

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОРГАНІЗАЦІЯ
МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ

Методичні вказівки до виконання практичних занять
та курсового проєктування з дисципліни «Технології та організація
монтажу інженерних систем і мереж»
для студентів ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Усі цитати, цифровий
та фактичний матеріал,
бібліографічні відомості
перевірено. Написання
одиниць вимірювання
відповідає стандартам

Підписи авторів _____

Підпис гаранта освітньо-професійної програми
«Теплогазопостачання та вентиляція»

« _____ » _____ 2024 р.

Київ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ОРГАНІЗАЦІЯ
МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ**

Методичні вказівки до виконання практичних занять
та курсового проектування з дисципліни «Технології та організація
монтажу інженерних систем і мереж»
для студентів ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Київ 2024

УДК 69.003

Укладачі: М.П. Сенчук, канд. техн. наук, доцент
С.Г. Рибачов, канд. техн. наук, доцент
А.С. Ваколюк, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Ю.Й Франчук, канд. техн. наук, доцент
Відповідальний за випуск К.М. Предун, д-р. екон. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри теплогазопостачання і
вентиляції, протокол № 16 від 16 квітня 2024 року*

В авторській редакції

Організація монтажу інженерних систем і мереж:
_____ методичні вказівки до виконання практичних занять та
курсowego проєктування для студентів спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія» ОПІ «Теплогазопостачання і
вентиляція» /уклад.: М.П. Сенчук, С.Г. Рибачов, А.С. Ваколюк. –
Київ: КНУБА, 2024. – 62 с.

Містять рекомендації щодо виконання розділів курсового
проєкту «Організація та технології монтажу систем і мереж
теплогазопостачання та вентиляції». Наведено приклади розв'язання
окремих задач щодо планування та організації будівельно-монтажних
робіт.

Призначено для студентів ОПІ «Теплогазопостачання і
вентиляція» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
1. Організація та технології будівельно-монтажних робіт.....	5
1.1. Методи організації монтажних робіт.....	5
1.2. Рекомендації з технологій монтажу систем опалення, внутрішнього газопроводу та вентиляції.....	8
1.3. Будівництво зовнішніх теплових та газових мереж.....	10
2. Тривалість будівельно-монтажних робіт.....	14
3. Календарне планування монтажних робіт.....	15
4. Побудова та розрахунок сіткового графіка будівельно-монтажних робіт.....	20
4.1. Правила побудови сіткових графіків.....	20
4.2. Розрахункові параметри сіткової моделі.....	23
4.3. Розрахунок сіткового графіка у табличній формі.....	26
4.4. Розрахунок параметрів сіткового графіка «на графіку».....	30
4.5. Оптимізація сіткового графіка.....	33
4.6. Побудова сіткового графіка у масштабі часу.....	34
5. Організація будівельно-монтажних робіт потоком.....	37
5.1. Ув'язування роботи бригад в ритмічних потоках.....	37
5.2. Розрахунок потоків матричним методом.....	42
Список літератури.....	45
<i>Додаток А</i> Будівельні машин для прокладання зовнішніх мереж та їх технічні характеристики.....	46
<i>Додаток Б</i> . Характеристики ґрунтів.....	47
<i>Додаток В</i> . Орієнтовні об'єми земляних робіт при прокладанні теплових мереж.....	48
<i>Додаток Г</i> . Залізобетонні конструкції підземних теплових мереж.....	50
<i>Додаток Г'</i> . Ресурсні норми витрати труда робітників-будівельників і машиністів та часу експлуатації машин і механізмів.....	54
<i>Додаток Д</i> . Склад бригад (ланок) для виконання будівельних і монтажних робіт.....	60

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета і завдання вивчення дисципліни «Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж» полягає у навчанні студентів технічно грамотно вирішувати практичні питання з планування, підготовки і організації будівельно-монтажного виробництва та управління трудовими колективами, привити їм навички для успішної роботи на керівних інженерних посадах.

З метою закріплення теоретичних знань, отриманих в лекційному курсі і на практичних заняттях, та набуття необхідних практичних навичок студенти виконують курсовий проєкт на тему «Організація та технології монтажу систем і мереж теплогазопостачання та вентиляції», який включає такі розділи з організації будівельно-монтажних робіт:

- Календарне та сіткове планування монтажу інженерних систем теплогазопостачання і вентиляції;
- Планування монтажу систем внутрішнього тепlopостачання будівель за двома методами виконання робіт;
- Планування будівництва теплових (газових) мереж потоковим методом виконання робіт.

Вихідні дані для виконання індивідуальної роботи видає викладач.

Оцінювання здійснюється шляхом опитування студентів на володіння знаннями щодо організації та планування монтажу систем і мереж теплогазопостачання та вентиляції, перевірки виконаної індивідуальної роботи на правильність вирішення задач та оформлення у відповідності до чинних вимог.

За *паралельним методом* всі комплекси робіт (роботи) на будівельному об'єкті або монтажні роботи на всіх об'єктах виконують одночасно. Цей метод характеризується коротким терміном будівництва – $T=t_{ц}$, дн, та максимальною інтенсивністю використання матеріально-технічних ресурсів і високою чисельністю робітників – $n = n_p m$, люд.

Роботи, об'єкти	Чисельність робітників	Календарні дати робочих днів		
		Місяць		
		1	2	3
		Робочі дні		
		1	2	3
1	n_p			
2	n_p			
...	n_p			
m-1	n_p			
m	n_p			
		$t_{ц}$		

Рис. 2. Паралельний метод виконання будівельно-монтажних робіт

Особливістю *послідовно-паралельного методу* є в тому, що частину робіт виконують окремим трудовим колективом послідовно, а деякі роботи, наприклад підготовчі роботи на робочих місцях, за потреби технології монтажу виконують інші робітники одночасно (паралельно). За цього методу дещо зменшується тривалість будівництва у порівнянні з послідовним методом.

За *потокового методу* весь комплекс будівельно-монтажних робіт на об'єкті поділяють на ряд ділянок (захваток) з послідовним виконанням однорідних технологічних процесів на різних захватках та паралельним виконанням різнорідних процесів на окремих захватках. На рис.3 наведено рівномірну інтенсивність споживання ресурсів (відношення обсягу робіт до планової тривалості їх виконання) на окремих захватках. Термін будівництва – інтервал між початком і завершенням всіх технологічних процесів на всіх захватках більший ніж при паралельному методі, але менший ніж при послідовному.

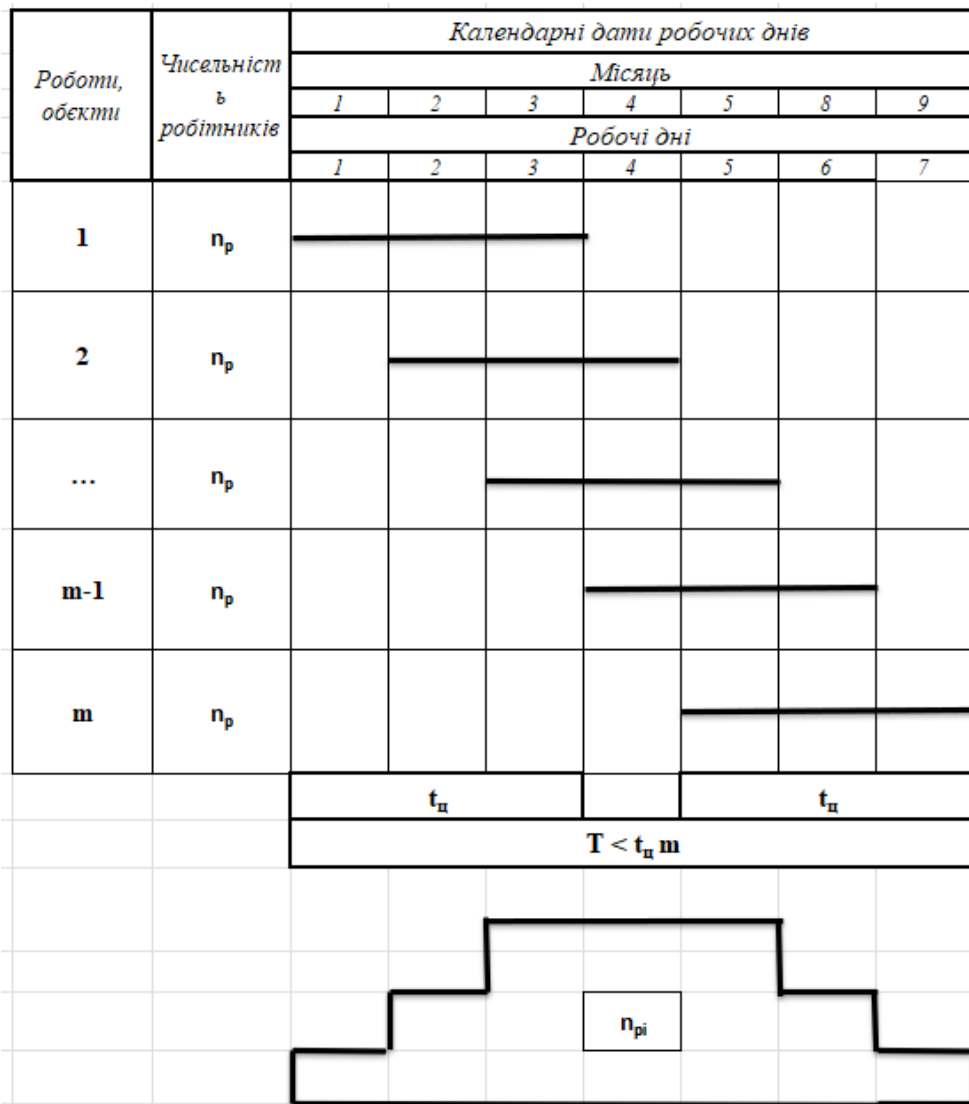


Рис. 3. Потоковий метод виконання будівельно-монтажних робіт

1.2. Рекомендації з технологій монтажу систем опалення, внутрішнього газопроводу та вентиляції

Перед початком монтажу систем необхідно виконати відповідну підготовку для забезпечення монтажної готовності об'єкту будівництва, зокрема:

- завершені попередні загальнобудівельні процеси відповідно до технологічної послідовності спорудження будівлі;
- підготовлені робочі місця для монтажу систем, у тому числі наявні отвори в стінах і перекриттях, канали, підготовка до прокладання трубопроводів приладових віток в товщі підлоги тощо;
- наявність вантажопідйомних механізмів (крани, ліфти, кран-балки) та підготовлені місця складування матеріалів і виробів в зоні їх дії та інше.

Під час монтажу систем *центрального опалення* виконують такі основні роботи: комплектування та рознесення матеріалів і виробів до місць монтажу; розмічування траси прокладання трубопроводів; установлення опор і кронштейнів під подавальні та зворотні розподільні трубопроводи; прокладання розподільних трубопроводів з установленням арматури, пристроїв для випуску повітря та видалення теплоносія; монтаж опалювальних приладів (сталевих або чавунних радіаторів, радіаторних блоків, конвекторів); монтаж приладових віток, стояків і підводок до опалювальних приладів; монтаж у теплових пунктах вузлів теплового вводу, арматури, водопідігрівачів, насосів, розширювальних баків, трубопроводів з установленням повітровідвідників, кранів дренажних і контрольно-вимірювальних приладів; гідравлічні випробування систем опалення.

Монтаж трубопроводів виконують, як правило, з готових вузлів і деталей, виготовлених на заготівельних підприємствах. Запірну і регулювальну арматуру, повітрозбірники, дренажні пристрої встановлюють у зручних і доступних для обслуговування місцях. При плануванні монтажних робіт в тепловому пункті необхідно додатково передбачати комплектування і піднесення до робочих місць габаритних вузлів, пристроїв, агрегатів. Водопідігрівачі, насоси

та інші навішують на кронштейни або встановлюють на спеціальні підставки на підлозі. Після гідравлічних випробувань окремих частин системи опалення і робочої перевірки системи в цілому усувають усі відмічені дефекти та виконують кінцеву перевірку системи.

До початку монтажу *внутрішнього газопроводу* будівлі комплектують і розносять необхідні матеріали і прилади до місць монтажу, розмічають місця прокладання трубопроводів, пробивають потрібні отвори у стінах і перекриттях. Потім установлюють газові прилади, виконують монтаж розподільних трубопроводів, стояків, відгалужень і підводок до приладів та проводять пневматичні випробування внутрішньої системи газопроводів. Після приєднання внутрішніх газопроводів до ввідних газопроводів і газопроводу-вводу виконують пневматичні випробування системи газопостачання будівлі в цілому.

Монтаж *вентиляційних систем* виконують у такій послідовності:

- установа вентиляційних установок, до яких повітропроводи приєднують безпосередньо (вентилятори, кондиціонери, циклони, відсоси та зонти над обладнанням, припливні насадки тощо);
- збирання і монтаж прямих ланок та фасонних частин повітропроводів укрупненими блоками;
- монтаж переходів, гнучких вставок, шиберів і заслінок, клапанів, шумоглушників, приливних і витяжних пристроїв;
- установа вентиляційних установок, до яких повітропроводи безпосередньо не приєднують (фільтри, калорифери, дефлектори, дахові вентилятори тощо).

Відцентрові вентилятори монтують на попередньо установлені кронштейни з віброізоляторами. Монтаж центральних кондиціонерів та припливних камер полягає в послідовному приєднанні й установленні типових секцій і камер на підставки чи на готові фундаменти.

Монтаж повітропроводів починають, як правило, від вентилятора. Укрупнені блоки довжиною 6...12 м збирають на підлозі

на місці монтажу з окремих ланок повітроводів, вузлів і деталей, виготовлених і укомплектованих на заготівельному заводі, або з нормалізованих елементів виробників продукції. Піднімання блоків на проектну відмітку здійснюють за допомогою ручних лебідок чи інших підйомних пристроїв. Після перевірки змонтованого блоку відповідно до монтажного положення встановлюють постійне кріплення повітропроводів.

Монтаж вентиляційних установок, до яких повітроводи безпосередньо не приєднуються, можна виконувати одночасно з монтажем інших елементів і вузлів системи вентиляції.

1.3. Будівництво зовнішніх теплових і газових мереж

Орієнтовний перелік робіт при прокладанні *теплових мереж* включає:

I. Земляні роботи:

- розробка траншеї екскаватором (у відвал, з навантаженням на автосамоскид);
- планування днища та схилів траншеї вручну;
- закріплення стінок траншеї інвентарними щитами (за необхідності);
- встановлення огорожі траншеї;
- обладнання траншеї перехідними містками.

II. Монтаж залізобетонних конструкцій (ЗБК):

- укладання нижніх лотків непрохідних каналів;
- будівництво теплофікаційних камер із збірних ЗБК (панелі стінові і днища);
- монтаж щитових нерухомих опор;
- укладання фундаментів під колони;
- встановлення залізобетонних колон для надземного прокладання трубопроводів.

III. Безтраншейне прокладання трубопроводів:

- встановлення установки для безтраншейного прокладання;
- продавлювання сталевий труби (футляра) без розробки ґрунту;

- протягування у футляр труб теплової мережі;
- заробляння кінців футляра пасмом смоляним та бітумом;
- демонтаж установки.

IV. Монтаж трубопроводів:

- укладання трубопроводів у лотках непрохідних каналів;
- монтаж сальникових або сільфонних компенсаторів;
- монтаж П-подібних компенсаторів;
- монтаж арматури, пристроїв для видалення теплоносія та випуску повітря;
- надземне прокладання трубопроводів;
- безканалне прокладання трубопроводів.

V. Теплова ізоляція трубопроводу:

- ізоляція труб, арматури та фланцевих з'єднань теплоізоляційними виробами: циліндрами, напівциліндами або сегментами;
- покриття поверхні ізоляції шаром рулонного матеріалу;
- покриття поверхні ізоляції надземного трубопроводу виробами із оцинкованої сталі.

VI. Монтаж верхніх залізобетонних конструкцій непрохідних каналів та теплових камер: верхніх лоткових елементів, плит перекриття.

VII. Земляні роботи:

- присипання траншеї вручну;
- демонтаж огорожі та перехідних містків;
- засипання траншеї бульдозером;
- розгортання бульдозером чорнозему.

Типи екскаваторів для розробки траншей і автосамоскидів для вивезення частини ґрунту, а також типи автокранів чи трубоукладачів для монтажу залізобетонних конструкцій і трубопроводів студенти вибирають самостійно, якщо вони не вказані в завданні на виконання проєкту. Технічні характеристики деяких будівельних машин наведені в Додатку А.

Обсяг земляних робіт підраховують на підставі розмірів перетинів траншей та котлованів для теплофікаційних камер,

обумовлених діаметрами трубопроводів і розмірами залізобетонних споруд. Об'єм ґрунту, який необхідно вивезти автотранспортом, визначається за розмірами каналів та теплових камер. При підземному прокладанні газопроводу надлишковий ґрунт не вивозять, а розплановують бульдозером. Орієнтовні об'єми ґрунту при визначенні обсягів земляних робіт при каналному і безканалному прокладанні теплових мереж наведено в Додатку Б. Групи ґрунту за трудністю його розробки наведені в Додатку В.

Розміри залізобетонних конструкцій підземних теплових мереж та відстань між рухомими і нерухомими опорами наведені в Додатку Г. Рухомі опори сприймають масу трубопроводів, теплоносія та ізоляції, а також забезпечують переміщення ізольованих теплопроводів в каналах. За допомогою нерухомих опор закріплюють теплопроводи у визначених місцях траси, запобігаючи довільному переміщенню за їхнього теплового подовження.

Найбільш поширеними рухомими опорами є ковзні опори, які приварюються до труб або кріпляться за допомогою хомутового з'єднання. При підземному та надземному прокладанні трубопроводів застосовують найчастіше нерухомі опори металеві упорні. Така опора складається з двох відрізків швелера, розміщених зверху і знизу труби та забетонованих у бокові стінки каналу або закріплених в будівельні конструкції. До самої труби по обидві сторони від швелера приварюють упори з листової сталі товщиною 8...10 мм. При надземному прокладанні труб також застосовують хомутові нерухомі опори з кріпленням їх до колон, на яких прокладають труби.

За каналного прокладання трубопроводів теплової мережі поширена щитова опора, яка являє собою залізобетонну плиту з двома отворами для трубопроводів. Діаметри, відстань між отворами та також габаритні розміри плити відповідають діаметрам трубопроводів теплової мережі. Залізобетонна плита встановлюється уперек каналу для трубопроводів і закріплюється цементно-піщаним розчином. Потім через отвори в плиті прокладають труби, до яких з обох сторін плити приварюють з листової сталі, які й забезпечують нерухомість труб у горизонтальному напрямку.

Нижче наведено перелік робіт при прокладанні зовнішнього газопроводу:

I. Земляні роботи:

- розробка траншеї екскаватором у відвал;
- планування днища та схилів траншеї вручну;
- підсипання піску на дно траншеї для прокладання газопроводів;
- копання вручну прямих та траншей відгалужень (від магістрального трубопроводу до окремих будинків);
- закріплення стінок траншеї інвентарними щитами (за необхідності);
- встановлення огорожі;
- обладнання траншеї перехідними містками.

II. Монтаж трубопроводів:

- укладання трубопроводів з пневматичним випробуванням;
- монтаж фасонних частин зварюванням;
- монтаж дволінзових компенсаторів та засувок;
- монтаж конденсатозбірників, гідрозатворів;
- обладнання контрольних пунктів;
- контроль якості зварних з'єднань фізичними методами;
- продування трубопроводу стиснутим повітрям;
- присипання трубопроводу ґрунтом вручну;
- випробування трубопроводу на міцність;
- врізування в діючий газопровід із зниженням або без зниження тиску газу.

III. Безтраншейне прокладання трубопроводу:

- установа установка для безтраншейного прокладання;
- продавлювання труби (футляра);
- протягування у футляр труби газопроводу;
- обладнання футляра контрольною трубкою;
- заробляння кінців футляра пасмом смоляним та бітумом;
- демонтаж установки.

IV. Ізоляційні роботи:

- антикорозійна ізоляція стиків та фасонних частин

трубопроводу бітумно-гумовою ізоляцією або полімерними липкими стрічками.

V. Земляні роботи:

- демонтаж огорожі та перехідних містків;
- засипання траншеї бульдозером;
- випробування трубопроводу на щільність;
- розгортання бульдозером чорнозему.

2. ТРИВАЛІСТЬ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ

Тривалість будівельно-монтажних робіт установлюють відповідно до норм тривалості будівництва. Тривалість будівництва може бути скорочена в результаті прийняття відповідних рішень, орієнтації на нові конструктивні та технічні рішення, використання досвіду будівництва аналогічних окремих об'єктів або комплексів.

У курсовому проєкті тривалість монтажних робіт визначають шляхом оптимізації коефіцієнта нерівномірності зміни чисельності робітників протягом будівництва залежно від трудомісткості робіт, прийнятих методів організації монтажу, наявних трудових і матеріально-технічних ресурсів.

На загальну тривалість будівництва зовнішніх інженерних мереж трубопроводів і опалювальних (виробничо-опалювальних) котельних впливає той фактор, що комплекс робіт виконують різні організації, кожна з яких має різні можливості та різні умови виконання своїх робіт. Очікувану тривалість робіт визначають за їх мінімальною t_{min} і максимальною t_{max} тривалостями:

$$t_{очік} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}. \quad (1)$$

Орієнтовну тривалість будівельно-монтажних робіт визначають з урахуванням питомої ваги окремих робіт у загальному комплексі будівництва (табл. 1).

Таблиця 1

**Питома вага окремих робіт у загальному комплексі
будівництва об'єктів**

Вид робіт	Тривалість у відсотках від загальної тривалості будівництва	
	t_{max}	t_{min}
Земляні роботи	13	8
Монтаж будівельних конструкцій	35	30
Улаштування введів інженерних систем	8	5
Монтаж внутрішніх систем опалення, вентиляції та газопроводів	25	20
Опоряджувальні роботи	12	9
Здача об'єкта в експлуатацію	5 днів	

3. КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ

Календарний план будівельно-монтажних робіт одного об'єкта, форма якого наведена в табл. 2, складається з двох частин: лівої – розрахункової (графи 1... 13) і правої – графічної (графи 14).

Порядок розробки календарного плану наступний: визначають перелік і обсяг робіт, які необхідно виконати для зведення даного об'єкта, вибирають методи виконання кожного виду робіт та необхідні будівельні машини і механізми; розраховують витрати труда робітників-будівельників і машиністів у людино-днях та потребу в машинах і механізмах в машино-днях; визначають технологічну послідовність і тривалість кожної з робіт, встановлюють склад бригад (ланок) з урахуванням потрібного рівня кваліфікації та нормованого середнього розряду; встановлюють

Витрату труда робітників-будівельників і машиністів та час застосування машин і механізмів розраховують за нормативними витратами часу на виконання кожної роботи з урахуванням можливого зростання продуктивності праці. Норми часу на виконання окремих будівельно-монтажних робіт наведено у відповідних збірниках ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи ([4], Додаток Г’). Склад бригади (ланки) для виконання окремої роботи можна прийняти за Додатком Д, а необхідна кількість робітників (графа 11) залежить від прийнятої планової тривалості виконання даної роботи.

Тип і потужність машин для будівництва зовнішніх мереж трубопроводів вибирають залежно від обсягу робіт, умов і термінів будівництва. При цьому необхідно виходити з проектування потокового методу організації робіт, за виключенням невеликих ділянок, де доцільно організувати роботу одночасно по всій трасі будівництва. Вибір довжини захваток будівельного потоку можна приймати з урахуванням даних, наведених в табл. 3.

Таблиця 3

Рекомендовані довжини захваток, м

Місце прокладання трубопроводів	Газові мережі	Теплові мережі, які прокладають	
		безканально	в каналах
На вулицях із середньою інтенсивністю руху та насиченістю підземними перетинаннями з іншими мережами	50-60	40-60	20-25
У невеликих населених пунктах з малою інтенсивністю руху транспорту	200-260	150-200	75-100
В умовах сільської місцевості	150-200	120-150	60-80

Окремі сталеві труби довжиною 5 м і більше та секції зі сталевих труб транспортують і розташовують уздовж траси до

початку розробки траншеї. Для розробки траншеї використовують одноківшові екскаватори зі зворотною лопатою з об'ємом ківша 0,15-0,50 м³. Для засипання траншей як у міських, так і в сільських умовах застосовують бульдозер.

Монтажні стрілові самохідні крани (на автомобільному або гусеничному ході) підбирають залежно від необхідної вантажопідйомності, вильоту стріли, виконуваної роботи (монтаж залізобетонних конструкцій, трубопроводів, установок). При укладанні трубопроводів використовують не менше двох трубоукладачів із відстанню між ними 25-35 м залежно від довжини зварених ланок труб.

При визначенні часу виконання окремих видів робіт необхідно передбачати перевиконання норм виробітку: для переважно механізованих процесів (будівництво теплових чи газових мереж) – на 25...35 відсотків, для частково механізованих (монтаж котлів, установок, вузлів та блоків систем вентиляції тощо), а також для переважно ручних робіт (монтаж трубопроводів і приладів системи опалення, труб і приладів внутрішнього газопостачання, ділянки та елементи повітропроводів) – на 15...20 відсотків.

Графік робіт (графа 14) є лінійним зображенням технологічного процесу монтажу. Кожній роботі відповідає лінія, довжина якої відповідає тривалості виконання даного процесу. При роботі в дві зміни показують дві паралельні лінії. Над лініями вказують кількість робітників, залучених до будівництва, та тривалість робіт. Під лінією можна показати іншу додаткову інформацію щодо виконуваних робіт (наприклад, вартість робіт, фонд заробітної плати).

Після складання календарного плану будівельно-монтажних робіт, визначають техніко-економічні показники об'єкта, які характеризують доцільність і економічність прийнятих рішень. Розрахунку підлягають такі показники:

- загальна тривалість будівництва, яка не повинна перевищувати нормативного чи встановленого терміну;

- питома трудомісткість робіт, тобто сумарні трудовитрати віднесені до одиниці будівельної характеристики об'єкта (1 м³ будинку, 1 м² житлової чи виробничої площі, 1 м² повітроводів, 1 м траси теплових чи газових мереж тощо);

- рівень механізації земляних і основних будівельно-монтажних робіт (відношення обсягу робіт, виконаних механізованим способом $Q_{\text{мех}}$, до загального обсягу даного виду робіт $Q_{\text{заг}}$):

$$M = \frac{Q_{\text{мех}}}{Q_{\text{заг}}} \cdot 100\% ; \quad (2)$$

- коефіцієнт нерівномірності чисельності робітників K , який визначається з графіка зміни чисельності робітників на об'єкті і дорівнює відношенню максимального числа робітників $n_{\text{макс}}$ до середньої кількості робітників $n_{\text{сер}}$ протягом всієї тривалості будівництва

$$K = \frac{n_{\text{макс}}}{n_{\text{сер}}} = 1,1 \dots 1,3. \quad (3)$$

Величину $n_{\text{сер}}$ у формулі (3) визначають діленням сумарних трудовитрат на всіх роботах даного об'єкта на загальну тривалість будівництва. Рекомендовано досягати рівномірності використання трудових ресурсів за величини K в межах 1,1-1,3.

Загальний відсоток виконання норм будівельно-монтажних робіт визначають за формулою:

$$B_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{норм}}}{Q_{\text{план}}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де $Q_{\text{норм}}$ - нормативна трудомісткість, яку визначають підсумовуванням даних граф 8 і 9, люд.-дні; $Q_{\text{план}}$ - планована трудомісткість, приймається за графіком зміни чисельності робітників, люд.-дні.

4. ПОБУДОВА І РОЗРАХУНОК СІТКОВОГО ГРАФІКА БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ

4.1. Правила побудови сіткових графіків

Елементами комплексу робіт, зображеного сітковим графіком, є робота і події. *Робота* – це трудовий процес (монтаж трубопроводів, повітропроводів, устаткування, випробування та ін.), для використання якого необхідні люди, машини та механізми або процес *очікування* – технологічна чи організаційна перерва (твердіння бетонного фундаменту під вентиляційне обладнання чи насоси, сушіння пофарбованих поверхонь, час витримки при випробуваннях трубопроводів, переїзд бригад робітників з одного об'єкта тощо). Робота як трудовий процес вимагає витрат часу і ресурсів, як очікування - тільки витрат часу. Зображають роботу суцільною лінією зі стрілкою в напрямку послідовності технологічних процесів. Над лінією вказують назву роботи, під лінією – тривалість виконання роботи, інші необхідні дані. Для відображення правильного взаємозв'язку робіт при побудові сіткового графіка вводять поняття *фіктивна робота* (залежність), що означає залежність початку однієї роботи від закінчення іншої. Фіктивна робота чи залежність не вимагає затрат часу і ресурсів. Зображають її на графіку пунктирною лінією зі стрілкою. Лінії, що зображують на графіку роботи, можуть бути як прямими, так і ламаними. Роботи на графіку розташовують у напрямку зліва направо у порядку, що характеризує технологічну послідовність виконання робіт у виробничому процесі.

Подія — це факт закінчення однієї чи декількох робіт, необхідний і достатній для початку наступних робіт. На сіткових графіках є події, що не мають безпосередньо попередніх чи безпосередньо наступних робіт. Такі події називають *вихідними* та *завершальними*. Події зображують на графіку кружками, цифра в кружку означає номер події.

Шифр роботи визначають двома цифрами, що позначають номер початкової і кінцевої події даної роботи.

Будь-яка послідовність робіт на сітковому графіку, в якій кожна кінцева подія даної роботи співпадає з початковою подією наступної за нею роботи, називається *шляхом*. Сума тривалості робіт, що лежать на шляху, складає тривалість даного шляху. На сітковому графіку між вихідною і завершальною подіями може бути кілька шляхів. Шлях із максимальною тривалістю робіт називається *критичним*. Величина критичного шляху визначає загальну тривалість будівництва. Критичний шлях виділяють жирними чи подвійними лініями. Роботи і події, що лежать на критичному шляху, називаються критичними. Якщо критична тривалість виконання робіт не відповідає заданій або нормативній тривалості, то скорочення загального терміну будівництва необхідно починати із скорочення тривалості критичних робіт.


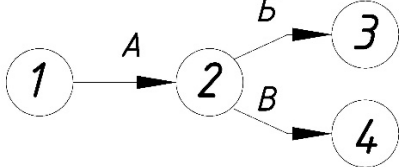
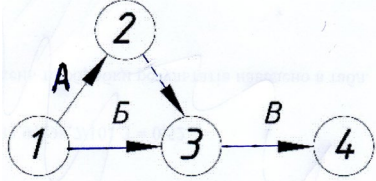
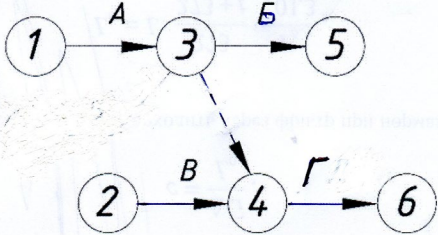
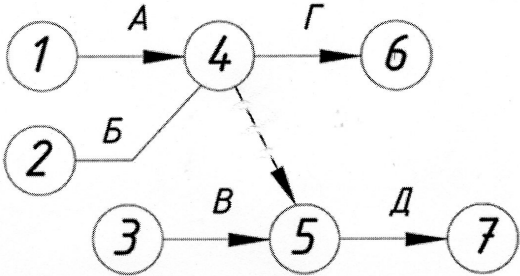
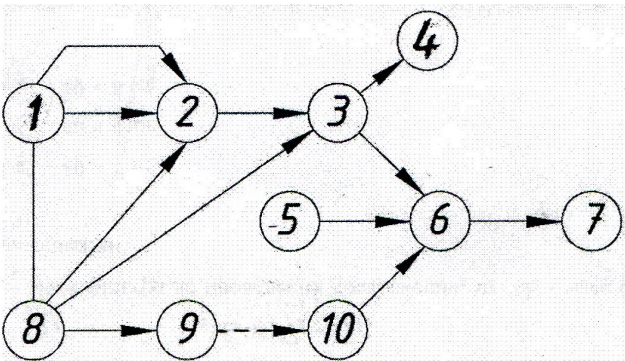
Форма сіткового графіка повинна бути проста, без зайвих перетинань робіт, більшість робіт варто зображувати горизонтальними лініями, події нумерують після побудови графіка зліва направо у зростаючому порядку.

Між двома подіями може бути тільки одна робота (табл. 4), тобто, на сітковому графіку не повинно бути робіт з однаковим шифром. Якщо деяка робота починається після часткового виконання попередньої роботи, то виконаний обсяг попередньої роботи виділяють у самотійну роботу. Це досягається введенням додаткових подій.

На сітковому графіку не повинно бути "тупиків", тобто подій, з яких не починається ні одна робота, якщо вони не є завершальними, замкнених контурів (роботи не повинні повертатися до події, з якої вони починались), подій з однаковими номерами чи робіт, що мають однакові шифри. Тому при зображенні паралельно виконуваних робіт вводять додаткові події і фіктивні роботи. При великій кількості робіт для підвищення наочності використовують укрупнену сіткову модель. Укрупнення полягає в тому, що групу робіт на сітковому графіку зображують як одну роботу, якщо цю групу можна розглядати як самотійний сітковий графік з однією вихідною і однією завершальною подіями.

Таблиця 4

Основні прийоми зображення зв'язків між роботами сіткового графіка

Графічне зображення	Послідовність виконання робіт
	Роботу Б починають після закінчення роботи А
	Роботи Б і В починають після завершення роботи А
	Роботи А і Б виконують паралельно, а їх завершення є умовою для початку роботи В
	Роботу Б починають після завершення роботи А, а роботу Г – після завершення робіт А і В
	Роботу Г виконують після завершення робіт А і Б, а роботу Д – після завершення робіт А, Б і В. Усі роботи починають і закінчують неодноразомно
Можливі помилки при побудові сіткового графіка:	
	<ul style="list-style-type: none"> - неправильно пронумеровані події; - подія (9) зайва; - є замкнутий контур (2-3-8-2); - "тупик" (под. 4); - подія, яка не є завершенням іншої роботи (под. 5); - є роботи з однаковим шифром (1-2)

Тривалість нової (укрупненої) роботи дорівнює величині найбільш тривалого шляху між вихідною і завершальною подіями. На рис. 4 наведено приклад укрупнення сіткового графіка.

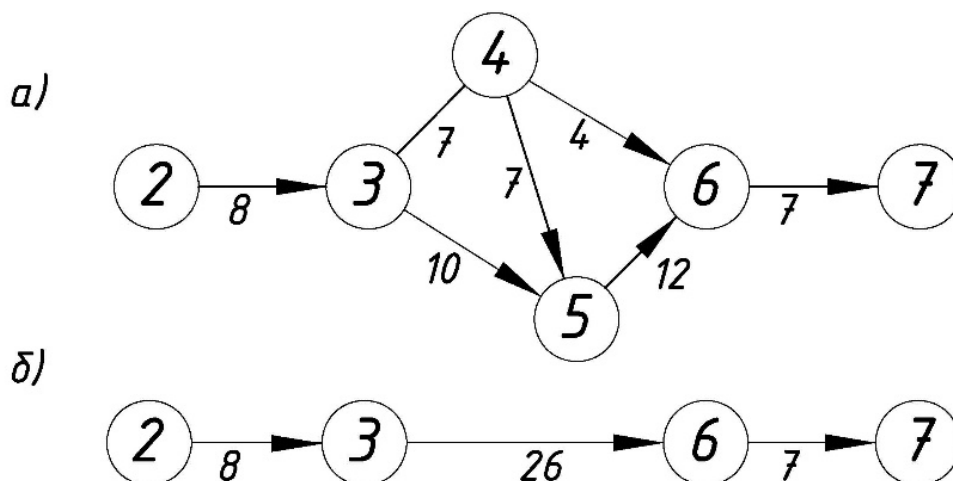


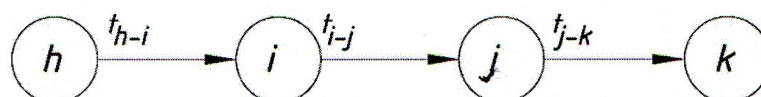
Рис. 4. Фрагмент сіткового графіка:

а – до укрупнення; б – після укрупнення

Укрупнення графіка повинно забезпечувати можливість контролю виконання робіт. Тому ділянка графіка, що складається з робіт, виконуваних різними виконавцями, не може бути укрупненою. Укрупнюють лише ті роботи, контроль за виконанням яких покладають на одного виконавця. Укрупнюючи графік, не можна вводити в нього події, яких немає в детальних сіткових моделях.

4.2. Розрахункові параметри сіткової моделі

Сіткова модель дозволяє розрахувати найбільш ранній з можливих і найбільш пізній із допустимих термінів настання подій та загальну тривалість всіх робіт за наведеною схемою.



Основними параметрами та умовні позначення сіткового графіка є:

- $i-j$ – шифр роботи;
- i – номер початкової події роботи $i-j$;
- j – номер кінцевої події роботи $i-j$;
- $h-i$ – шифр роботи, попередньої $i-j$;
- $j-k$ – шифр роботи, наступної за $i-j$;
- t_{i-j} – тривалість роботи $i-j$;
- t_{i-j}^{pp} – ранній початок роботи $i-j$;
- t_{i-j}^{ps} – раннє закінчення роботи $i-j$;
- t_{i-j}^{pn} – пізній початок роботи $i-j$;
- t_{i-j}^{ps} – пізнє закінчення роботи $i-j$;
- R_{i-j}^n – повний резерв часу роботи $i-j$;
- r_{i-j}^B – вільний резерв часу роботи $i-j$.

Розглянемо визначення параметрів сіткового графіка. Ранні строки початку та закінчення робіт розраховують, починаючи з вихідної події послідовно по всіх шляхах сіткового графіка.

Ранній початок роботи - це самий ранній з можливих термінів початку роботи з урахуванням термінів виконання попередніх робіт. Ранній початок роботи визначається тривалістю найдовшого шляху від вихідної події до початку даної роботи за формулою

$$t_{i-j}^{pp} = \max \sum t_{h-i}, \quad (5)$$

де $\sum t_{h-i}$ – максимальна тривалість всіх робіт від вихідної події до початку даної роботи.

Раннє закінчення роботи – це термін закінчення роботи за умови її початку в самий ранній з можливих термінів

$$t_{i-j}^{ps} = t_{i-j}^{pp} + t_{i-j}. \quad (6)$$

Розрахунок пізніх строків закінчення та початку робіт виконують після визначення всіх ранніх строків у зворотній послідовності, починаючи від завершальної події до вихідної по всіх шляхах сіткового графіка.

Пізнє закінчення роботи - це найпізніший термін, коли може бути закінчена робота без зміни тривалості критичного шляху або загального терміну виконання всіх робіт. Пізній термін закінчення даної роботи дорівнює мінімальному із термінів пізніх початків наступних за нею робіт

$$t_{i-j}^{пз} = \min \sum t_{j-k}^{пп} \quad (7)$$

Визначення пізнього початку роботи через її пізнє закінчення ґрунтується на тому, що розрахунок починають від завершальної події, для якої ранні та пізні строки співпадають. Тому, визначивши ранні строки виконання робіт, ми встановлюємо тим самим і пізні строки завершальної події.

Пізній початок роботи - це самий пізній з допустимих термінів початку роботи за умови, що загальна тривалість робіт не збільшиться. Пізній початок роботи визначається різницею між величиною її пізнього закінчення та тривалістю

$$t_{i-j}^{пп} = t_{i-j}^{пз} - t_{i-j} \quad (8)$$

Повний чи загальний резерв часу $R_{i-j}^{п}$ - це максимальний час, на який можна відкласти початок чи збільшити тривалість роботи, не змінюючи встановленого терміну закінчення комплексу робіт:

$$R_{i-j}^{п} = t_{i-j}^{пп} - t_{i-j}^{пп} = t_{i-j}^{пз} - t_{i-j} \quad (9)$$

Вільний резерв часу $r_{i-j}^{в}$ - це максимальний час, на який можна відстрочити початок чи збільшити тривалість роботи, за умови, що ранні терміни початку наступних робіт не зміняться:

$$r_{i-j}^{в} = t_{i-j}^{пп} - t_{i-j}^{пз} \quad (10)$$

Повний резерв часу має кожна робота, що не лежить на

критичному шляху, але використовувати його можна повністю тільки на одній роботі або частково на кількох роботах цього ж некритичного шляху. Використання повного резерву часу на одній з робіт анулює повні резерви часу всіх інших робіт, що лежать на максимальному із шляхів, які проходять через дану роботу, і зменшує повні резерви часу робіт, які лежать на інших шляхах, що проходять через дану роботу. *Вільний* резерв часу належить даній конкретній роботі. Тому його використання не призводить до зміни вільних резервів часу інших робіт.

Наявність резервів часу є одним із факторів, що забезпечує надійність сіткової моделі, підвищуючи її маневреність. З приведених характеристик резервів часу випливає, що значення повних резервів часу для вирішення задач оперативного управління виробництвом малопридатні, значно ефективніше можуть бути використані дані про вільні резерви часу окремих робіт.

4.3. Розрахунок сіткового графіка у табличній формі

Розрахунок сіткового графіка у загальному вигляді (рис. 5) виконують на спеціальних бланках (табл. 5) у такій послідовності. У графі 1, 2 заносять вихідні дані. Події графіка нумерують так, щоб номер наступної події обов'язково був більшим за номер попередньої події. Спочатку заповнюють графу 1, починаючи з вихідної події, дотримуючись зростаючого порядку номерів подій, потім заповнюють графу 2. Після цього визначають ранні терміни початку і закінчення робіт за формулами (5), (6) і заповнюють графи 3 і 4.

Ранні терміни початку робіт (0-1), (0-2) та (0-3), що виходять із вихідної події, відповідно до умови прикладу (не заданий початковий момент зведення комплексу) рівні нулю. Ранні терміни закінчення цих робіт визначають за формулою (6):

$$\begin{aligned} t_{0-1}^{p.3} &= 0 + 4 = 4 \ ; \\ t_{0-2}^{p.3} &= 0 + 3 = 3 \ ; \\ t_{0-3}^{p.3} &= 0 + 6 = 6 \ . \end{aligned}$$

Розраховані величини 4, 3, 6 записують в графу 4 у рядках робіт (0-1), (0-2) та (0-3).

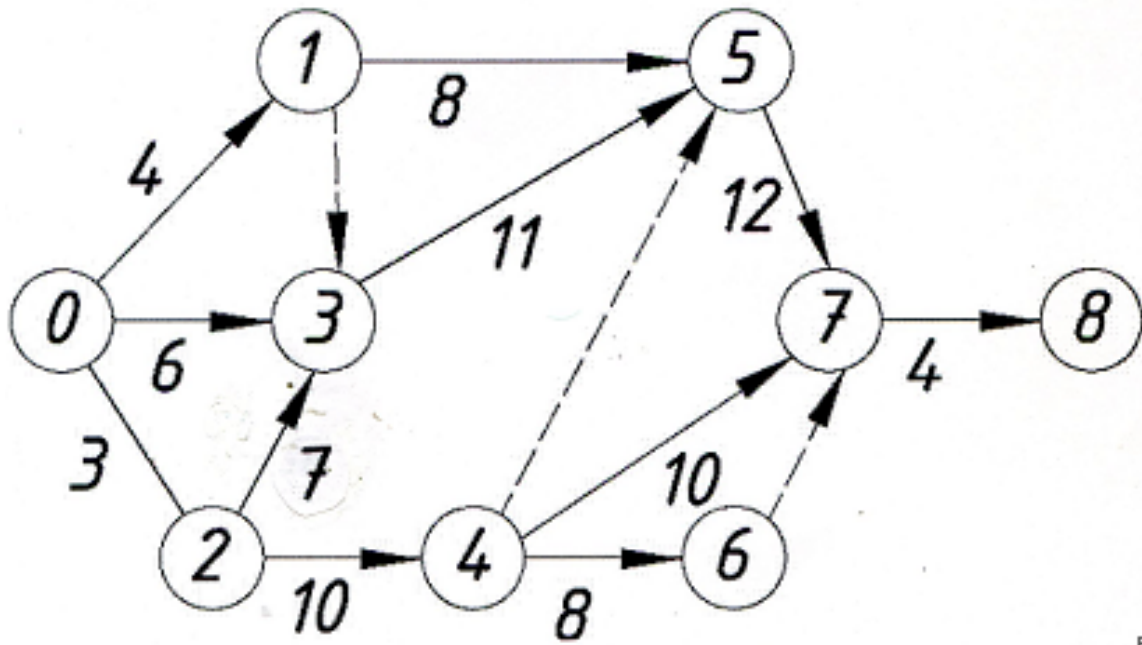


Рис. 5. Схема сіткового графіка (до прикладу)

Ранні початки наступних робіт визначають з урахуванням вже відомих ранніх термінів закінчення всіх попередніх робіт. У даному прикладі роботам (1-3) і (1-5) передуює одна робота (0-1) з раннім терміном закінчення, рівним 4, тому ранні початки цих робіт:

$$t_{1-3}^{p.n} = t_{1-5}^{p.n} = 4.$$

Ранні терміни закінчення цих робіт визначають за формулою (6):

$$t_{1-3}^{p.z} = 4 + 0 = 4; t_{1-5}^{p.z} = 4 + 8 = 12.$$

Роботі (3-5) передуює три роботи (0-3), (1-3), (2-3), з ранніми термінами закінчення, відповідно, рівними 6, 4 і 10. Тому з цих трьох значень приймаємо максимальне значення, яке може бути початком роботи (3-5), тобто за формулою (5):

$$t_{3-5}^{p.n} = \max \begin{Bmatrix} t_{0-3}^{p.z} \\ t_{1-3}^{p.z} \\ t_{2-3}^{p.z} \end{Bmatrix} = \max \begin{Bmatrix} t_{0-3}^{p.n} + t_{0-3} \\ t_{1-3}^{p.n} + t_{1-3} \\ t_{2-3}^{p.n} + t_{2-3} \end{Bmatrix} = \max \begin{Bmatrix} 0 + 6 = 6 \\ 4 + 0 = 4 \\ 3 + 7 = 10 \end{Bmatrix} = 10.$$

Ранній термін закінчення роботи (3-5)

$$t_{3-5}^{p.z} = 10 + 11 = 21.$$

Подальший розрахунок ранніх термінів початку і закінчення робіт виконують аналогічно.

Таблиця 5

Таблиця розрахунку сіткового графіка у загальному вигляді

Шифр роботи	Тривалість робіт, t	Ранні терміни		Пізні терміни		Резерви часу	
		початку роботи, t^{pn}	закінчення роботи, t^{pz}	початку роботи, t^{pn}	закінчення роботи, t^{pz}	повний, R^p	вільний, r^B
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	4	0	4	6	10	6	0
0-2	3	0	3	0	3	0	0
0-3	6	0	6	4	10	4	4
1-3	0	4	4	10	10	6	6
1-5	8	4	12	13	21	9	9
2-3	7	3	10	3	10	0	0
2-4	10	3	13	11	21	8	0
3-5	11	10	21	10	21	0	0
4-5	0	13	13	21	21	8	8
4-6	8	13	21	25	33	12	0
4-7	10	13	23	23	33	10	10
5-7	12	21	33	21	33	0	0
6-7	0	21	21	33	33	12	12
7-8	4	33	37	33	37	0	0

Примітка. Величини в таблиці наведено в днях.

Після визначення ранніх параметрів, визначають критичний час $T_{кр}$, що відповідає тривалості критичного шляху.

Критичний шлях дорівнює максимальному з термінів закінчення завершальних робіт

$$T_{кр} = t_{7-8}^{p.з} = 37.$$

Розрахунок пізніх термінів початку і закінчення виконують послідовно від завершальних робіт сіткового графіка до вихідних, тобто графи 5 і 6 заповнюють знизу вверху. Спочатку в графу 6 записують пізній термін закінчення завершальної роботи (7-8), для якої він рівний тривалості критичного шляху (37 днів).

Потім за формулою (8) визначають і записують у графу 5 пізній термін початку завершальної роботи

$$t_{7-8}^{п.п} = 37 - 4 = 33.$$

Для інших робіт сіткового графіка спочатку за формулою (7) визначають пізні закінчення, а потім за формулою (8) пізні початки. Пізні закінчення робіт приймають за пізнім початком наступних робіт. Якщо розглянута робота має кілька наступних робіт, то пізній термін закінчення цієї роботи буде дорівнювати мінімальному значенню з пізніх початків цих робіт. Наприклад, робота (2-4) має три наступні роботи: (4-5), (4-6), (4-7), але робота (4-5) має мінімальне значення з пізніх початків цих робіт, тому пізні закінчення роботи (2-4) буде дорівнювати 21, тобто за формулою (7)

$$t_{3-5}^{п.п} = \min \left\{ \begin{matrix} t_{4-5}^{п.п} \\ t_{4-6}^{п.п} \\ t_{4-7}^{п.п} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} t_{4-5}^{п.з} - t_{4-5} \\ t_{4-6}^{п.з} - t_{4-6} \\ t_{4-7}^{п.з} - t_{4-7} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 21 - 0 = 21 \\ 33 - 8 = 25 \\ 33 - 10 = 23 \end{matrix} \right\} = 21.$$

Пізній початок роботи (2-4) визначають за формулою (8)

$$t_{2-4}^{п.п} = 21 - 10 = 11.$$

Аналогічно визначають пізні терміни закінчення і початку інших робіт.

Повні резерви часу всіх робіт визначають за формулою (9) і записують у графу 7. Наприклад

$$R_{4-7}^{\text{п}} = t_{4-7}^{\text{пп}} - t_{4-7}^{\text{пп}} = t_{4-7}^{\text{пз}} - t_{4-7}^{\text{пз}} = 23 - 13 = 33 - 23 = 10.$$

Вільні резерви часу визначають за формулою (10) і записують у графу 8. Наприклад

$$r_{1-3}^{\text{в}} = t_{3-5}^{\text{п.п}} - t_{1-3}^{\text{п.з}} = 10 - 4 = 6.$$

Роботи, у яких повний і вільний резерви часу дорівнюють нулю, очевидно лежать на критичному шляху. У даному прикладі це роботи (0-2), (2-3), (3-5), (5-7) та (7-8).

4.4. Розрахунок параметрів сіткового графіка «на графіку»

Розрахунок сіткового графіка методом “на графіку” на відміну від табличного не вимагає обов'язкової нумерації подій у зростаючому порядку, але так краще записувати для зручності користування графіком.

У зв'язку з тим, що розрахунок сіткового графіка ведуть безпосередньо на самому графіку, то події на ньому викреслюють більших розмірів. Кожний кружок події поділяють на три, або чотири сектори, у які записують чітко визначену інформацію (рис. 6). Нижній сектор в чотирисекторному кружку використовують для записування резерву часу даної події R_i або номера події, через яку до даної події проходить шлях максимальної тривалості.

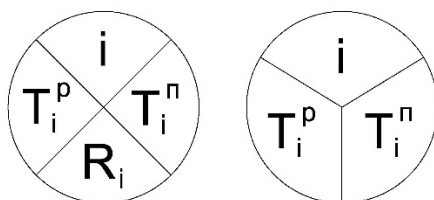


Рис. 6. Зображення події сіткового графіка для розрахунку «на графіку»:

i – номер події; $T_i^{\text{п}}$ – ранній термін настання події; $T_i^{\text{п}}$ – пізній термін настання події; $R_i = T_i^{\text{п}} - T_i^{\text{п}}$ – резерв часу події i .

Розрахунок сіткового графіка починають з визначення ранніх термінів здійснення подій від вихідної події до завершальної (зліва направо). Результати розрахунку записують у лівих секторах подій (рис. 7). Спочатку записують значення заданого моменту (T_0) початку робіт чи 0, якщо початковий момент не заданий.

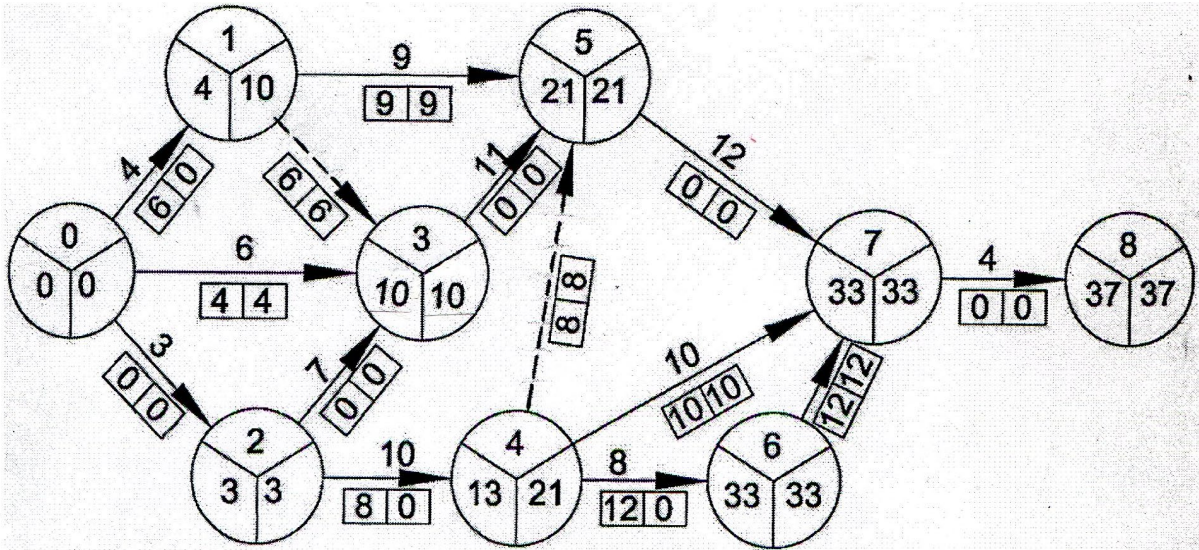


Рис. 7. Приклад графічного розрахунку сіткового графіка

Ранній термін настання кожної наступної події дорівнює найбільшій з сум ранніх початків робіт, попередніх даній події та тривалості цих робіт. Наприклад, для події 3

$$T_3^P = \max \left\{ \begin{array}{l} T_0^P + t_{0-3} \\ T_1^P + t_{1-3} \\ T_2^P + t_{2-3} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 + 6 = 6 \\ 4 + 0 = 4 \\ 3 + 7 = 10 \end{array} \right\} = 10. \quad (11)$$

Цифру 10 записують у лівий сектор події 3. Якщо події поділені на чотири сектори, то у нижній сектор можна записати цифру 2, оскільки максимальний шлях до події 3 пройде через подію 2. Аналогічно за формулою (5) знаходять ранні терміни настання всіх інших подій.

Після підрахунку всіх ранніх термінів настання подій сіткового

графіка визначають роботи критичного шляху. Тривалість критичного шляху $T_{кр} = t_{кш} - T_0$. У прикладі $T_{кр} = 37 - 0 = 37$. Переглядаючи всі події, визначають критичний шлях.

У прикладі критичний шлях проходить через події 0-2-3-5-7-8.

Розрахунок пізніх термінів здійснення подій починають із завершальної події сіткового графіка. Тобто, справа наліво заповнюють праві сектори подій. Пізній термін закінчення завершальних робіт приймається рівним тривалості критичного шляху, якщо інший термін не заданий. У прикладі $T_0=0$. Тоді для завершальної роботи 7-8 $T_8^n = T_{кр}$, тобто 37 днів. Цю цифру записують у правому секторі завершальної події. Пізні терміни настання інших подій визначають за мінімальною різницею пізніх термінів закінчення наступних робіт та їх тривалості. Наприклад, для події 4

$$T_4^n = \min \begin{cases} T_5^n - t_{4-5} \\ T_6^n - t_{4-6} \\ T_7^n - t_{4-7} \end{cases} = \min \begin{cases} 21 - 0 = 21 \\ 33 - 8 = 26 \\ 33 - 10 = 23 \end{cases} = 21 \quad (12)$$

Цифру 21 записують у правий сектор події 4. У такому ж порядку визначають пізні терміни настання всіх інших подій сіткового графіка за формулами, аналогічними формулі (12) і, відповідно, заповнюють праві сектори подій.

Якщо розрахунок правильний, то в правому секторі вихідної події повинне бути значення, рівне різниці значень правого і лівого секторів завершальної події сіткового графіка. У прикладі $37 - 37 = 0$.

Після визначення пізніх термінів настання подій визначають повні й вільні резерви часу робіт і резерви подій.

Повні та вільні резерви часу робіт визначають у будь-якій послідовності. Значення повного резерву часу записують під стрілкою роботи в лівому квадраті, а вільного - у правому (рис. 8).

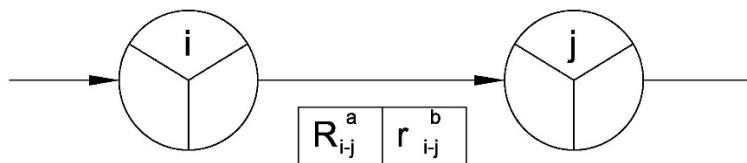


Рис. 8. Приклад зображення повного і вільного резервів часу роботи $i-j$

Повні й вільні резерви часу всіх робіт визначають за формулами

- повний резерв

$$R_{i-j}^{\text{п}} = T_j^{\text{п}} - T_i^{\text{п}} - t_{i-j}; \quad (13)$$

- вільний резерв

$$r_{i-j}^{\text{в}} = T_j^{\text{п}} - T_i^{\text{п}} - t_{i-j}. \quad (14)$$

Наприклад, за формулами (13) та (14) повний і вільний резерв часу для роботи 2-4

$$R_{2-4}^{\text{п}} = 21 - 3 - 10 = 8.$$

$$r_{2-4}^{\text{п}} = 13 - 3 - 10 = 0.$$

Резерв часу події дорівнює різниці значень у правому і лівому секторах. Наприклад, дня події 4 він дорівнює $R_4=21-13=8$.

4.5. Оптимізація сіткового графіка

Оптимізація сіткового графіка означає приведення його параметрів у відповідність із заданими обмеженнями за часом чи за ресурсами.

Якщо при розрахунку графіка виявиться, що тривалість критичного шляху $T_{кр}$ більша заданої $T_{зад}$ чи нормативної тривалості будівництва $T_{норм}$, то оптимізація графіка полягає в скороченні тривалості критичних робіт.

Тому оптимізацію здійснюють: а) переведенням частини ресурсів з робіт, що мають резерви часу, на роботи критичного шляху; б) збільшенням кількості машин, механізмів і людей у бригадах, які виконують критичні роботи; в) встановленням виконання окремих (критичних) робіт у дві зміни; г) перебудовою сіткового графіка з метою переведення частини робіт критичного шляху з послідовних у паралельні.

Після оптимізації сітковий графік креслять і розраховують повторно.

4.6. Побудова сіткового графіка у масштабі часу

Після того, як сітковий графік розрахований, його необхідно побудувати в масштабі часу. Масштабний графік більш зручний для

контролю за ходом робіт. Такий графік дозволяє швидко знаходити роботи, які виконані за певний період, встановлювати їхнє випередження чи відставання, а у випадку необхідності перерозподіляти ресурси.

Побудову сіткового графіка в масштабі часу виконують за ранніми початками чи пізніми закінченнями робіт. Розрахунок сіткового графіка у масштабі часу (табл. 6) виконують за наведеною методикою в п.4.3 з урахуванням, що фіктивні роботи (залежності) 1-3, 4-5 та 6-7 не вимагають витрат часу і ресурсів.

Розглянемо приклад побудови у масштабі часу за ранніми початками робіт сіткового графіка у загальному вигляді, зображеного на рис. 5. На горизонтальній прямій відображають масштабну календарну лінійку, на якій зазначають порядкові числа та календарні дати робочих днів відповідних місяців року (рис. 9). Побудову графіка рекомендується починати з нанесення на горизонтальну вісь подій і робіт критичного шляху. Початкова подія кожної роботи розташовується відповідно до значення раннього початку роботи, а довжина лінії буде дорівнювати сумі її тривалості й вільного резерву. Виділяють критичні роботи товстою чи подвійною лінією, потім наносять всі інші роботи. Наприклад, ранній початок роботи 0-2 критичного шляху дорівнює нулю, робота 2-3 повинна починатися на четвертий робочий день, робота 3-5 – на одинадцятий день і т. д. Відповідно з цим на горизонтальній вісі часу (порядкові числа днів) нанесемо подію 0 з центром, що відповідає числу 0 цієї вісі, подію 2 розмістимо на закінчення третього робочого дня, подію 3 на закінчення десятого робочого дня і т. д. Тоді горизонтальними стрілками, що з'єднують кожну суміжну пару подій будуть показані критичні роботи у масштабі робочих календарних днів.

Після цього наносимо події 1, 4 та 6. Так як роботи 1-3, 4-5 та 6-7 фіктивні, тобто відображають залежність початку робіт 3-5, 5-7 та 7-8 від закінчення робіт відповідно 0-1, 2-4 та 4-6 (без витрат часу і ресурсів), то події 1, 4 та 6 розміщують на вертикальних вісях з подіями відповідно 3, 5 та 7.

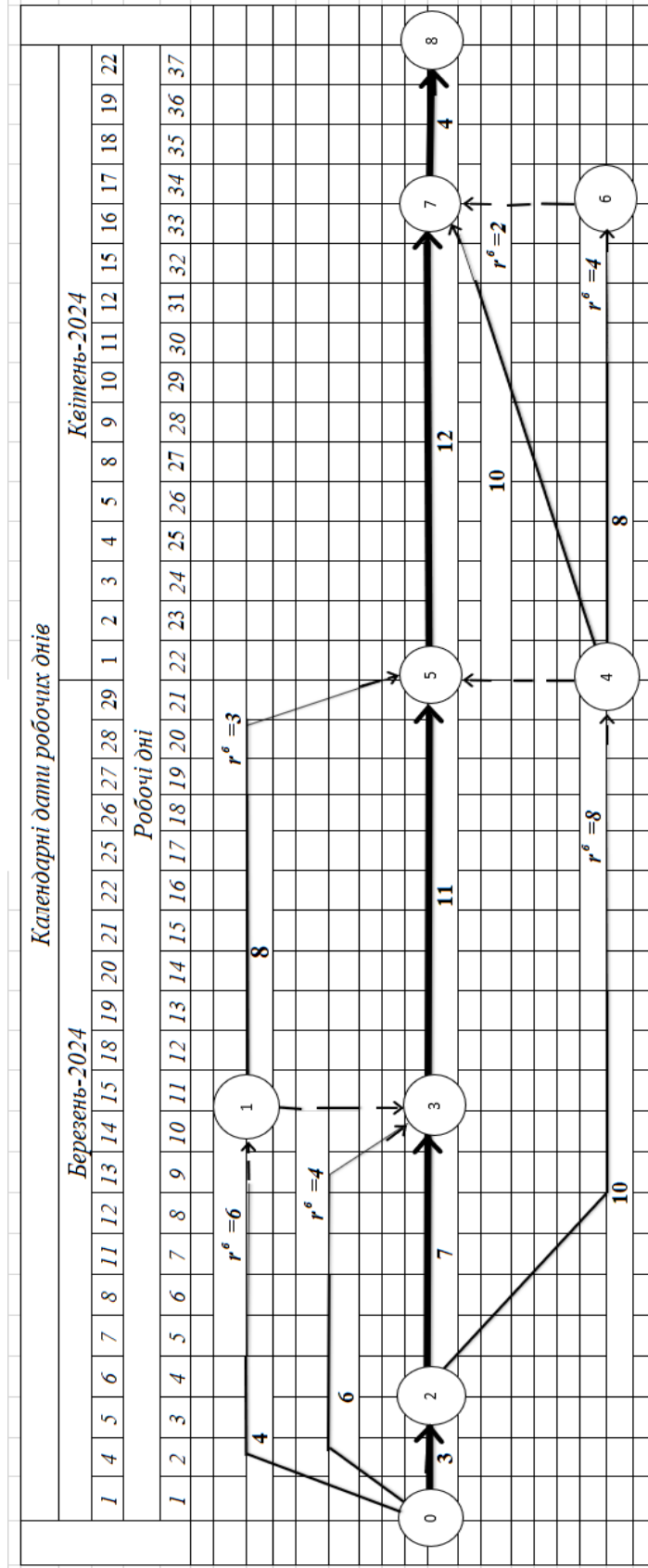


Рис. 9. Сітковий графік у масштабі часу

У результаті такої побудови відстань між подіями 0 та 1 дорівнює 10 днів, між подіями 2 та 4 – 18 днів, а між подіями 4 та 6 – 12 днів. А тривалість робіт складає: 0-1 – 4 дні, 2-4 – 10 днів та 4-6 – 8 днів. Тобто, перелічені роботи мають вільні резерви:

$$r_{0-1}^B = 6 \text{ днів}, r_{2-4}^B = 8 \text{ днів}, r_{4-6}^B = 4 \text{ дні.}$$

На векторах цих робіт робочі процеси показують лініями за товщиною меншої товщини порівняно з товстими лініями критичних робіт, а вільні резерви r^B – тонким продовженням цих ліній. Під лініями робочих процесів вказують тривалість робіт, а над лініями вільних резервів – величини резервів в днях.

Таблиця 6

Таблиця розрахунку сіткового графіка у масштабі часу

Шифр роботи	Тривалість робіт, t	Ранні терміни		Пізні терміни		Резерви часу	
		початку роботи, t^{pn}	закінчення роботи, t^{ps}	початку роботи, t^{pp}	закінчення роботи, t^{ps}	повний, R^p	вільний, r^B
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	4	0	4	6	10	6	6
0-2	3	0	3	0	3	0	0
0-3	6	0	6	4	10	4	4
1-3	0	фіктивна робота (залежність)					
1-5	8	10	18	13	21	3	3
2-3	7	3	10	3	10	0	0
2-4	10	3	13	11	21	8	8
3-5	11	10	21	10	21	0	0
4-5	0	фіктивна робота (залежність)					
4-6	8	21	29	25	33	4	4
4-7	10	21	31	23	33	2	2
5-7	12	21	33	21	33	0	0
6-7	0	фіктивна робота (залежність)					
7-8	4	33	37	33	37	0	0

Примітка. Величини в таблиці наведено в днях

5. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ ПОТОКОМ

5.1. Ув'язування роботи бригад в ритмічних потоках

Потоковим методом називають такий метод організації будівництва, коли забезпечується плановий та ритмічний випуск готової будівельної продукції (закінчене будівництво будинків і споруд) на основі безперервної ритмічної роботи окремих спеціалізованих бригад або ланок, забезпечених необхідними матеріальними і технічними ресурсами.

Для створення будівельно-монтажного потоку необхідно:

- розділити загальний виробничий процес на окремі складові процеси:
 - закріпити виконання окремих процесів за виконавцями (бригадами);
 - розділити весь фронт робіт на захватки й визначити на них тривалість виконання кожного процесу;
 - призначити черговість робіт окремих виконавців на цих захватках та здійснити ув'язування робіт окремих бригад між собою.

Захватка - це частина споруджуваного об'єкта з комплексом однакових закінчених будівельно-монтажних та спеціалізованих робіт, в межах якої здійснюють та ув'язують між собою роботи окремих бригад виконавців. При будівництві кількох однорідних об'єктів захваткою може бути окремий об'єкт. При спорудженні лінійно-протяжних об'єктів (зовнішні мережі теплопроводу чи газопроводу) використовується поняття „умовна захватка” тобто ділянка лінійно-протяжної споруди, на якій виконується комплекс будівельних і монтажних робіт.

Основні параметри потоку: тривалість T_i виконання бригадами потоку всіх робіт на одній захватці; загальна тривалість T будівельно-монтажних робіт; тривалість $T_{бр}$ робіт кожної окремої бригади на всіх захватках; ритм $t_{бр}$ роботи бригад, тобто тривалість роботи бригади на

одній захватці; крок t_k потоку - проміжок часу між початком роботи двох суміжних бригад на одній захватці; організаційні $t_{орг}$ і технологічні $t_{тех}$ перерви, а також загальна кількість захваток m та кількість бригад n .

Ритм роботи окремої бригади визначають за формулою:

$$t_{\delta p} = \frac{q}{N}, \quad (15)$$

де q – трудомісткість робіт на захватці, люд.-днів, $q=Q/m$; Q – трудомісткість одного виробничого процесу на всіх захватках, люд.-днів; N – число робітників у бригаді, люд.; m – кількість захваток. На одній захватці працює лише одна бригада робітників.

За характером ритмічності потоки можуть бути *ритмічні* та *неритмічні*.

Ритмічні потоки характеризуються тим, що ритм роботи кожної окремої бригади на усіх захватках однаковий. Залежно від того, рівні чи не рівні між собою кроки потоку та ритми роботи бригад ритмічні потоки поділяють на *рівноритмічні* та *різноритмічні*. У рівноритмічних потоках ритми роботи окремих бригад та кроки потоку рівні, в різноритмічних потоках рівними є тільки ритми роботи окремої бригади на усіх захватках, а кроки потоків різні.

Неритмічні потоки характеризуються тим, що ритми роботи кожної бригади не рівні між собою і неоднакові на кожній захватці, відповідно різні і кроки потоків.

Графічно потік може бути зображений у вигляді лінійного календарного графіка чи у вигляді циклограми (рис.10). На лінійному графіку робота кожної спеціалізованої бригади потоку показана горизонтальною лінією, а періоди роботи такої бригади на різних захватках зображують зміщеними відносно один одного відрізками. У циклограмі зберігається календарна шкала лінійного графіка, але горизонтальна лінія виконання робіт кожною бригадою зображується нахиленою лінією.

Користуючись рис. 10, можна встановити залежності між параметрами потоку.

Час роботи однієї бригади на всіх захватках:

$$T_{\delta D} = m \cdot t_{\delta D}$$

Загальна тривалість будівництва за умови, що ритми всіх бригад однакові:

$$T = n \cdot t_k + (m - 1) \cdot t_k = (n + m - 1) \cdot t_k$$

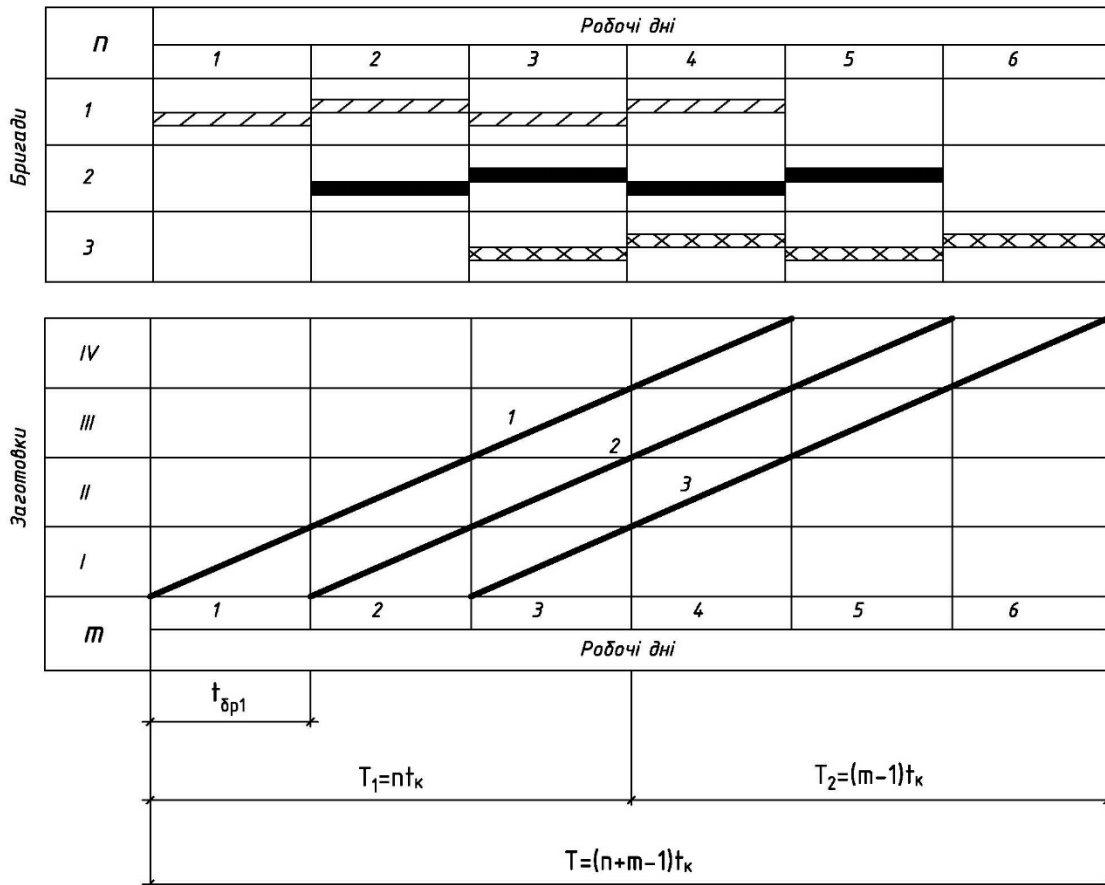


Рис. 10. Графік рівноритмічного потоку:

а – лінійний графік, б – циклограма

За заданої тривалості будівництва T_3 та прийнятому числі захваток у попередніх розрахунках крок потоку може бути визначений за формулою

$$t_k = \frac{T_3 - T_1}{m - 1} \text{ або } t_k = \frac{T_3}{n + m - 1}. \quad (16)$$

Зменшення кроку потоку призводить до скорочення терміну

виконання робіт. За заданої тривалості будівництва та прийнятому кроці потоку можна визначити кількість захваток за формулою

$$m = \frac{T_3 - T_1}{t_k} + 1. \quad (17)$$

Технологічне ув'язування роботи бригад у потоках з рівними ритмами проводиться включенням кожної бригади потоку в роботу відразу ж після того, як звільниться перша захватка. Оскільки бригади зайняті однакою час на кожній захватці, то жодна захватка не простоє в очікуванні наступної бригади.

При проектуванні потоків на будівництві лінійно-протяжних споруд (теплові мережі, зовнішній газопровід), де відсутні чітко виражені захватки, використовують такий спосіб: бригади, що виконують окремі процеси, приступають до роботи через рівні проміжки часу, які є кроком потоку (найчастіше значення кроку потоку приймають рівним двом-трьом дням). Якщо швидкість руху потоку уздовж лінійно-протяжної споруди довжиною L метрів дорівнює v метрів у день, а прийнятий крок t_k , то довжина умовної захватки становитиме, м: $l=vt_k$, а кількість захваток $m=L/l$.

Коли не можна встановити рівні ритми для всіх спеціалізованих бригад, але є можливість для кожного потоку зберегти постійний ритм роботи, то організовують *різнеритмічний* потік.

Частіше всього буває так, що для виконання одних процесів може бути прийнятий один ритм роботи бригад, а для інших, через підвищену або зменшену трудомісткість робіт, ритми повинні бути прийняті більшими чи меншими. Для прикладу на рис.11 показано циклограму спеціалізованого потоку будівництва теплової мережі.

Ритм роботи бригади, яка виконує земляні роботи складає один день, бригади 2 з монтажу лоткових елементів непрохідних залізобетонних каналів та стін і днища теплових камер – три дні, бригади 3 (монтаж трубопроводів, арматури, опор, компенсаторів) – два дні, ланки 4 (монтаж верхніх елементів залізобетонних конструкцій, гідроізоляційні роботи) – чотири дні, бригади 5, яка виконує земляні роботи (засипання траншеї) – три дні.

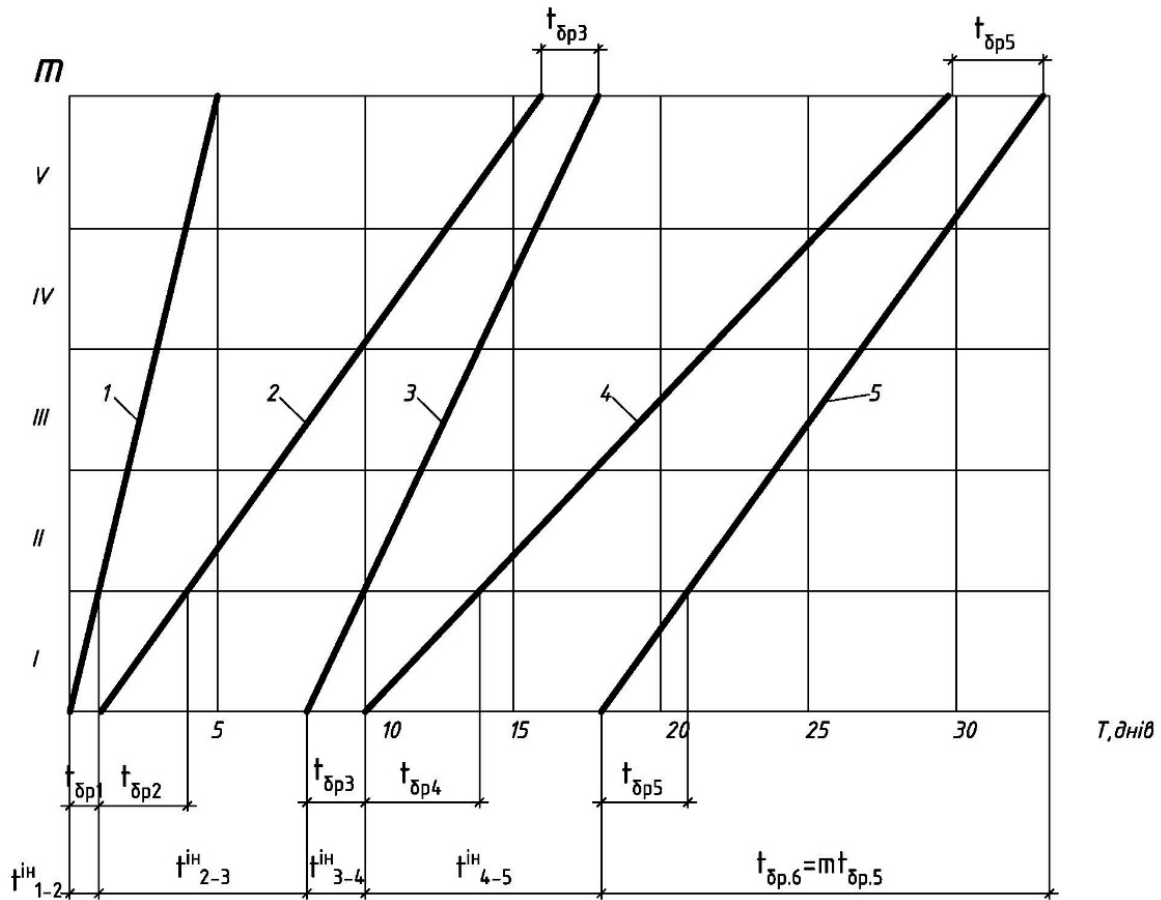


Рис. 11. Графік різноритмічного потоку:

1 – земляні роботи (розробка траншеї); 2 – монтаж нижніх елементів залізобетонних конструкцій (непрохідних каналів, теплових камер); 3 – монтаж трубопроводів, арматури, опор, компенсаторів; 4 – монтаж верхніх елементів залізобетонних конструкцій, гідроізоляційні роботи; 5 – земляні роботи (засипання траншеї)

Технологічне ув'язування роботи бригад у цьому випадку здійснюються так: бригада 1 починає роботу з першого запланованого дня, бригада 2, оскільки ритм її роботи більший, ніж ритм попередньої ланки, включається в роботу відразу ж після того, як бригада 1 звільнить першу захватку. У цьому випадку між суміжними циклами робіт утворюється розрив у часі, який з кожною новою захваткою збільшується. Бригада 3, ритм якої менший, ніж ритм попередньої, починає роботу на першій захватці з кроком $t_{iH 2-3}$, який

ураховує закінчення робіт бригадами 2 і 3 з проміжком часу, рівним ритму роботи бригади 3.

Аналогічно ув'язується час роботи бригад 4 і 5.

Розриви при виконанні суміжних процесів на захватці збільшують загальний термін виконання усіх робіт, але в розглянутих випадках вони неминучі для забезпечення безперервності роботи бригад (ланок).

5.2. Розрахунок потоків матричним методом

Розрахунок загальної тривалості інтервалів роботи і всіх інших параметрів матричним методом рекомендується виконувати таким чином.

Вихідні дані записуються в клітку матриці. У рядках матриці вказуються захватки, у стовпцях – процеси. Число кліток матриці відображає добуток числа процесів на число захваток, тобто nm . У центрі кожної клітки проставляють тривалість виконання відповідного процесу на відповідній захватці, тобто ритми роботи бригад; у нижньому додатковому рядку під кожним стовпцем проставляють сумарну тривалість кожного процесу на всіх захватках; розрахунок виконують по стовпцях, для першого процесу завжди зверху вниз, а для наступних – залежно від їхньої сумарної тривалості. Якщо сумарна тривалість наступного процесу більша попереднього, розрахунок виконують також зверху вниз, а якщо менша – знизу вверх.

На рис. 12 зображено розрахунок загального терміну будівельно-монтажних робіт п'яти послідовно виконуваних процесів на п'яти захватках.

У кожній клітці, крім ритму роботи бригад, проставляють два значення: у лівому верхньому куті – час початку процесу на даній захватці, у правому нижньому – час його закінчення. Час закінчення процесу на даній захватці може вважатись і початком процесу на наступній захватці, тому цифру з нижнього кута верхньої клітки записують у верхній лівий кут наступної нижньої клітки.

Технологічні процеси n

	1	2	3	4	5				
Захватки m	I	0 1 1	1 = 3 4	8 × 2 10	1 = 4 14	18 × 3 21			
	II	1 1 2	4 × 3 7	10 × 2 12	14 × 4 18	1 × 3 24			
	III	2 1 3	4 × 3 10	7 × 2 14	12 × 4 18	2 × 3 22	24 × 3 27		
	IV	3 1 4	6 × 3 13	10 × 2 16	14 × 4 22	6 × 1 4	27 × 3 30		
	V	4 1 5	8 × 3 16	13 = 2 18	16 × 4 26	8 × 3 30	30 = 3 33		
	5 ↓	< ↓	15 ↓	> ↑	10 ↑	< ↓	20 ↓	> ↑	15 ↑

Рис. 12. Матриця розрахунку різноритмічних потоків

Підсумовуючи час початку процесу на захватках та його тривалість, визначають термін закінчення робіт на захватці і записують цю цифру у правому нижньому куті клітки. Таким чином повторюють послідовно на всіх захватках до повного закінчення даного процесу.

Потім переходять до наступного процесу. Оскільки загальна тривалість другого технологічного процесу у розглянутому прикладі більша від попереднього ($15 > 5$), то розрахунок виконують знову

зверху вниз, ув'язуючи процеси за їх початком.

Розрахунок другого процесу на першій захваті можна почати одразу ж після закінчення на ній першого, а цифру 1 з нижнього кута клітки першого процесу перенести у верхній кут клітки другого процесу як його початок. Далі розрахунок виконується аналогічно розрахунку першого процесу. Результат розрахунку показує, що другий процес буде виконаний на 16-й день. Переходячи до третього процесу, слід зауважити, що його загальна тривалість менша від другого ($10 < 15$). Отже, процеси потрібно ув'язувати, починаючи з останньої захватки, і проводити розрахунок знизу вгору.

Цифру 16 з нижнього кута лівої клітки (2-й процес) записують у верхній кут правої клітки (3-й процес). Це буде початок третього процесу на останній захватці. Одночасно цифру 16 записують у нижній кут клітки третього процесу на захватці 4. Початок роботи на цій захватці визначається як різниця між закінченням процесу і його тривалістю ($16 - 2 = 14$). У такому ж порядку, рухаючись вгору, проставляють в кожній клітці спочатку закінчення, а потім початок виконання процесу на відповідній захватці. Аналогічним чином заповнюють усі клітки стовпця 4-го процесу (зверху вниз) і стовпця 5-го процесу (знизу вгору). Цифра в нижньому куті останньої клітки 33 показує загальну тривалість виконання будівельно-монтажних робіт на всіх захватках. Різниця між початками суміжних процесів у верхніх клітках (на захватці 1) показує величину інтервалів між ними. Інтервали між початками суміжних процесів на першій захватці складають, днів:

$$t_{1-2}^{\text{ін}} = 1 - 0 = 1, \quad t_{2-3}^{\text{ін}} = 8 - 1 = 7, \quad t_{3-4}^{\text{ін}} = 10 - 8 = 2, \quad t_{4-5}^{\text{ін}} = 18 - 10 = 8.$$

Інтервали між закінченнями суміжних процесів визначають по різниці значень, проставлених у нижніх кутах нижніх кліток, тобто по останній захватці. Інтервал між закінченням 1-го і 2-го процесів складає $16 - 5 = 11$ днів, між другим і третім – $18 - 16 = 2$ дні, між третім і четвертим – $30 - 18 = 12$ днів, між четвертим і п'ятим – $33 - 30 = 3$ дні.

З матриці (див. рис. 12) можна отримати інформацію про

величину перерв між закінченням попереднього процесу на одній із захваток і початком на ній наступного. Для цього досить взяти різницю значень, записаних у вертикальних кутах двох суміжних потоків. Так, наприклад, перерва між початком виконання 2-го процесу на захватці 3 і закінченням на ній 1-го процесу складає $7-3=4$ дні, на першій захватці немає перерв між закінченням першого та початком другого процесів, а також між закінченням 3-го і початком 4-го процесів.

Список літератури

1. ДБН А.3.1-5:16. Організація будівельного виробництва. – Чинні з 01.01.2017. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2016. – 45 с.
2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – чинні з 01.03.2018.
3. ДБН А.3.2-2-2014. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. – К.: Мінрегіон України, 2014. – чинні від 01.01.2015.
4. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник - далі номери: 1, 7, 16, 18, 19, 20, 24, 25, 26 (Наказ Міністерства розвитку бригад та територій України № 374 від 31.12.2021).
5. Степанов М.В., Вокалюк А.С. Організація будівельно-монтажних робіт: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2011. – 88 с.
6. Дорош А.М. Організація будівельного виробництва: навчальний посібник. – К.: Аграрна політика, 2011. – 255 с.
7. Організація будівельно-монтажних робіт: Методичні рекомендації до виконання курсового проекту/уклад.: М.В. Степанов. – Київ: КНУБА, 2005. – 48 с.

Будівельні машини для прокладання зовнішніх трубопроводів та їх технічні характеристики

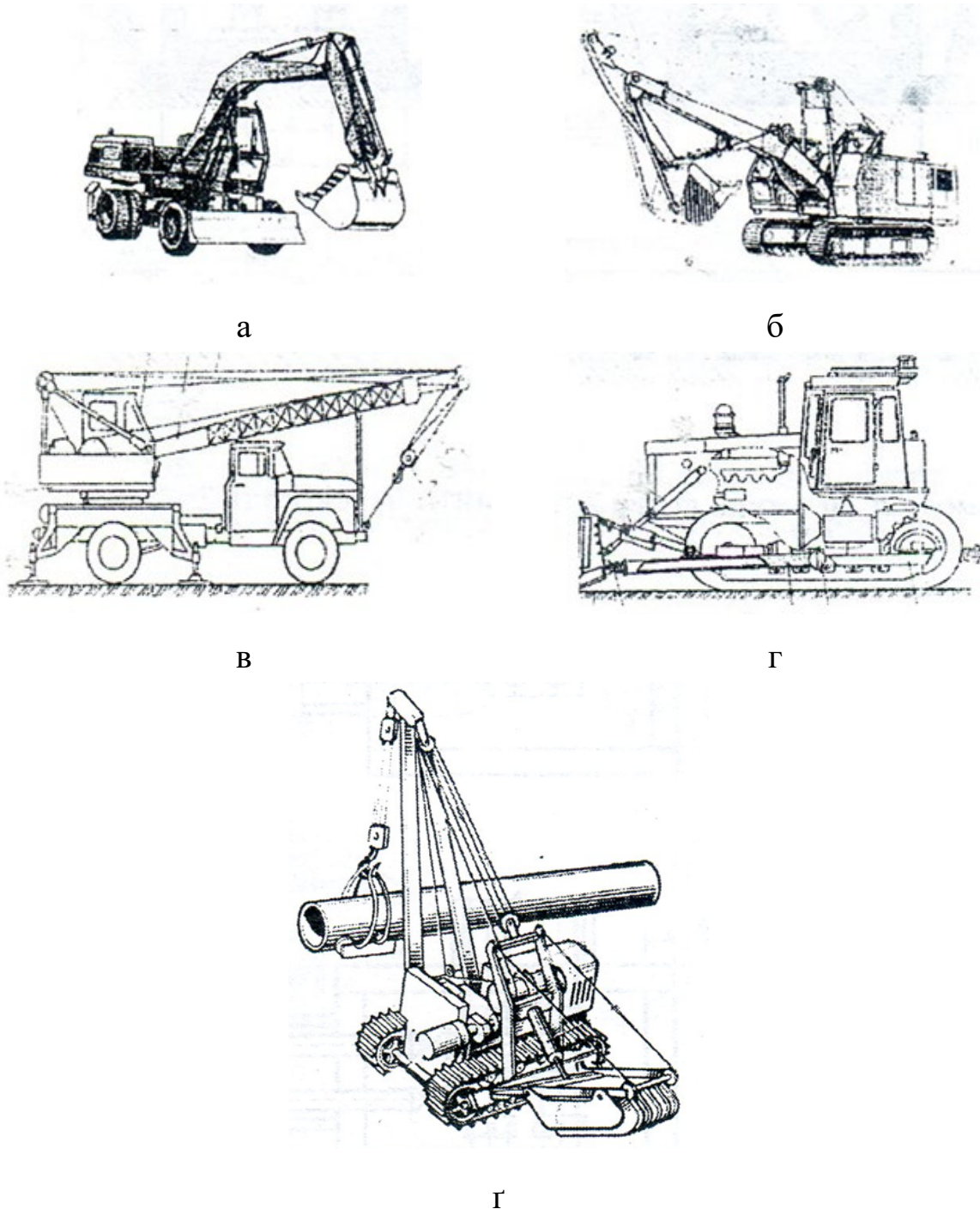


Рис. А.1. Будівельні машини:

а – екскаватор “зворотна лопата” з ківшем на пневмоколісному ході; б – екскаватор “зворотна лопата” з ківшем на гусеничному ході; в – автомобільний кран; г – бульдозер; г – кран-трубоукладач

Закінчення Додатку А

Технічні характеристики будівельних машина) *однокішшові екскаватори, обладнані зворотною лопатою*

Марка екскаватора		Місткість ківша, м ³	Ширина ківша, м	Глибина копанья, м	Радіус вивантаження, м	Висота вивантаження, м
на пневмоколісному ході	на гусеничному ході					
ЭО-2621	30-2131	0,25	0,7	3,0	3...4	2,6
ЭО-2624	30-2624А	0,25	0,7	3,4	3...4	2,6
ЭО-3311	ЭО-3151В	0,4	0,9	4,3	6,8	4,7
ЭО-3323	ЭО-321П	0,5				
ЭО-4321Б	ЭО-4П 1В	0,6 ^і)	0,9	5,5	8,0	5,5
	ЭО-5111Б	1,0	1,2	6,9	7,8	5,2

б) *автомобільні крани стрілові (КС) та крани-трубоукладачі (ТГ)*

Марка	Вантажопідйомність, т	Виліт стріли, м	База
КС-2561	6,3 ... 0,7	3,3 ... 10	ЗИЛ-131
КС-2571	6,3 ... 0,8	3,3 ... 9,8	ЗИЛ-131
КС-3575Б	10 ... 0,9	2,8 ... 14	ЗИЛ-133
КС-4571	16... 1.2	3,8 ... 14	КрАЗ-255Б
ТГ-61	6,3	6,0	Т-75 (55 кВт)
ТГ-63			

Додаток Б

Характеристики ґрунтів

Ґрунт	Група ґрунту за трудністю його розробки		Крутість відкосу 1: m при глибині траншеї, м	
	екскаватором	бульдозером	h < 1,5	h < 3,0
Глина: - жирна - злежана з домішками	I	II	1 : 0	1 : 0,25
	III	III		
Пісок	II	I	1 : 0,5	1 : 1
Суглинок	II	II	1 : 0	1 : 0,5
Супісь	II	I	1 : 0,25	1 : 0,67
Родючий шар насипний	I	I	1 : 0,67	1 : 1

**Орієнтовні об'єми земляних робіт при прокладанні
теплових мереж**

N n/n	d _{гр.з.} , мм	D _{із.з.} , мм	Об'єми при каналному прокладанні, м ³ /м		
			розробки траншеї	підчищення	грунту, що вивозиться
1	57	125	1,35	0,35	0,37
2	76	140	1,40	0,36	0,40
3	89	160	1,52	0,37	0,46
4	108	200	1,63	0,38	0,52
5	133	225	1,72	0,39	0,58
6	159	250	1,82	0,40	0,63
7	219	315	2,01	0,43	0,79
8	273	400	2,47	0,46	1,02
9	325	450	2,70	0,48	1,17
10	373	500	2,96	0,50	1,33
11	426	560	3,32	0,53	1,57
12	530	710	4,05	0,58	2,10

N n/n	d _{гр.з.} , мм	D _{із.з.} , мм	Об'єми при безканалному прокладанні, м ³ /м			
			розробки траншеї	підчи- щення	грунту, що вивозиться	піщаної підсіпки
1	57	125	1,15	0,30	0,22	0,15
2	76	140	1,19	0,31	0,24	0,17
3	89	160	1,29	0,31	0,27	0,19
4	108	200	1,39	0,32	0,31	0,21
5	133	225	1,46	0,33	0,34	0,24
6	159	250	1,55	0,34	0,37	0,26
7	219	315	1,71	0,37	0,47	0,33
8	273	400	2,10	0,39	0,60	0,42
9	325	450	2,30	0,41	0,69	0,48
10	373	500	2,52	0,43	0,78	0,55
11	426	560	2,82	0,45	0,93	0,65
12	530	710	3,44	0,49	1,24	0,87

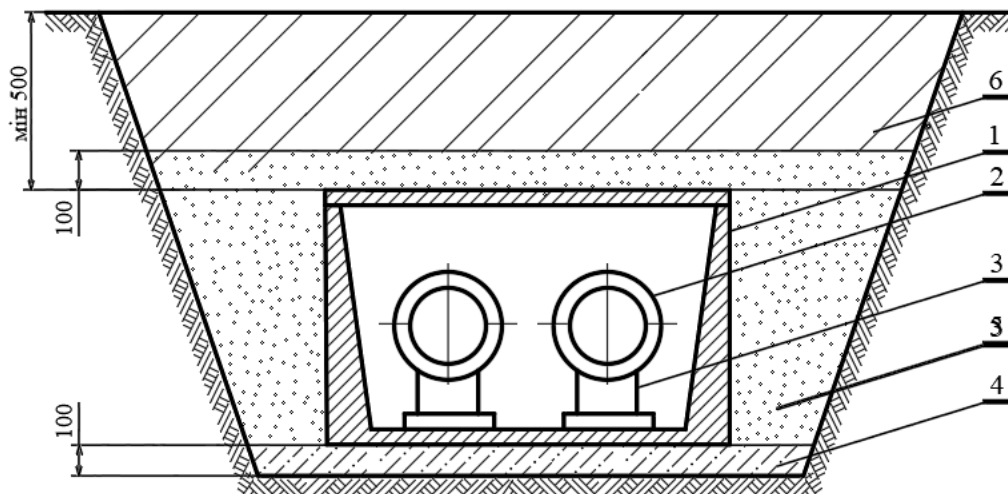


Рис. В.1. Схема прокладання теплопроводів у непрохідних каналах:
 1 – непрохідний канал типу КЛ; 2 – теплоізольована труба; 3 – рухома опора 4 – підсипка піщаним ґрунтом; 5 – засипка піщаним ґрунтом вручну; 6 – засипка ґрунтом бульдозером

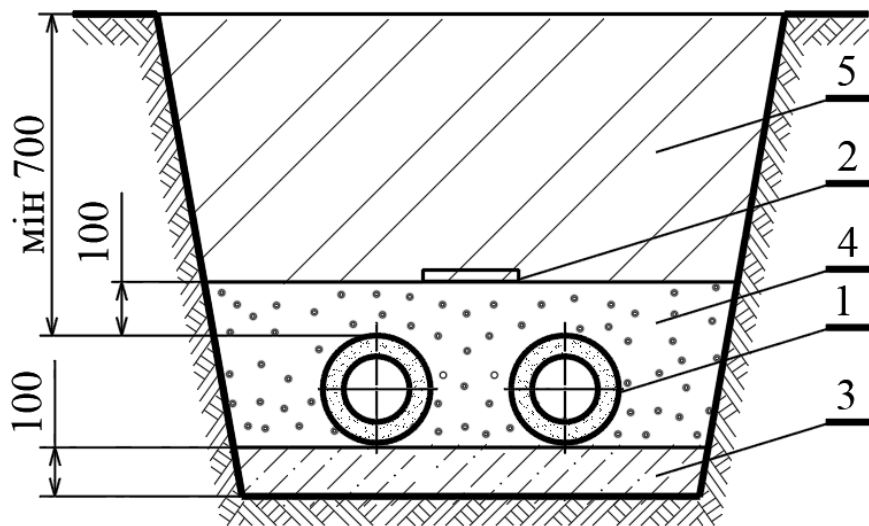


Рис. В.2. Схема безканалнього прокладання теплових мереж:
 1 – попередньо теплоізольована труба; 2 – стрічка сигнальна; 3 – підсипка піском; 4 – засипка піщаним ґрунтом вручну; 5 – засипка ґрунтом бульдозером

Залізобетонні конструкції підземних теплових мереж

а) непрохідні канали

Діаметр труб, мм	Тип каналу	Розміри, мм		Площа зовнішньої поверхні каналу, м ²	Витрата бетону, м ³	
		ширина В	висота Н		лоток	плита перекриття
42×2,5	КЛ 60-30	960	550	6,99	0,29	0,18
57×3,0	КЛ 60-45	960	740	7,94	0,35	0,18
76×3,0						
89×3,0						
108×3,5	КЛ 90-45	1260	740	9,73	0,42	0,34
159×4,5	КЛ 120-60	1600	890	12,53	0,69	0,43
219×5,0						
273×7,0						
325×7,0	КЛс 150-90	1940	1180	15,21	0,88	
426×7,0	2КЛс90-90	2420	1180	12,59	0,42	
426×7,0						
530×7,0	КЛс210-120	2580	1580	22,81	1,41	
530×7,0	2КЛс90-90	2420	1180	12,59	0,42	
630×8,0	КЛс210-120	2580	1580	22,81	1,41	
630×8,0	2КЛс120-120	3100	1480	16,39	0,69	

Діаметр труб, мм	Тип каналу	Витрата теплоізоляції трубопроводу, м ³ /100 м		Відстань між опорами, м		
		подаваль-ного	зворот-ного	рухо-мими	нерухо-мими	
					з ПК	з СК
42×2,5	КЛ 60-30	1,49	1,49	2,5	60	-
57×3,0	КЛ 60-45	1,68	1,68	3,0	60	-
76×3,0		1,98	1,98	3,0	70	-
89×3,0		2,18	2,18	3,5	80	-
108×3,5	КЛ 90-45	2,48	2,48	4,0	80	70
159×4,5	КЛ 120-60	4,57	4,57	5,0	100	80
219×5,0		5,80	5,80	6,0	120	80
273×7,0		6,90	6,90	7,0	120	100
325×7,0	КЛс 150-90	10,17	10,17	8,0	120	100
426×7,0	2КЛс90-90	12,21	5,85	8,5	160	140
426×7,0						
530×7,0	КЛс210-120	15,12	7,15	10,0	180	140
530×7,0	2КЛс90-90					
630×8,0	КЛс210-120	17,84	8,42	10,0	200	160
630×8,0	2КЛс120-120					

Примітка. ПК – П-подібний компенсатор, СК – сальниковий компенсатор

Продовження Додатку Г

б) теплові камери

Тип камери	Розміри в плані, м	Залізобетонні конструкції					
		Панелі стінові			Панелі перекриття та днищ (ПП)		
		розміри	кількість	загальна витрата бетону, м ³	розміри, м	кількість	загальна витрата бетону, м ³
ТК-1	1,8x1,8	2,1x1,1	8	2,88	2,2x2,2	2	0,85
ТК-2	1,8x2,4	2,1x1,1 2,7x1,1	4 4	3,32	2,2x1,4	4	0,54
ТК-3	1,8x3,0	2,1x1,1 3,3x1,1	4 4	3,76	2,2x1,4 2,2x0,6	4 2	0,54 0,26
ТК-4	2,4x3,0	2,7x1,1 3,3x1,1	4 4	4,2	3,4x1,4	4	0,81
ТК-5	3,0x3,0	3,3x1,1	8	4,64	3,4x1,4 3,4x0,6	4 2	0,81 0,4
ТК-6	3,0x3,6	3,3x1,1 3,9x1,1	4 4	4,96	3,4x1,4 3,4x0,6	4 4	0,81 0,4
ТК-7	3,0x4,2	3,3x1,1 4,5x1,1	4 4	5,4	3,4x1,4 3,4x0,6	4 6	0,81 0,4
ТК-8	3,6x4,2	3,9x1,1 4,5x1,1	4 4	5,72	4,6x1,4 4,6x0,6	4 4	1,14 0,55
ТК-9	4,2x4,2	4,5x1,1	8	6,16	4,6x1,4 4,6x0,6	4 6	1,14 0,55
ТК-10	4,2x4,8	4,5x1,1 5,1x1,1	4 4	6,64	4,6x1,4 4,6x0,6	4 8	1,14 0,55

Примітки:

1. Під днищем камери повинна бути підготовка із бетону завтовшки 0,1 м;
2. У розрахунках можна прийняти для всіх типів ТК зовнішні габарити конструкції по висоті – 2,5 м.

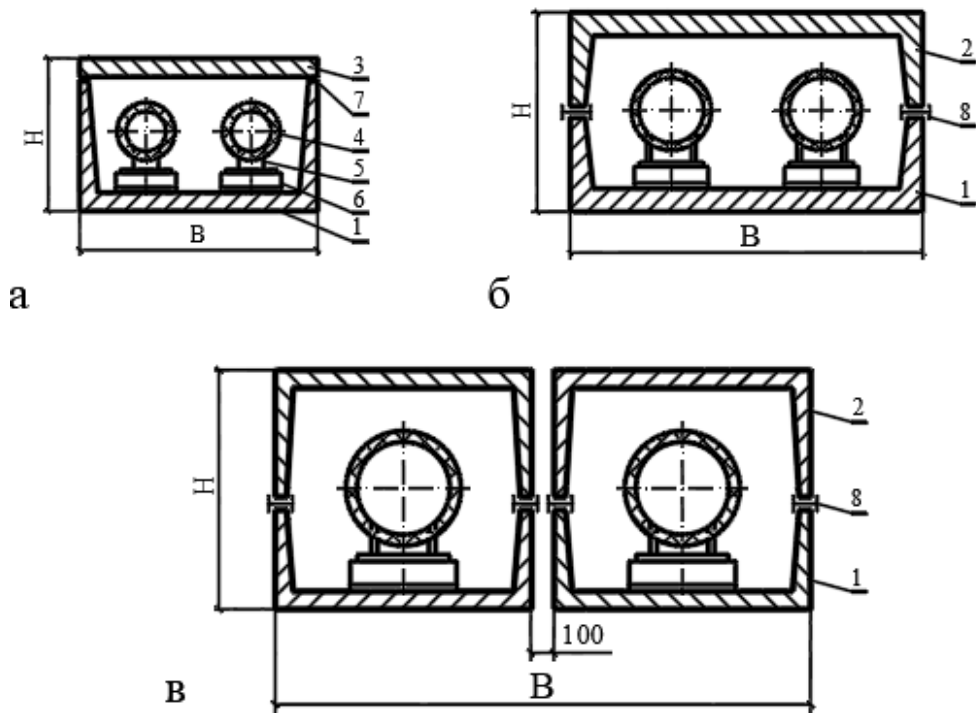


Рис. Г.1. Непрохідні канали типу:

а – КЛ; б – КЛс для двох труб; в – 2КЛс (два канали типу КЛс для однієї труби великого діаметра);

1 – лоток нижній; 2 – лоток верхній; 3 – плита перекриття;

4 – трубопровід теплоізолюваний; 5 – рухома опора ковзна; 6 – підставка бетонна під рухома опору; 7 – гідроізоляція; 8 – вставка-швелер з гідроізоляцією.

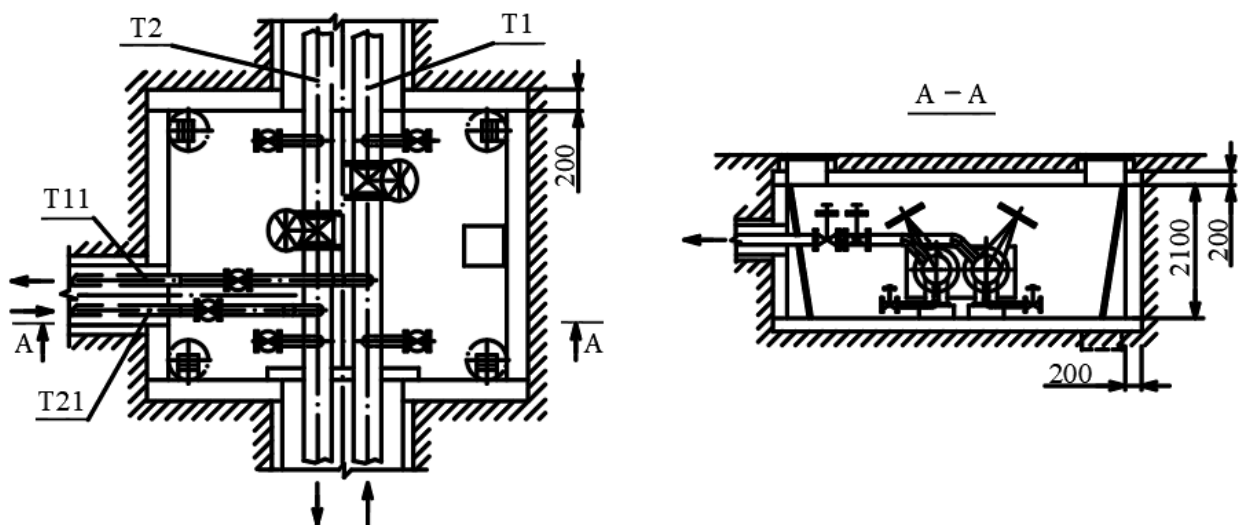


Рис. Г.2. Теплова камера

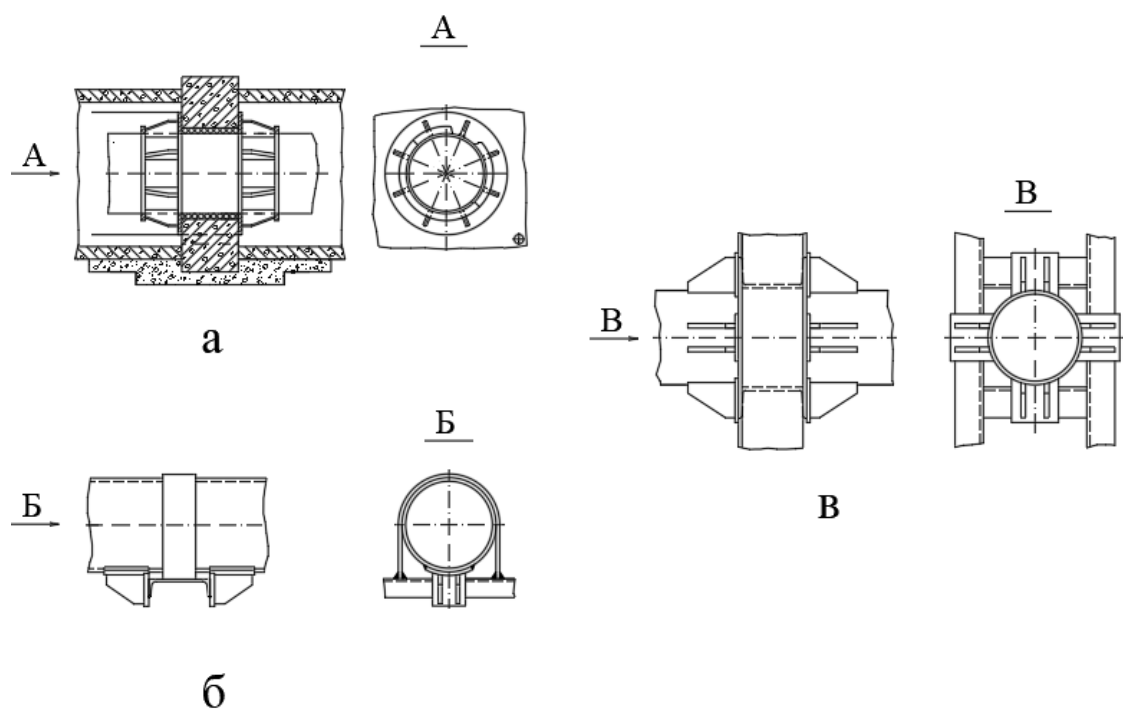


Рис. Г.3. Нерухомі опори:

а – щитова; *б* – хомутова; *в* – упорна

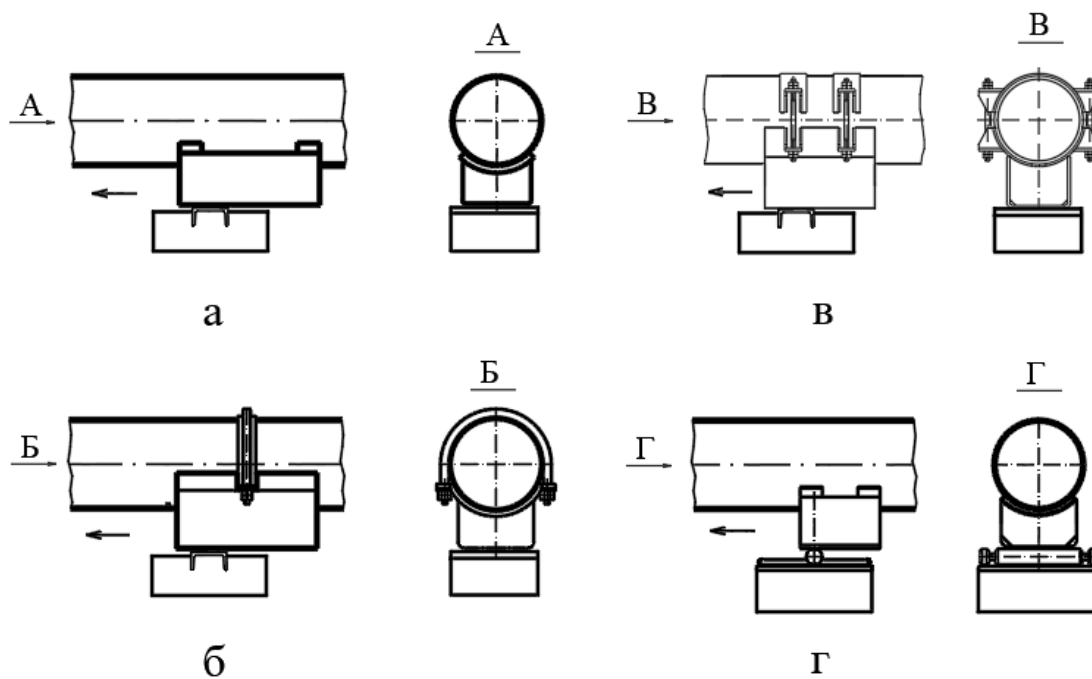


Рис. Г.4. Рухомі опори:

а – ковзна приварна; *б* – ковзна з хомутовим кріпленням;
в – ковзна з бугельним кріпленням; *г* – коткова

**Ресурсні норми витрати труда робітників-будівельників і машиністів
та часу експлуатації машин і механізмів**

Номер пор.	Назва робіт	Вимірник	Номер збірника	Група
1	2	3	4	5
<i>Земляні роботи</i>				
1	Розробка ґрунту у відвал екскаваторами «зворотна лопата»	1000 м ³ ґрунту	1	12; 13
2	Розробка ґрунту екскаваторами з навантаженням на автомобілі-самоскиди	1000 м ³ ґрунту	1	17; 18
3	Розробка ґрунту траншейними роторними екскаваторами	1000 м ³ ґрунту	1	14
4	Риття і засипання траншей для трубопроводів діаметром 300-600 мм одноківшовими екскаваторами з ковшом місткістю 0,65 м ³ (прокладання магістральних трубопроводів)	1 км траншеї	1	14
5	Розробка ґрунту вручну у траншеях глибиною до 2 м без кріплень з укусами	100 м ³ ґрунту	1	164
6	Розробка ґрунту вручну з кріпленням у траншеях шириною до 2 м	100 м ³ ґрунту	1	162
7	Копання ям вручну для стояків і стовпів	100 м ³ ґрунту	1	165
8	Планування ручним способом дна траншеї, виритої механізованим способом	1000 м ² спланованої площі	1	145
9	Планування вручну дна і скосів виїмок каналів та земляних подушок за заданими відмітками «на око»	1000 м ² спланованої повехні	1	90
10	Кріплення стінок траншей інвентарними щитами	100 м ² кріплень	1	171

Продовження Додатку Г'

Номер пор.	Назва робіт	Вимірник	Номер збірника	Група
1	2	3	4	5
11	Засипання та вручну траншей, пазух каналів і труб, ям	100 м ³ грунту	1	166
12	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками	100 м ³ грунту	1	134
13	Засипання траншей і котлованів бульдозером	1000 м ³ грунту	1	71
14	Планування площі бульдозером	1000 м ³ грунту	1	72
<i>Монтаж залізобетонних конструкцій</i>				
15	Улаштування залізобетонних непрохідних каналів	100 м ³ ЗБК	7	61
16	Улаштування теплових камер із залізобетонних конструкцій (ЗБК), нерухомих щитових опор	100 м ³ ЗБК	7	62
17	Улаштування попутного одностороннього дренажу непрохідних каналів	100 м каналу	7	63
18	Укладання залізобетонних плит перекриття каналів, теплових камер	100 шт ЗБК	7	64
19	Укладання фундаментів під колони	100 шт ЗБК	7	1
20	Установлення колон прямокутного перерізу у стакана фундаментів для надземного прокладання трубопроводів	100 шт ЗБК	7	5
<i>Монтаж теплопроводів та газопроводів зовнішніх мереж</i>				
21	Прокладання трубопроводів теплових мереж у непрохідних каналах, температура теплоносія 150 °С	1 км трубо- проводів	24	2
22	Прокладання трубопроводів теплових мереж у прохідних каналах, температура теплоносія 150 °С	1 км трубо- проводів	24	3

Продовження Додатку Г'

Номер пор.	Назва робіт	Вимірник	Номер збірника	Група
1	2	3	4	5
23	Надземне прокладання трубопроводів теплових мереж, температура теплоносія 150 °С	1 км трубопроводів	24	4
24	Безканальне прокладання трубопроводів теплових мереж, температура теплоносія 150 °С:			
	- у бітумоперлітовій ізоляції;	1 км	24	8
	- в армопінобетонній ізоляції;	трубо-	24	9
	- у пінополіуретановій ізоляції в зовнішній оболонці із поліетилену	проводів	24	10
25	Установлення компенсаторів:			
	- сальникових	1 шт	24	11
	- П-подібних	1 шт	24	12
26	Установлення сталевих засувок на фланцевому з'єднанні	1 комплект	24	13
27	Улаштування вводу газопроводу в будівлі:			
	- цокольного	1 газовий	24	101
	- підземного	ввід	24	102
28	Укладання сталевих труб:			
	- з гідравлічним випробуванням	1 км	22	8
	- з пневматичним випробуванням	трубо-	22	9
29	Укладання поліетиленових труб:			
	- з гідравлічним випробуванням	1 км	22	11
	- з пневматичним випробуванням	трубо-	22	12
30	Установлення на зовнішніх газопроводах:			
	- збірників конденсату, гідрозатворів	1 шт	24	107
	- дволінзових компенсаторів на фланцевому з'єднанні	1 шт	24	111

Продовження Додатку Г'

Номер пор.	Назва робіт	Вимірник	Номер збірника	Група
1	2	3	4	5
	- контрольно-вимірювальної колонок електрохімічного захисту трубопроводів	1 колонка	25	53
	- контрольних пунктів	1 шт	24	114
31	Врізання у діючі сталеві газопроводи низького тиску із зниженням або без зниження тиску	1 врізання	24	103;104; 105
32	Установлення зварюванням фасонних частин:			
	- сталевих	1 т частин	22	33
	- поліетиленових	10 частин	22	34
33	Нанесення на стики і фасонні частини сталевих трубопроводів антикорозійної ізоляції:			
	- бітумно-гумової	1 км трубопроводів	22	16; 17; 18
	- з полімерних липких стрічок		22	23; 24; 25
34	Безтраншейне прокладання трубопроводів:			
	- продавливання футляру без розробки ґрунту (проколювання)	100 м труб	22	46
	- протягування у футляр сталевих труб	100 м труб	22	47
	- заробляння кінців футляра бітумом та пасмом смоляним	1 футляр	22	48
	- обладнання футляра газопроводу контрольною трубкою	1 шт	24	114
<i>Контроль якості монтажу та випробування зовнішніх мереж</i>				
35	Контроль якості зварних з'єднань трубопроводів фізичними методами	1 стик	25	51; 52

Продовження Додатку Г'

Номер пор.	Назва робіт	Вимірник	Номер збірника	Група
1	2	3	4	5
36	Очищення порожнини трубопроводу:			
	- продуванням повітрям	1 км	25	43
	- продуванням природним газом	трубо- проводів	25	44
- промивання без дезінфекції	22		32	
37	Випробування трубопроводів на міцність і перевірка на герметичність	1 км трубо- проводів	25	46; 48; 50
<i>Теплоізоляційні роботи</i>				
38	Ізоляція трубопроводів циліндрами, напівциліндрами та виробами (сегментами):			
	- з пінопласту	10 м	26	1
	- з мінеральної вати на синтетичному бітумному зв'язувальному	трубо- проводу	26	2; 3; 4
39	Покриття поверхні ізоляції трубопроводів:			
	- виробами з оцинкованої сталі	10 м	26	16
	- рулонними матеріалами	трубо- проводу	26	21
40	Улаштування пароізоляційного шару з плівки поліетиленової на трубопроводах	10 м трубо- проводу	26	29
41	Ізоляція арматури і фланцевих з'єднань знімними напівфутлярами з матів мінераловатних прошивних	10 шт	26	12
42	Покриття поверхні ізоляції арматури і фланцевих з'єднань виробами з металу	10 шт	26	22
<i>Монтаж внутрішніх систем</i>				
43	Прокладання трубопроводів опалення:			
	- зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб	100 м	16	6
	- зі сталевих безшовних труб	трубо- проводів	16	9
	- зі сталевих електрозварних труб		16	10

Закінчення Додатку Г'

Номер пор.	Назва робіт	Вимірник	Номер збірника	Група
1	2	3	4	5
44	Прокладання трубопроводів:			
	- зі сталевих водогазопровідних неоцинкованих труб	100 м трубо- проводів	16	8
	- зі сталевих безшовних труб		16	9
	- зі сталевих електрозварних труб		16	10
45	Прокладання трубопроводів з напірних пластмасових труб	100 м трубо- проводів	16	14
	Прокладання трубопроводів обв'язки котлів, водонагрівників та насосів зі сталевих електрозварних і безшовних труб	100 м трубо- проводів	16	11
46	Установлення вентилів, засувок, клапанів, кранів на трубопроводах зі сталевих труб	1 шт	16	15
47	Монтаж внутрішнього обладнання:			
	- систем опалення		18	
	- систем газопостачання		19	
48	Улаштування систем вентиляції і кондиціонування повітря:		20	
49	Випробування:			
	- гідравлічне трубопроводів системи опалення	100 м трубо- проводів	16	29
	- пневматичне газопроводів		19	15

Примітки:

1. Таблиця містить дані збірників «Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи, затверджені Міністерством розвитку громад та територій України, наказ №374 від 31.12.2021».
2. Витрати ресурсів на прокладання зовнішніх газопроводів (трубопроводів, фасонних частин, засувок і ін.) беруть за нормами збірника 22.
3. У розрахунках ресурсні норми витрати труда робітників-будівельників та машиністів потрібно брати з урахуванням коефіцієнтів до ресурсних елементних кошторисних норм, наведених у відповідних збірниках.

Склад бригад (ланок) для виконання будівельних і монтажних робіт

Види робіт	Склад бригади (ланки)
1. Розробка ґрунту в траншеях одноковшевим екскаватором, . обладнаним зворотною лопатою. Планування дна та відкосів вручну	Машиніст екскаватора – 1; Землекопи – за розрахунком
2. Присипання каналу або трубопроводу вручну Засипання траншеї бульдозером. Планування поверхні бульдозером, розрівнювання родючого ґрунту, знятого перед розробкою траншеї	машиніст бульдозера 5 розр. - 1; землекопи - за розрахунком
3. Монтаж збірних залізобетонних конструкцій (лоткових каналів, теплових камер, нерухомих щитових опор, колон для надземних трубопроводів)	машиніст автокрана I; монтажники ЗБК: 5 розр. - 1; 4 розр. - 1; 3 розр. - 2; 2 розр. - 1
4. Прокладання сталевих трубопроводів надземних та в каналах (зварювання труб в ланки; опускання або піднімання труб, деталей, засувок, опор; зварювання трубопроводу, промивання, гідравлічні або пневматичні випробування)	машиністи автокрана-2; монтажники трубопроводів: 5 розр. - 1; 4 розр. - 2; 3 розр. - 2
6. Безканальне прокладання сталевих трубопроводів (зварювання труб в ланки; опускання труб, деталей, засувок у траншею, зварювання в траншеї; ізоляція стиків та фасонних частин; промивання або продування, гідравлічні або пневматичні випробування).	машиніст автокрана - 1; монтажники трубопроводів: 5 розр. – 1; 4 розр. - 2; 3 розр. - 2

Продовження Додатку Д

Види робіт	Склад бригади (ланки)
5. Укладання трубопроводів із поліетиленових труб (торцювання кінців та зварювання труб у нитку трубопроводу; опускання та укладання в траншею; гідравлічне або пневматичне випробування»	машиніст автокрана - 1; монтажники трубопроводів: 5 розр – 1; 4 розр.- 2; 3 розр. - 2
7. Безтраншейне підземне прокладання трубопроводу (обладнання упорної стінки, продавливання (прокол) футляра, протягування трубопроводу, запаковування кінців футляра, встановлення контрольної трубки)	машиніст автокрана - 1; монтажники трубопроводів: 5 розр. - 1; 4 розр. - 1; 3 розр. – 1
8. Установлення П-подібних компенсаторів, засувок	машиніст автокрана - 1; монтажники трубопроводів: 5 розр. - 1; 4 розр - 1; 3 розр. - 1
9. Ізоляційні роботи: б) антикорозійна ізоляція зварних стиків; з) теплова ізоляція трубопроводів	ізолювальники: 4 розр. - 1; 3 розр. - 2
10. Випробування зовнішніх трубопроводів: а) гідравлічні; б) пневматичні	монтажники трубопроводів: 6 розр. - 1; 4 розр. – 1; 3 розр. - 2
11. Монтаж обладнання теплових пунктів (швидкісних водонагрівачів, теплових вузлів, циркуляційних насосів)	слюсарі-монтажники: 5 розр. - 1; 4 розр - 1; 3 розр. - 1
12. Монтаж трубопроводів систем опалення, внутрішнього газопроводу, опалювальних приладів	слюсарі-монтажники: 4 розр. - 1; 3 розр - 1

Закінчення Додатку Д

Види робіт	Склад бригади (ланки)
13. Встановлення газових плит, газових колонок, водонагрівачів	монтажники внутрішнього газопроводу: 5 розр. - 1; 3 розр. - 1
14. Гідравлічні випробування трубопроводів систем опалення	монтажники систем опалення: 5 розр. - 1; 4 розр. - 1; 3 розр. - 1
15. Пневматичні випробування внутрішнього газопроводу	монтажники внутрішнього газопроводу: 6 розр. - 1; 5 розр. - 1; 4 розр. - 1
16. Монтаж припливних камер	монтажники систем вентиляції: 6 розр. - 1; 4 розр. - 1; 3 розр. - 1; 2 розр. - 2
17. Установлення місцевих кондиціонерів	монтажники систем вентиляції: 5 розр. - 1; 4 розр. - 1; 3 розр. - 1
18. Монтаж вентиляторів	монтажники систем вентиляції: 5 розр. - 1; 3 розр. - 2
19. Монтаж повітророзподільників, шумоглушників, циклонів	монтажники систем вентиляції: 5 розр. - 1; 3 розр. - 1; 2 розр. - 1
20. Монтаж вентиляційного устаткування: місцевих відсмоктувачів від технологічного обладнання, панелей рівномірного всмоктування, дефлекторів, зонтів	монтажники систем вентиляції: 5 розр. - 1; 3 розр. - 1
21. Монтаж прямих і фасонних частин повітропроводів укрупненими блоками	монтажники систем вентиляції: 5 розр. - 1; 4 розр. - 1; 3 розр. - 2 розр. - 1

Навчально-методичне видання

**ОРГАНІЗАЦІЯ
МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ**

Методичні вказівки до виконання практичних занять
та курсового проєктування з дисципліни «Технології та організація
монтажу інженерних систем і мереж»
для студентів ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Укладачі **СЕНЧУК** Михайло Петрович
РИБАЧОВ Сергій Григорович
ВАКОЛЮК Анатолій Степанович

Комп'ютерне верстання

Підписано до друку _____ Формат 60x84 ^{1/16}.
Ум. друк. арк. _____ Обл.-вид. арк. _____
Тираж _____ Вид. № _____ Зам. № _____

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mail: red-isdat@knuba.edu.ua

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі
Київського національного університету будівництва і архітектури

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