.Н. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2005. – 309 с.
4. 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>

## Схеми конфігурації виробничих будівель

№№ схем	Схема конфігурації	№№ схем	Схема конфігурації
1	2	3	4
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6		12	

1	2	3	4
13		19	
14		20	
15		21	
16		22	
17		23	
18		24	

Схема плану будівлі

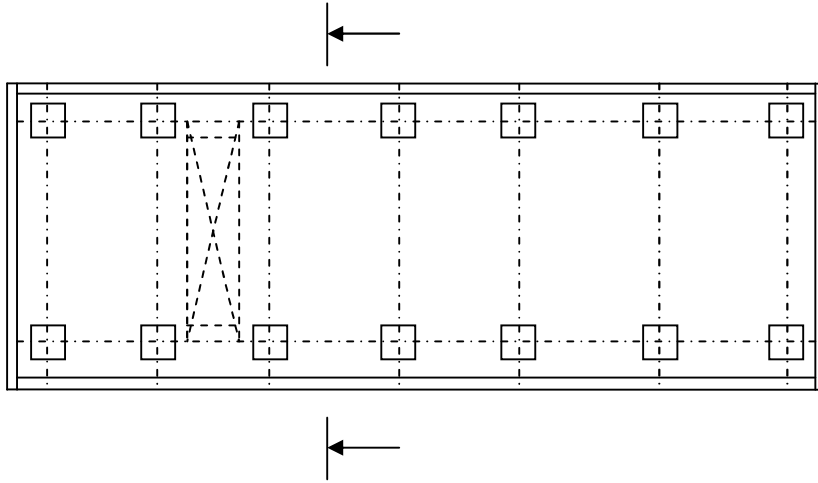
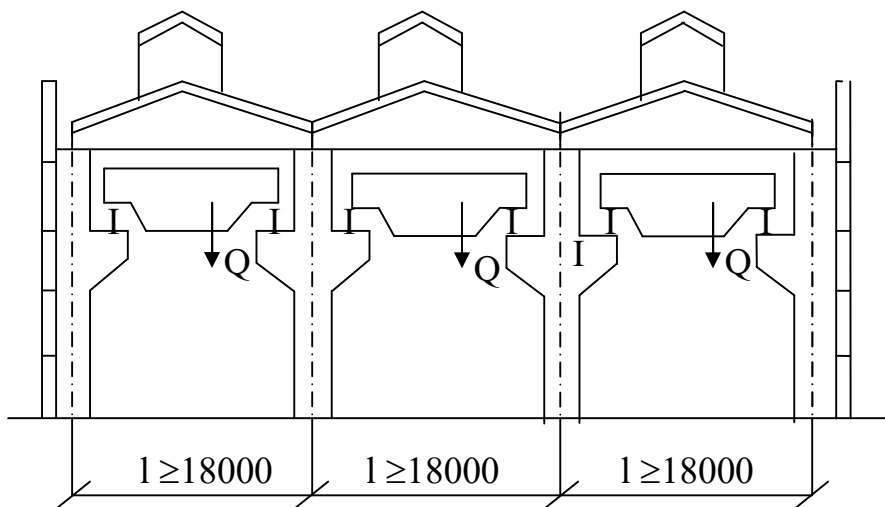


Схема перерізу будівлі



Навчальне видання

## Методичні вказівки

до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни  
«Організаційно-технологічне проектування в будівництві»  
за темою «Сітьове моделювання»

*(для здобувачів вищої освіти спеціальності G19  
«Будівництво та цивільна інженерія»)*

*(Електронне видання)*

Укладач: Уваров Павло Євгенович

Оригінал - макет

П.Є. Уваров

Підписано до друку \_\_\_\_\_

Формат 60×81/16 . Папір друкар. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умови друку арк. \_\_\_\_\_. Обл.-вид.л. \_\_\_\_\_.

Тираж 50 екз. Вид. № \_\_\_\_\_. Замовл. № \_\_\_\_\_. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного  
університету імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Київ, вул. Іоанна Павла II, 17

Телефон: +38(050) 218 04 78,

E-mail: [vidavnictvosnu@gmail.com](mailto:vidavnictvosnu@gmail.com)