



М.О. Полтавець

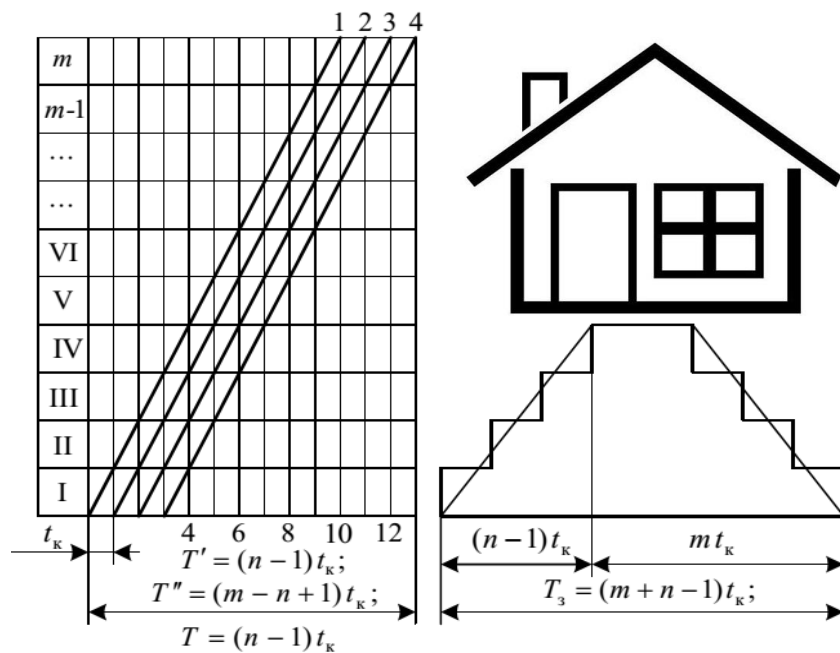
ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

Навчально-методичний посібник

для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійних програм
«Промислове та цивільне будівництво»
«Міське будівництво та господарство»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № від __. __. 21 р.



УДК

П

Полтавець М.О. Організація будівництва: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійних програми «Промислове та цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 80 с.

У навчально-методичному посібнику подано в систематизованому вигляді програмний матеріал дисципліни «Організація будівництва». Викладено основні положення методико-практичних підходів до процесів організації будівельного виробництва; розкриті основні принципи поточкових методів організації будівництва; розглянуті основні практичні підходи до використання організаційно-технологічних моделей в будівництві.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійних програми «Промислове та цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство».

Рецензенти: Рецензент-1, доктор технічних наук, професор
кафедри промислового та цивільного будівництва

Рецензент-2, доктор економічних наук, професор
кафедри промислового та цивільного будівництва

Відповідальний за випуск І.А. Арутюнян, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва.

Зміст

	С.
ВСТУП.....	5
1 ОСНОВИ ПОТОКОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ.....	7
1.1 Основні передумови потокової організації	7
1.2 Основні поняття та класифікації поточного методу будівництва	8
1.3 Основні принципи та технологія організації поточного виробництва	11
2 ПАРАМЕТРИ БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ	13
2.1 Часові параметри будівельних потоків.....	13
2.2 Організаційні параметри будівельних потоків	13
2.3 Просторові параметри будівельних потоків	13
2.4 Технологічні параметри будівельних потоків	13
3 ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ УВ'ЯЗКИ БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ	17
3.1 Ритмічні потоки	17
3.2 Неритмічні потоки	20
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА УВ'ЯЗКА СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ	22
4.1 Графічний спосіб ув'язки будівельних потоків	22
4.2 Аналітичний спосіб ув'язки будівельних потоків	24
4.3 Матричний спосіб ув'язки будівельних потоків	2
5 ПРОЕКТУВАННЯ ТА УВ'ЯЗКА НЕРИТМІЧНИХ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ МАТРИЧНИМ МЕТОДОМ	29
5.1 Матричний розрахунок будівельних потоків	29
5.2 Визначення рівня суміщення робіт будівельних потоків	32
6 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЧЕРГОВОСТІ ЗВЕДЕННЯ ОБ'ЄКТІВ	34
6.1 Матричний розрахунок будівельних потоків	34
6.2 Вдосконалення черговості зведення об'єктів	35
7 СТЪОВЕ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ.....	40

7.1	Основні положення сітьового моделювання в будівництві ...	40
7.2	Основні правила та техніка побудови сітьових організаційно-технологічних моделей	42
7.3	Орієнтовні перелік та технологічна послідовність виконання основних видів робіт при зведенні об'єктів будівництва	46
8	РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ СІТЬОВИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ В БУДІВНИЦТВІ	51
8.1	Теоретичний огляд розрахункових параметрів організаційно-технологічних моделей	51
8.2	Практичні методики визначення розрахункових параметрів організаційно-технологічних моделей	53
9	РОЗРАХУНОК СІТЬОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ТАБЛИЧНИМ МЕТОДОМ	56
9.1	Алгоритм розрахунку	56
9.2	Аналіз результатів розрахунку	61
10	РОЗРАХУНОК СІТЬОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ СЕКТОРНИМ МЕТОДОМ	62
10.1	Теоретичні вказівки до розрахунку	62
10.2	Алгоритм розрахунку	63
11	РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ ГРАФІКА ТРУДОВИХ РЕСУРСІВ	68
11.1	Графічний метод	68
11.2	Аналітичний метод	69
12	ОПТИМІЗАЦІЯ СІТЬОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ЗА РЕСУРСАМИ	74
12.1	Загальні відомості про оптимізацію сітьових організаційно-технологічних моделей	74
12.2	Оптимізація сітьових організаційно-технологічних моделей за графіком трудових ресурсів.....	75
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	79

Навчально-методичний посібник «Організація будівництва» присвячений дослідженню організаційних, управлінських та технологічних парадигм функціонування процесу будівництва.

Навчально-методичний посібник призначений для використання у навчальному процесі під час лекційних, практичних та лабораторних занять з дисципліни «Організація будівництва».

Метою видання є оволодіння студентами необхідних знань основ з організації будівельного виробництва, допомогти їм оволодіти теоретичними знаннями та методами підвищення ефективності будівельного виробництва і реконструкції будівель, а також, удосконалення вибору рішень з організації зведення будівель та споруд.

Реалізація поставленої мети виконується шляхом аналітичних та пояснювальних досліджень, які покликані навчити здобувачів вищої освіти відстоювати свій погляд з приводу обставин, ситуацій, що потребують розв'язання на основі прийняття організаційних рішень у будівництві; самостійно виявляти, узагальнювати проблемні ситуації у процесі зведення та реконструкції будівель; знаходити альтернативні рішення на основі пошуку ефективних варіантів організації будівництва та відновлення будівельних об'єктів; застосовувати на практиці елементи теорії організації будівельного виробництва; розробляти та супроводити технічну документацію по організації та плануванню будівельного виробництва; самостійно виявляти, узагальнювати проблемні ситуації, знаходити альтернативні рішення на основі декомпозиції, аналізу, оптимізації і синтезу систем; використовувати математичний апарат для вирішення оптимізаційних задач в будівництві; застосовувати на практиці елементи теорії оптимального управління в повсякденному житті, обґрунтовано обирати оптимальний варіант проектного (об'ємно-планувального, конструктивного чи організаційно-технологічного) рішення з урахуванням конкретних виробничих умов за сукупністю визначених техніко-економічних показників.

В наслідок вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати:

- концепцію переходу капітального будівництва до ринкових відносин;
- наукові основи організації та планування будівельного виробництва;
- сучасні методи проектування організації будівництва та реконструкції об'єктів;
- основні напрямки науково-технічного прогресу та проблемні питань удосконаленню будівельного виробництва.

уміти:

- аналізувати, пояснювати, відстоювати свій погляд з приводу обставин, ситуацій, що потребують розв'язання на основі прийняття організаційних рішень;
- здійснювати керівництво та управління будівництвом об'єктів будівництва, комунального господарства;

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина
Олександрівна

- самостійно виявляти, узагальнювати проблемні ситуації; знаходити альтернативні рішення на основі пошуку ефективних варіантів організації будівельного виробництва;

- застосовувати на практиці елементи теорії організації будівельного виробництва;

- розробляти та супроводжувати технічну документацію з організації та планування будівництва об'єктів промисловості, міського та комунального господарства.

Реалізація мети видання допомагає у досягненні основних завдань навчання здобувачів вищої освіти рівня бакалавр за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія» по освітнім програмам «Промислове і цивільне будівництво» та «Міське будівництво та господарство» у набутті наступних компетентностей:

- здатність розв'язувати комплексні проблеми і завдання, виробничі ситуації, проблеми у сфері професійної діяльності із поглибленим рівнем знань та вмій інноваційного характеру, достатнім рівнем інтелектуального потенціалу;

- здатність планувати час роботи з підготовки знань з дисципліни, виконання контрольних завдань в установлені терміни, здатність самостійного освоєння та вивчення навчальної дисципліни, здатність упорядковувати, налагоджувати, досягати єдності навчального процесу;

- здатність проявляти схильність до можливих сучасних інноваційних процесів та напрямків використання отриманих результатів.

- здатність забезпечити організацію будівництва будівель та інженерних споруд різної архітектурної та технічної складності із використанням сучасних конструкційних матеріалів та енергоефективних технологій;

- здатність приймати рішення щодо реалізації містобудівних проектів та функціонування об'єктів міського господарства.

- здатність використання системних методів, математичних моделей та інформаційних технологій у вирішенні проектно-конструкторських та виробничих задач у містобудування та територіальному плануванні..

- здатність виконувати економічний аналіз у процесі планування забудови, благоустрою, реконструкції, утриманні та експлуатації міських територій і об'єктів міського господарства, використовувати методи інвестиційної оцінки містобудівних об'єктів та міських територій, які підлягають реконструкції.

- здатність в складі проектної групи приймати участь в проектуванні об'єктів міського господарства та супроводжувати процес проектування містобудівних об'єктів.

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

1 ОСНОВИ ПОТОКОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

ПРОЕКТ

Полтавець
Мета *Марина*
набуття студентами теоретичних знань та методологічних уявлень про сутність, основні поняття та технологічні складові потокової організації виробничих процесів в будівництві.
Олександрівна

1.1 Основні передумови потокової організації

Одним із головних напрямів підвищення продуктивності праці у різних галузях виробництва є *спеціалізація*.

Спеціалізація – це раціональна форма суспільної організації виробництва, заснована на розподілі праці. Основна мета спеціалізації виробництва полягає в підвищенні продуктивності суспільної праці. При цьому складний технологічний процес розподіляють на простіші технологічні операції, кожна з яких виконує один або кілька робітників. Це дає змогу швидко здобути необхідну робітничу кваліфікацію, у значних обсягах використовувати спеціалізовані машини й обладнання. Для виконання відносно нескладних технологічних операцій можна також використовувати спеціально розроблені автомати, що ще більше підвищить продуктивність праці. При цьому досягаються: висока продуктивність праці, скорочення тривалості виробничого циклу, зменшення собівартості продукції.

Зведення цих будинків можна організувати послідовним, паралельним або поточковим методом: послідовний - одне за іншим послідовне зведення всіх будинків, паралельний - одночасне спорудження всіх будинків, поточковий метод - це сполучення двох перших, в якому усунуті їхні недоліки й збережені переваги.

Поточковим називають такий метод організації будівництва, що забезпечує планомірний і ритмічний випуск готової будівельної продукції на основі безперервної і рівномірної роботи бригад (ланок) незмінного складу, забезпечених своєчасною і комплектною поставкою всіма необхідними матеріально-технічними ресурсами.

Непоточкові методи будівництва зустрічаються при неритмічному випуску будівельної продукції, що характеризується випуском продукції через невизначені або різні періоди часу й у різних кількостях.

Не випадково найбільшого застосування поточкові методи будівництва знайшли на домобудівних комбінатах (ДБК), де є найбільш однорідна продукція – (типові багатоповерхові житлові будинки).

Основним принципом поточкового методу в будівництві є повне використання виробничої потужності будівельної організації при рівномірному й безперервному завантаженні низових будівельних підрозділів (будівельних ділянок, бригад, ланок і окремих робітників).

При організації потоку в будівництві складний будівельний процес розділяється на більш прості процеси або операції.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Виконання кожного простого процесу доручається окремій спеціалізованій бригаді або ланці.

Весь фронт робіт розділяється на кілька ділянок (захваток).
Бригади (або ланки), зберігаючи свій незмінний склад, рівномірно пересуваються по загальному фронту робіт, переходячи з однієї захватки на іншу. Перша бригада (або ланка) увесь час виконує перший за технологічним порядком процес, остання бригада після своєї роботи залишає закінчену виробництвом ділянку. Таким чином, робота ведеться одночасно на декількох захватках, причому на кожній захватці вона перебуває на різній стадії готовності.

1.2 Основні поняття та класифікації поточного методу будівництва

Будівельний потік – це виробничий процес, який розвивається в часі і просторі.

Потокова лінія – це сукупність робочих місць, розташованих за ходом технологічного процесу і призначених для виконання закріплених за ними технологічних операцій.

Захватка - частина будинку або його конструктивного елемента, в межах якого розвиваються й погоджуються між собою часткові потоки, що входять до складу спеціалізованого потоку. Обсяги робіт на захватці виконуються бригадою постійного складу з певним ритмом, що забезпечує потокову організацію будівництва об'єкта в цілому.

Ділянка - частина будинку, що зводиться, в межах якої розвиваються взаємозалежні спеціалізовані потоки, що входять до складу об'єктного потоку. Ділянка являє собою просторову конструктивно-технологічну частину будинку, при зведенні якої повторюється весь комплекс будівельних, монтажних і спеціальних робіт.

Фронт робіт – частина будівельного об'єкта, яка необхідна й достатня для розміщення робітників разом з машинами, які необхідні для здійснення робіт, механізмами й пристроями.

Ярус – частина об'єкта, утворена при умовному розчленуванні його по вертикалі.

Ритмічність – це регулярне повторення виробничих операцій через однакові проміжки часу.

Ритм потоку (роботи бригади) – тривалість роботи бригади на відведеній їй захватці.

Шаг потоку – проміжок часу між початком робіт двох суміжних бригад потоку, іншими словами, це час, за який із потоку отримують готову будівельну продукцію (будівля, закінчена її частина і т.д.).

Пропорційність – це рівність або кратність тривалості технологічних операцій на робочих місцях;

Паралельність – це одночасне виконання технологічних процесів на різних робочих місцях;

ПРОЕКТ
Безперервність – це безперервне виконання процесів у межах робочої зміни.
Полтавець
Марина
Александрівна
Інтенсивність (потужність) потоку - кількість продукції в натуральних показниках, що випускається будівельним потоком за одиницю часу.

Тривалість технологічного циклу – це інтервал часу між початком першого і завершального процесів, які виконують для випуску будівельної продукції, тобто час, за період якого в будівельний потік поступово включаються всі бригади, які беруть участь в спеціалізованому потоці.

Період випуску готової продукції – це час, рівний тривалості робіт завершальної бригади (часткового потоку) в спеціалізованому потоці.

Період розгортання потоку – це період часу, за який всі бригади вступають у роботу, збільшується використання ресурсів.

Період сталого потоку – це період часу, коли одночасно працюють всі бригади, всі часткові потоки розвиваються паралельно, здійснюється рівномірне споживання ресурсів.

Період згортання потоку – це період часу, за який бригади, виконавши свою роботу виходять із потоку, зменшується використання ресурсів.

Технологічна перерва – період часу, який потрібний для дотримання технології виконання робіт (набуття міцності бетоном, висихання поверхні стін після нанесення оздоблення до початку малярних робіт).

Організаційна перерва – період часу між суміжними процесами (потоками), викликаний необхідністю підготовки робіт (переміщення робочих, обладнання) для підготовки до виконання наступного процесу (потоку). Організаційні перерви вводять для уникнення простоїв окремих бригад у зв'язку із неоднаковою тривалістю їх роботи на окремих захватках або виходячи із умов техніки безпеки (наприклад післямонтажні роботи на поверсі багатоповерхової будівлі можуть бути початі лише за наявності двох перекриттів під цим поверхом).

Виробничий цикл – це період часу, на протязі якого на захватці або ділянці виконуються роботи до моменту отримання готової продукції.

Класифікація за структурою й видом продукції:

- *частковий потік* - елементарний потік, що являє собою один або кілька процесів, що виконується одним колективом (бригадою або ланкою) на окремих фронтах робіт (зачищення дна котловану, риття траншеї, цегляна кладка стін, масляне фарбування поверхонь, штукатурні роботи та ін.) Продукцією часткового потоку є елементи конструкцій будинків та споруд (щебенева підготовка під фундаменти, змонтована конструкція, поштукатурена поверхня), а також допоміжні пристрої (опалубка фундаментів, риштування та ін.);

- *спеціалізований потік* – це сукупність технологічно зв'язаних часткових потоків, об'єднаних єдиною системою параметрів і схемою потоку, є основним структурним елементом будівельного потоку. Його продукцією є закінчений вид робіт, конструктивний елемент та частини будівлі (підземна частина будівлі, дах, оздоблення, влаштування фундаментів, малярні роботи

Александрівна

й т.д.)

ПРОЕКТ

часткові й спеціалізовані потоки можуть мати різні напрямки розвитку (горизонтальна або вертикальна схема розвитку).

Потоки одноповерхових промислових будинків, а також потоки нульового циклу й влаштування покрівлі мають *горизонтальний напрямок*. Потоки по зведенню коробки багатоповерхового будинку - *горизонтально-восхідний або вертикальний напрямок*. Потоки спеціалізованих опоряджувальних робіт - *вертикально-восхідний або вертикально-спадний напрямок*.

- *об'єктний потік* - сукупність технологічно й організаційно зв'язаних спеціалізованих потоків, спільною продукцією яких є зведені окремі будинки (споруди), або група однорідних будинків;

- *комплексний потік* - сукупність організаційно зв'язаних об'єктних потоків, спільною продукцією яких є промислове підприємство, житловий масив і т.д.

Класифікація за характером ритмічності.

Ритмічний потік - в якому всі складові потоки мають єдиний ритм, тобто однакову тривалість виконання робіт кожною окремою бригадою на часткових фронтах робіт.

Неритмічний потік - в якому неоднакова тривалість виконання кожною окремою бригадою робіт на часткових фронтах.

Класифікація за характером часового розвитку.

Рівноритмічний потік – це потік, в якому всі складові потоки мають однаковий ритм, тобто однакову тривалість виконання робіт на всіх захватках.

Кратноритмічний потік – це потік, в якому всі складові потоки мають не рівні, але кратні ритми.

Різноритмічний потік – це потік, в якому всі складові потоки не мають постійного ритму у наслідок неоднорідності будівель та нерівності темпів складових потоків.

Класифікація за тривалістю.

Короткостроковий потік – це потік, який організують для зведення одного або декількох будівель, потік має разовий характер, тривалістю менше одного року.

Довгостроковий потік – це потік, який організують при зведенні будинків або комплексів об'єктів, тривалість будівництва яких перевищує більше одного року. Організація довгострокового потокового будівництва здійснюється з метою досягнення на тривалий період (рік, два й більше) безперервного завантаження будівельних (монтажних і пусконаладжувальних) організацій.

Безперервний потік – це потік, який організують в умовах постійної спеціалізації будівельної організації на одному виді продукції.

Наскрізний потік – це потік, який охоплює всі стадії будівництва від виготовлення деталей та конструкцій, їх транспортування на будівельний майданчик та монтаж у проектне положення (тобто зведення будівлі).

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина
Олександрівна

Провідний процес – це механізований або найбільш трудомісткий процес в складі спеціалізованого потоку.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

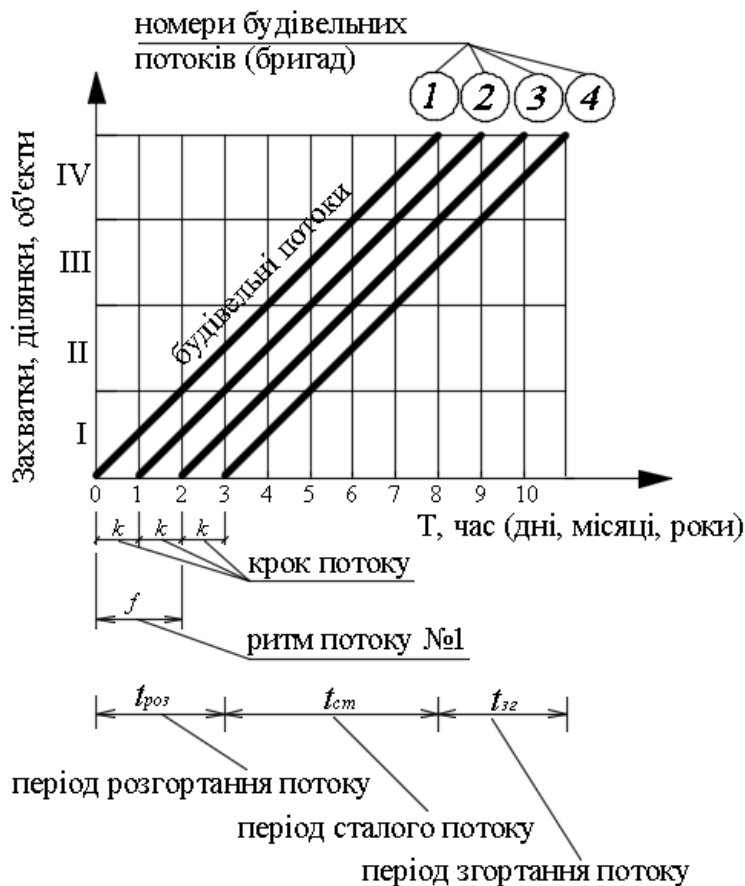


Рисунок 1.1 – Візуалізація основних понять поточного будівництва

1.3 Основні принципи та технологія організації поточного виробництва

Проектування потоку у будівництві складається з таких етапів.

1. Установлюємо об'єкти, які близькі між собою за конструкціями, плануванням, поверховістю й технологією. Об'єкти, які будуватимуть поточним методом; бажано, щоб були однаковими або близькими за об'ємно-планувальними, конструктивними рішеннями та трудомісткістю видів будівельно-монтажних робіт.

2. Розчленовуємо зведення об'єкту на окремі технологічні процеси, бажано рівні або кратні за трудомісткістю.

3. Визначають раціональну технологічну послідовність виконання процесів з урахуванням об'ємно-планувальних рішень об'єкта та вимог охорони праці.

4. Установлюємо доцільну послідовність процесів зведення об'єкта й об'єднуємо взаємозалежні процеси в загальний сукупний процес, через що досягається безперервність будівельного виробництва.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

5. За кожним технологічним процесом закріплюють спеціалізовану бригаду, оснащену необхідними будівельними машинами, інструментами та пристроями.

6. Встановлення раціональної послідовності будівництва об'єктів, тобто послідовності включення об'єктів у потік.

7. Організація перебазування виробництва (бригади, будівельні машини, інструменти, пристрої, тощо.).

8. Визначення основних параметрів будівельного потоку.

Технологічне зв'язування потоків виконують виходячи з наступних припущень:

- роботу на кожній наступній захватці починають із інтервалом, рівним кроку потоку;

- на одній захватці може працювати одна бригада (ланка) або кілька бригад з однаковим ритмом;

- розмір кожної захватки залишається незмінним для всіх видів робіт, виконуваних на захватках;

- після виконання всього комплексу робіт на одній захватці роботи на кожній з наступних захваток закінчують не пізніше ніж через інтервал, рівний кроку потоку.

Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи .

2. Законспектувати основні тези за темою практичної роботи, використовуючи профільну навчально-методичну та наукову літературу.

3. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.

4. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.

5. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

2 ПАРАМЕТРИ БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ

Мета – усвідомлення логіко-структурного комплексу характеристик будівельних потоків часового, організаційного, просторового спрямування; набуття практичних навичок у визначенні параметрів будівельних потоків.

Параметри будівельних потоків виражають його часові, організаційні та просторові характеристики та надають можливість визначити залежності між ними.

2.1 Часові параметри будівельних потоків

- 1) $T_{заг}$ - загальна тривалість робіт по потокам в цілому.
- 2) k - крок потоку.
- 3) f – ритм потоку (роботи бригади).
- 4) $t_{роз}$ – період розгортання потоку.
- 5) $t_{ст}$ – період сталого потоку.
- 6) $t_{зг}$ – період згортання потоку.
- 7) $t_{ц}$ – період виробничого циклу.
- 8) $t_{гп}$ – період випуску готової продукції.
- 9) $t_{бр.}$ – сумарна тривалість робіт кожної окремої бригади на всіх захватках.
- 10) $t_{техн.}$ – технологічні перерви між роботами суміжних бригад на одній й тій ж захватці.
- 11) $t_{орг.}$ – організаційні перерви між роботами суміжних бригад на одній й тій ж захватці.

2.2 Організаційні параметри будівельних потоків

- 1) n – кількість окремих процесів (спеціалізованих потоків), на які розбивається весь виробничий процес будівництва об'єкту.
- 2) P – кількість паралельних потоків в межах об'єкту, комплексу.

2.3 Просторові параметри будівельних потоків

Просторові параметри будівельних потоків формуються з просторових частин виробничого циклу: захватка, ділянка, ярус і т.д.

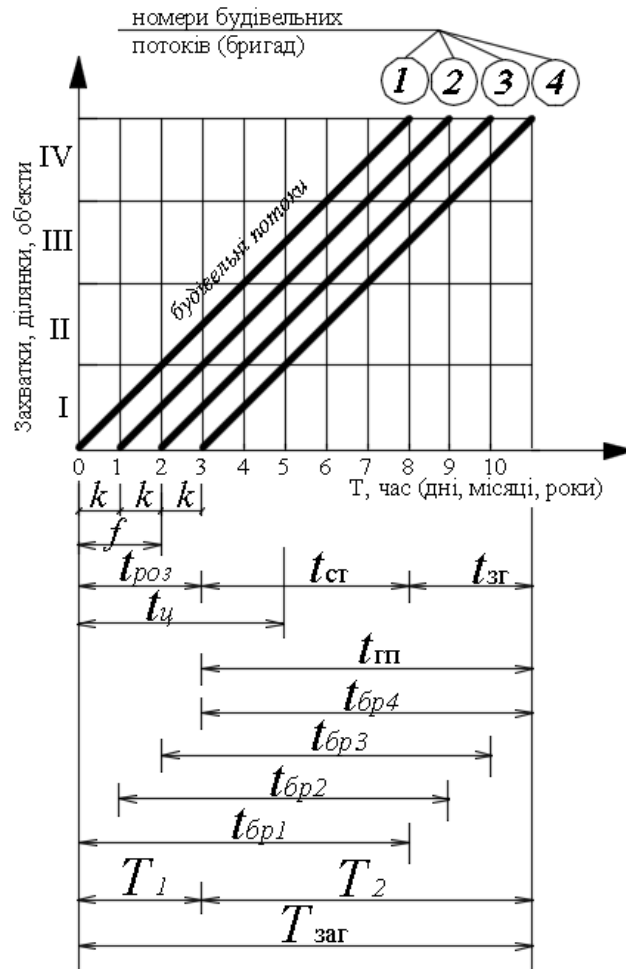
- 1) m – кількість захваток, ділянок, об'єктів.

2.4 Технологічні параметри будівельних потоків:

- 1) I - Інтенсивність виробництва,
- 2) O_6 - Обсяг робіт;

- 3) Q - Трудомісткість робіт
- 4) Var - Вартість робіт
- 5) $N_{роб}$ - Чисельність робітників
- 6) Vir – виробіток
- 7) R – ресурси потоку.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна



ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

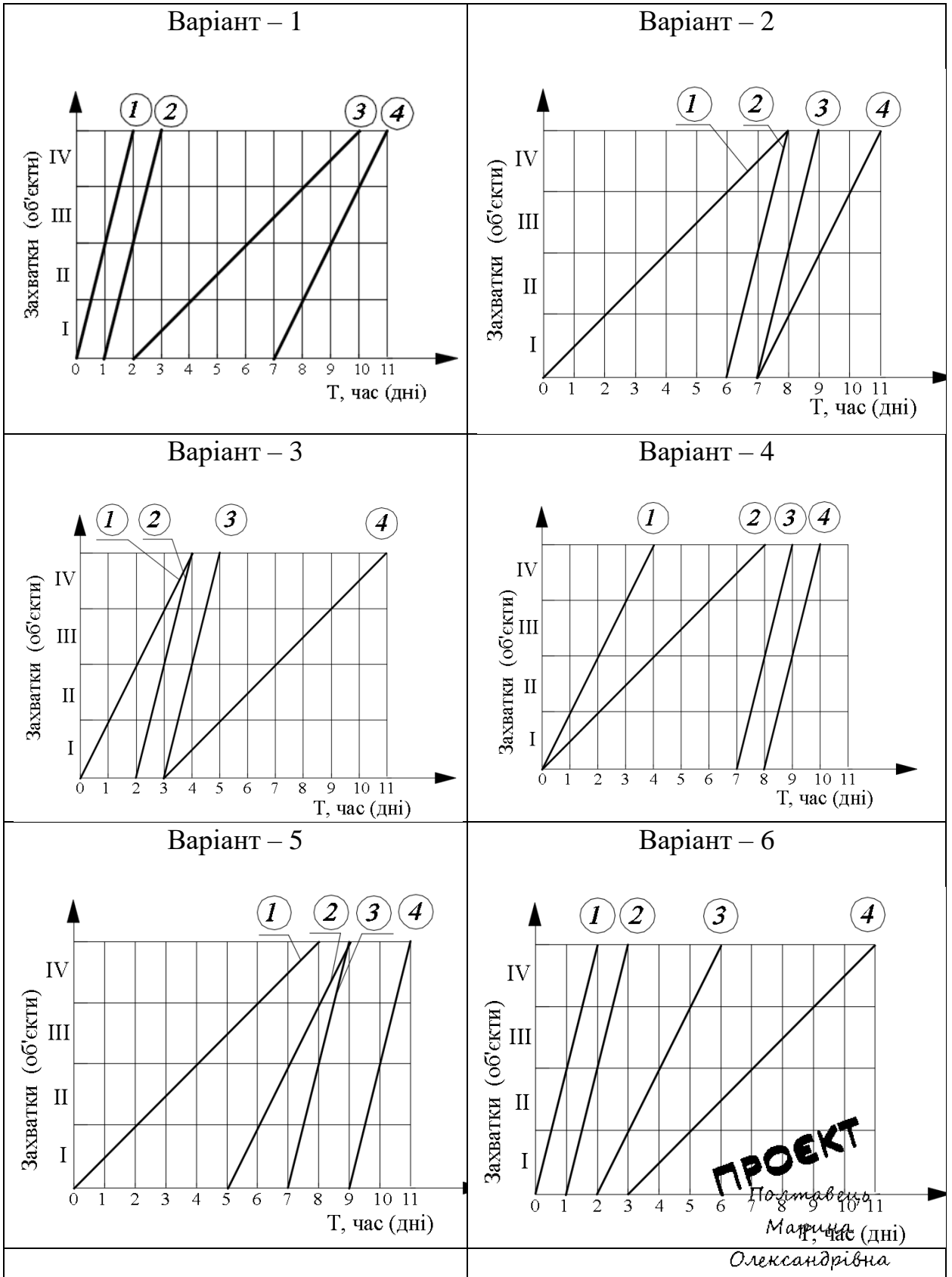
Рисунок 2.1 – Візуалізація основних параметрів поточного будівництва

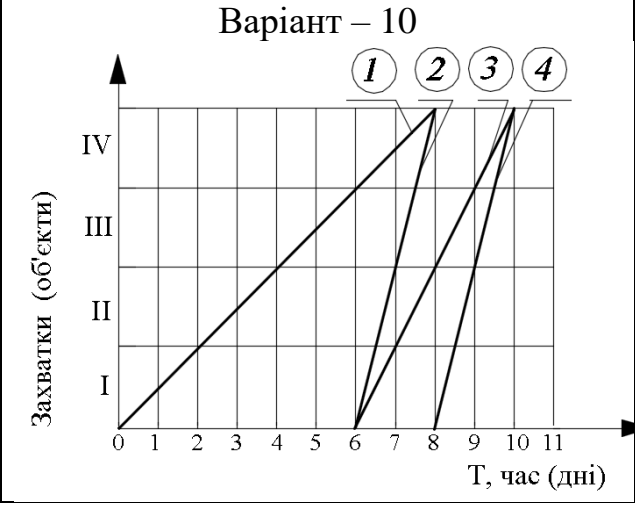
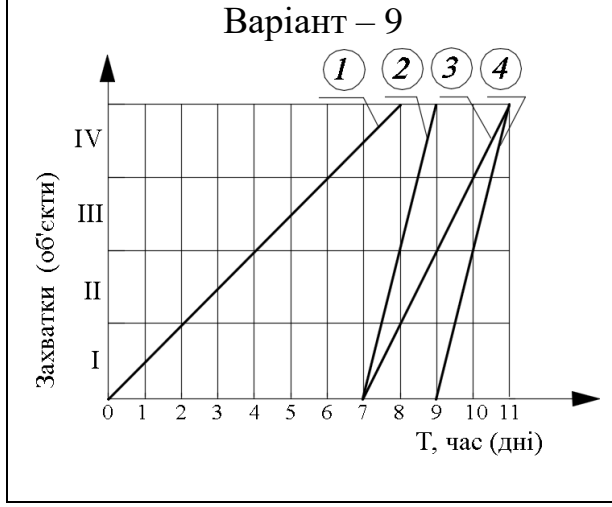
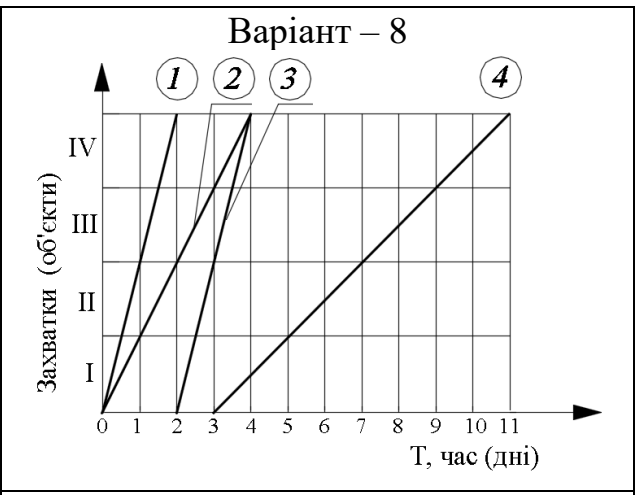
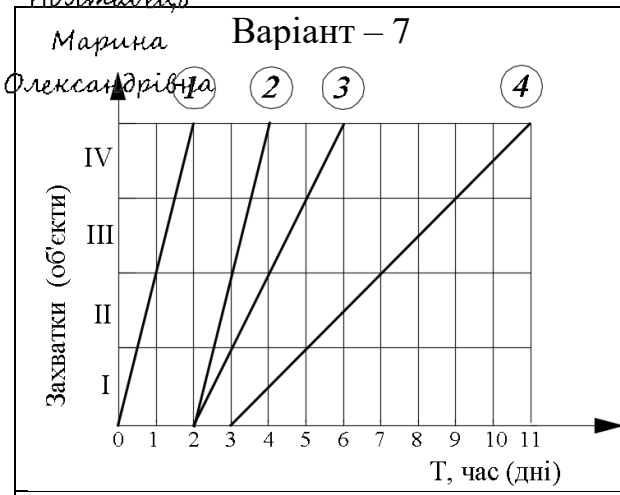
Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи, законспектувати тези .
2. За відповідним варіантом схеми індивідуального завдання (табл. 2.1) визначити часові, організаційні та просторові параметри будівельних потоків графічним способом.
3. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.
4. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
5. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

ПРОЕКТ
№20Лтавещь

Таблиця 2.1 – Індивідуальні завдання для виконання практичної роботи
Марина
Олександрівна





ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

Мета

3 ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ УВ'ЯЗКИ БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ

набуття вмінь та навичок з визначення основних закономірностей та технологічної ув'язки параметрів будівельних потоків, початок практичної реалізації процесу проектування спеціалізованих будівельних потоків.

При розділенні будівлі на захватки намагаються, щоб трудомісткість виконання окремих видів робіт на захватках були однакові. В цьому випадку вдається запроєктувати ритмічні потоки, які є найбільш простими та доцільними для використання.

Наявність деяких відмінностей і трудомісткості робіт на окремих захватках може бути компенсовано збільшенням інтенсивності роботи бригади на цих захватках. Однак збільшення інтенсивності роботи можливо лише в обмежених межах (приблизно до 20%). В цьому випадку коли захватки значно відрізняються між собою за трудомісткістю, тривалість роботи бригад на захватках буде різною, а потоки стають неритмічними.

3.1 Ритмічні потоки

Технологічна ув'язка роботи бригад в ритмічних потоках з рівними ритмами виконується шляхом включення кожної бригади потоку в роботу одразу ж після того, як вивільняється перша захватка. Оскільки бригади зайняті однаковий час на кожній захватці, то жодна захватка не простоє в очікуванні наступної бригади.

Використовуючи рисунок 3.1 встановим математичні залежності між параметрами ритмічних потоків.

Період розгортання потоку $t_{роз}$:

$$t_{роз} = (n - 1) \cdot k. \quad (3.1)$$

Період випуску готової продукції t_{zn} на об'єкті:

$$t_{zn} = t_{бр4} = m \cdot k_4. \quad (3.2)$$

Для ритмічних потоків з рівними кроками та ритмами роботи бригад, коли $f=k$ період випуску готової продукції t_{zn} на об'єкті дорівнюватиме:

$$t_{zn} = m \cdot k. \quad (3.3)$$

Період виробничого циклу $t_{ц}$:

$$t_{ц} = n \cdot k. \quad (3.4)$$

Використовуючи розглянуті поняття та позначення можна виразити загальну тривалість потоку $T_{заг}$ наступними формулами:

$$T_{заг} = t_{ц} + (m - 1) \cdot k \quad (3.5)$$

$$T_{заг} = t_{роз} + t_{zn} \quad (3.6)$$

$$T_{заг} = (n + m - 1) \cdot k \quad (3.7)$$

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

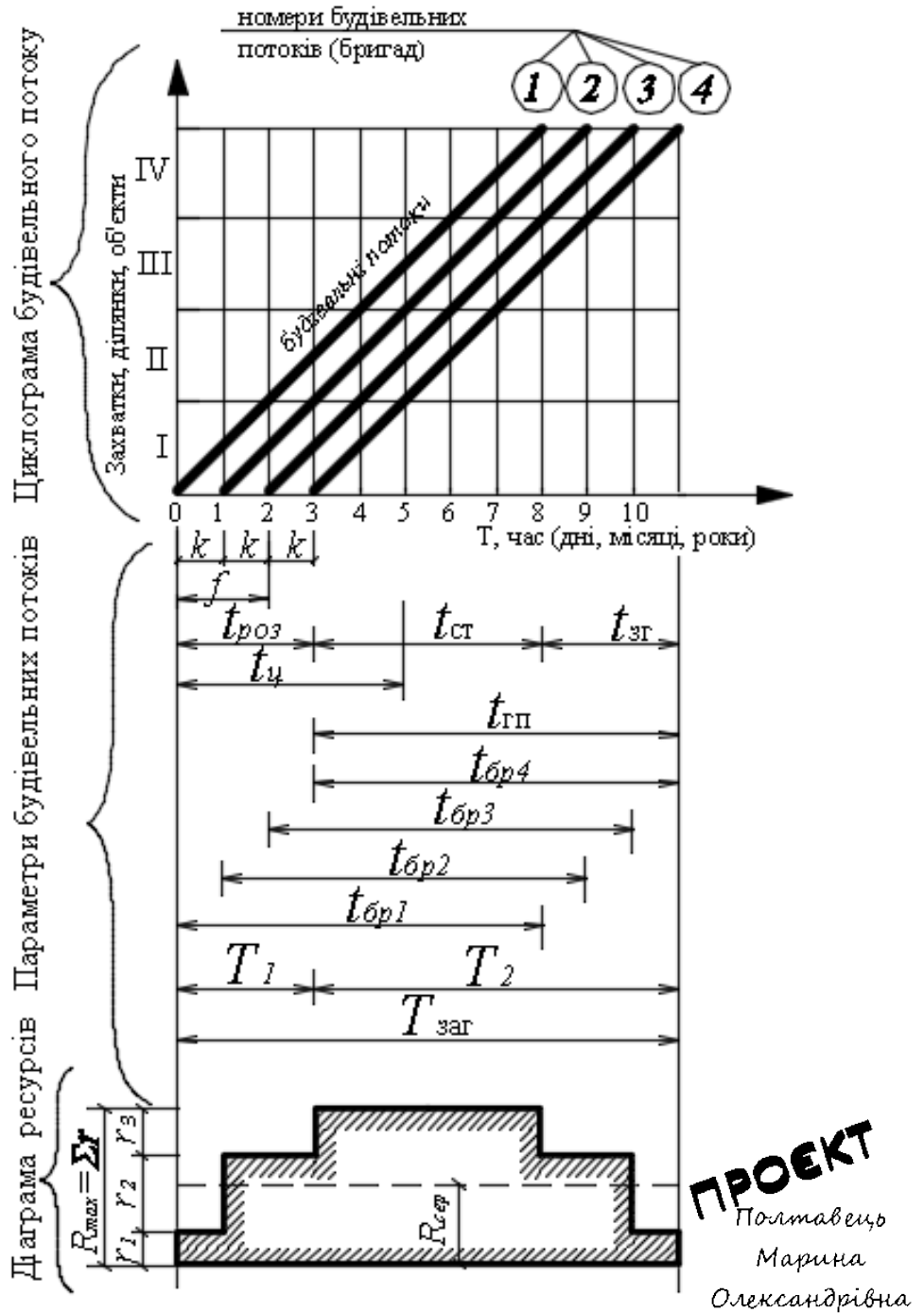


Рисунок 3.1 - Візуалізація основних параметрів поточного будівництва

Загальна тривалість робіт у кожному ритмічному потоці $t_{бр}$ однакова, тому загальну тривалість потоку ($T_{заг}$) можна виразити сумою двох частин (T_1) та (T_2):

$$T_{заг} = T_1 + T_2 \quad (3.8)$$

$$T_1 = (n - 1) \cdot k = k_{1-2} + k_{2-3} + k_{3-4} + \dots + k_{(n-1)-n} \quad (3.9)$$

$$T_2 = t_{брn} \quad (3.10)$$

В разі, коли будівельні процеси виконуються в дві або три зміни, то під позначкою «n» (кількість окремих процесів (спеціалізованих потоків), на які розбивається весь виробничий процес будівництва об'єкту) розуміють

ПРОЕКТ

кількості процесів, які виконуються в першу зміну. В цьому разі процеси другої та третьої змін не враховуються.

Ці формули є основними формулами будівельного потоку. Вони пов'язують між собою параметри потоків, які характеризують їх розвиток в просторі і в часі.

При визначенні тривалості будівельного потоку необхідно враховувати також можливі технологічні ($t_{\text{техн}}$) та організаційні ($t_{\text{орг}}$) перерви.

З врахуванням технологічних та організаційних перерв часу розгортання потоків ($t_{\text{роз}}$) можна визначити за формулою (3.11).

$$t_{\text{роз}} = (n - 1) \cdot k + \sum t_{\text{техн}} + \sum t_{\text{орг}} . \quad (3.11)$$

Загальна тривалість будівельного потоку ($T_{\text{заг}}$) буде визначатись так:

$$T_{\text{заг}} = (n + m - 1) \cdot k + \sum t_{\text{техн}} + \sum t_{\text{орг}} . \quad (3.12)$$

Знаючи період випуску готової продукції $t_{\text{гп}}$, а також обсяг робіт Q_6 можна розрахувати інтенсивність будівельного потоку I :

$$I = \frac{Q_6}{t_{\text{гп}}} . \quad (3.13)$$

Чим менші періоди розгортання ($t_{\text{роз}}$) та періоди згорання ($t_{\text{зг}}$) потоку, та чим довший період сталого стану потоку ($t_{\text{ст}}$), тим ефективніший будівельний потік. При проектуванні потоку намагаються забезпечити найбільшу тривалість сталого періоду.

Якщо перша бригада потоку закінчила свою роботу, а остання ще не почала працювати, то цей будівельний потік називається *несталий будівельний потік*. Це характерно для випадку, коли кількість захваток m менш ніж $(n+1)$. Якщо кількість захваток m дорівнює кількості потоків n , то будівельний потік також ніколи не доводиться до максимальної кількості працівників. Якщо кількість захваток m менше кількості потоків (бригад) n , то кількість працюючих завжди менше максимального рівня.

Для визначення стабільності будівельного потоку використовують *показник стабільності потоку* ($K_{\text{стаб}}$) (в літературі ще зустрічається як «рівномірність за часом»), який визначається відношенням тривалості сталого періоду потоку ($t_{\text{ст}}$) до загальної його тривалості ($T_{\text{заг}}$):

$$K_{\text{стаб}} = \frac{t_{\text{ст}}}{T_{\text{заг}}} . \quad (3.14)$$

Значення показника стабільності потоку ($K_{\text{стаб}}$) завжди менше одиниці ($K_{\text{стаб}} < 1$), а для несталих потоків (при $m \leq (n + 1)$) $K_{\text{стаб}} = 0$. Для сталих потоків $K_{\text{стаб}} > 0$ та його значення тим більше, чим більше значення m та менше n .

Для визначення *показника рівномірності будівельного потоку* ($K_{\text{рівн}}$) за кількістю робітників розраховують відношення максимальної кількості робітників (N_{max}) в день, які зайняті в потоці до середньої кількості робітників ($N_{\text{сеп}}$):

$$K_{\text{рівн}} = \frac{N_{\text{max}}}{N_{\text{сеп}}} , \quad (3.15)$$

де значення середньої кількості робітників ($N_{\text{сеп}}$) визначаємо відношенням загальної трудомісткості всіх робіт за час дії будівельного потоку ($Q_{\text{заг}}$) до загальної тривалості будівельного потоку ($T_{\text{заг}}$).

Марина
Олександрівна

$$N_{\text{сер}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{T_{\text{заг}}} . \quad (3.16)$$

Значення показника рівномірності будівельного потоку ($K_{\text{рівн}}$) завжди більше одиниці, але чим більше період сталого потоку (це досягається збільшенням кількості захваток) тим менше показник рівномірності, та навпаки. Для здійснення навчального процесу та для виконання практичних робіт з дисципліни «Організація будівництва» прийнято орієнтовне значення показника рівномірності будівельного потоку 1,5:

$$K_{\text{рівн}} \leq 1,5 . \quad (3.17)$$

3.2 Неритмічні потоки

Неритмічні потоки використовують при організації будівництва об'єктів, котрі неможливо поділити на захватки (або ланки), рівні за трудомісткістю. У цьому разі при незмінній кількості робочих змінюється тривалість робіт на захватках. Треба розраховувати часові параметри потоків, дотримуючись таких вимог: усі бригади повинні працювати безперервно; кожна наступна бригада починає працювати на захватці після закінчення роботи попередньою бригадою; простої підготовленого фронту робіт на захватках повинні бути мінімальними.

Вихідними даними для розрахунку є: кількість захваток та послідовність включення їх у потік; ритми роботи бригад на кожній захватці; технологічна послідовність виконання робіт.

При розрахунку визначають такі часові параметри:

- а) терміни початку $t_{\text{поч}}$ та закінчення $t_{\text{зак}}$ робіт на кожній захватці;
- б) загальний термін потокового виконання всіх робіт $T_{\text{заг}}$;
- в) значення простою підготовленого фронту робіт на кожній захватці

$t_{\text{орг}}$;

- г) показник щільності графіка робіт.

Розрахунок параметрів неритмічних будівельних потоків рекомендовано виконувати матричним методом. Матриця – це таблиця з пересічними строками та стовпцями, у клітинках міститься вихідна інформація та результати розрахунків. Матричні методи розрахунків будівельних потоків будуть використовуватись у наступних практичних роботах.

Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи, законспектувати тези.

2. За відповідним варіантом індивідуального завдання (табл. 3.1) побудувати циклограму рівноритмічних будівельних потоків.

3. Визначити параметри будівельних потоків, використовуючи аналітичні формули практичної роботи №3 та графічний спосіб.

- 4. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.

ПРОЕКТ

5. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.

6. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунків параметрів рівноритмічних потоків до практичної роботи №3

№ варіанту	Кількість потоків (бригад) n	Кількість захваток m	Крок потоку k (дні)	Ритм потоку (роботи бригади) f (дні)
1	4	5	3	4
2	4	5	2	2
3	4	4	2	3
4	4	4	1	2
5	4	3	3	3
6	4	3	1	4
7	3	5	3	2
8	4	5	1	3
9	2	3	4	4
10	4	4	3	3

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА УВ'ЯЗКА СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ
БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ

Мета – набуття практичних навичок проектування та розрахунку різноритмічних спеціалізованих будівельних потоків.

Технологічне ув'язування будівельних потоків здійснюють із метою максимального сполучення їх у часі й просторі. Це можна виконати *аналітичним методом, графічним* (див. практичні роботи №2 та №3), тобто безпосередньо на графіку або розрахунковим методом за допомогою *матриць*.

Розрахунок рівноритмічного потоку укладається у визначенні тривалості будівництва, а ув'язка роботи бригад виконується шляхом включення кожної наступної бригади в роботу відразу ж після того, як звільняється захватка. Жодна захватка «не простоє чекаючи». При розрахунку рівноритмічних потоків ритми всіх приватних потоків устанавлюються за провідним процесом.

У непровідних процесах тривалість часткового потоку варто прийняти рівною тривалості провідного - $t_{\text{пров}}$:

$$t_{\text{пров}} = \frac{T_{\text{маш}}}{M \cdot K_{\text{зм}}}, \quad (4.1)$$

де $T_{\text{маш}}$ – витрати машинного часу на виконання процесу, маш-зм; M – кількість машин (механізмів) в зміну; $K_{\text{зм}}$ – кількість робочих змін на добу.

Зустрічаються випадки, коли не можливо встановити рівні або кратні ритми для всіх часткових потоків, але є можливість для кожного потоку зберегти індивідуальний постійний ритм роботи бригади. В цьому випадку організуються *різноритмічні будівельні потоки*, тобто ритмічні потоки, але з неоднаковим та некратним ритмом по відношенню до суміжних потоків.

4.1 Графічний спосіб ув'язки будівельних потоків

Для виконання розрахунків задаємося різноритмічними будівельними потоками з тривалістю виконання робіт на захватках (див. табл. 4.1).

Порівнюємо ритми суміжних потоків. Якщо ритм наступного часткового потоку більше за ритм попереднього потоку та дійсна умова:

$$f_{\text{наст}} > f_{\text{попер}} \quad (4.2)$$

то такі потоки є *розбіжними будівельними потоками*. Ув'язку розбіжних будівельних потоків виконують за першою захваткою, тобто виконання другого будівельного потоку може розпочинатись одразу ж після того, як перший потік вийшов з першої захватки. У цьому випадку потік потоку k буде дорівнювати ритму попереднього часткового потоку

Полтавець
Марина
Олександрівна
Таблиця 4.1 – Вихідні дані для проектування різноритмічних будівельних потоків

№ п/п	Найменування процесу (роботи)	Професія виконавців робіт	Трудо-місткість робіт Q , чол.-дн	Кількість виконавців N , чол.	Тривалість робіт на захватках (ритм потоку - f), днів			
					I	II	III	IV
1	Механізована розробка ґрунту	Машиніст	8	2	1	1	3	1
2	Улаштування фундаментів	Монтажник	144	12	3	3	3	3
3	Спеціальні роботи	Слюсар-сантехнік	40	5	2	2	2	2
4	Зворотне засипання механізоване	Машиніст	48	3	4	4	4	4

У звороньому випадку, коли ритм наступного будівельного потоку менше попереднього та діє умова:

$$f_{\text{наст}} < f_{\text{попер}}, \quad (4.3)$$

- це збіжні будівельні потоки. Ув'язку збіжних будівельних потоків виконують за останньою захваткою, тобто виконання наступного потоку починається тільки після виходу попереднього потоку з останньої захватки. Далі розвиток графіку наступного потоку виконується за напрямком до першої захватки. Така схема ув'язки збіжних будівельних потоків забезпечить бригаді наступного потоку відсутність простоїв у організаційних очікуваннях звільнення фронту робіт.

Значення ритму для першого потоку (механізована розробка ґрунту) визначена тривалістю виконання роботи на захватці й дорівнює одному дню ($f_1=1$). Відповідно ритм 2-го часткового потоку (улаштування фундаментів) становить три дні ($f_2=3$), 3-го потоку (спеціальні роботи) - два дні ($f_3=2$), а ритм 4-го потоку - чотири дні ($f_4=4$). Порівнюючи ритми суміжних потоків установлюємо, що потоки 1 та 2, 3 та 4 - розбіжні, а 2 та 3 - збіжні.

Визначимо загальну тривалість будівництва $T_{\text{заг}}$ за побудованою циклограмою графіків (рис. 4.1-а). $T_{\text{заг}}$ дорівнюватиме часовому відрізку з точки початку роботи першого потоку (0;0) до точки закінчення роботи четвертого потоку (25;IV). Графічно визначаємо $T_{\text{заг}}=25$ днів.

На побудованій циклограмі графіків різноритмічних потоків позначаємо кроки потоків та тривалість останнього потоку:

$$k_{1-2}=1 \text{ день}; k_{2-3}=6 \text{ днів}; k_{3-4}=2 \text{ дні}; t_{\text{бр}4}=4 \cdot 4=16 \text{ днів.}$$

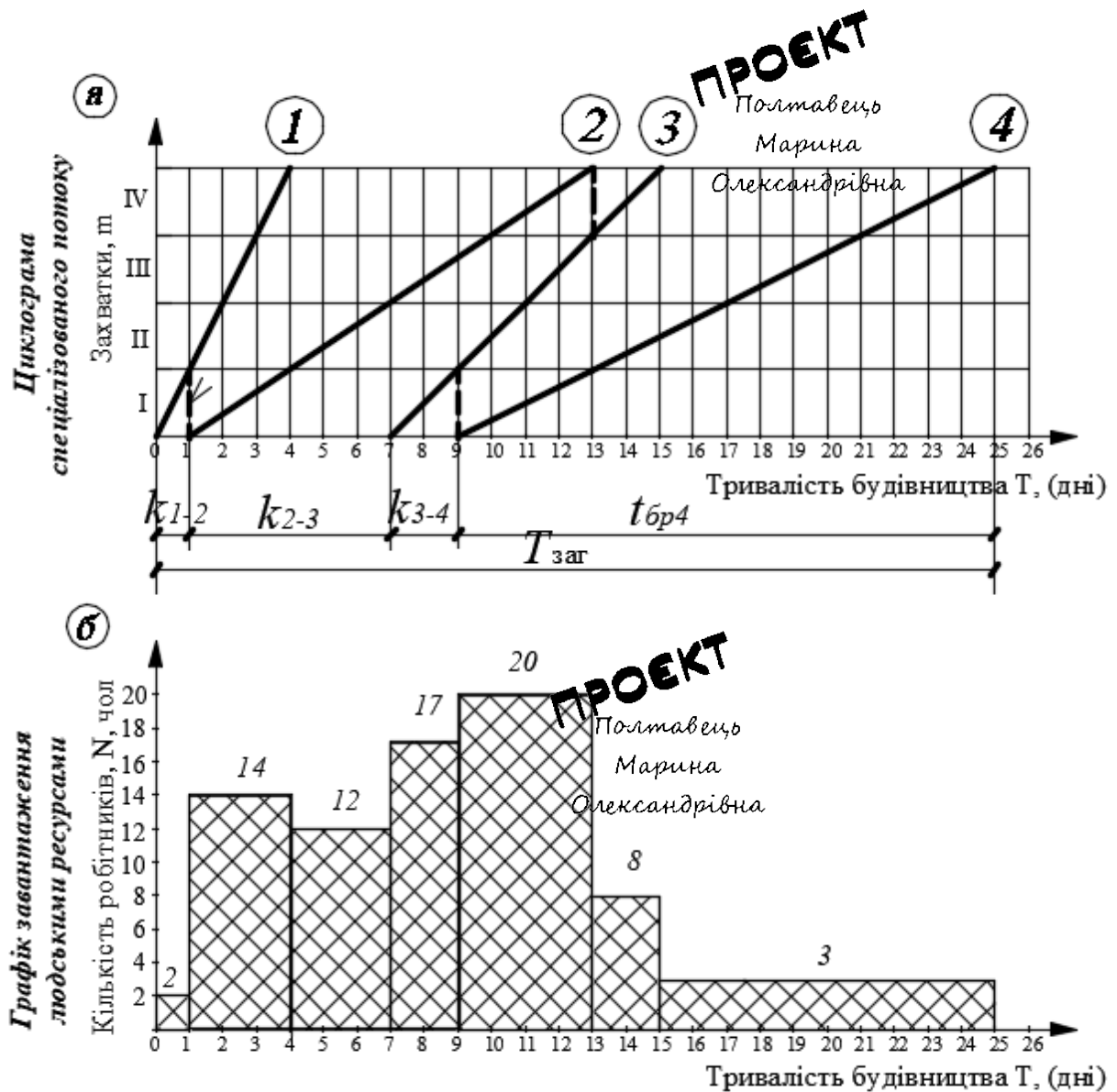


Рисунок 4.1 – Візуалізація графічної частини практичної роботи

4.2 Аналітичний спосіб ув'язки будівельних потоків

Визначимо загальну тривалість будівництва за формулою (3.8). Вона буде дорівнювати сумі часових інтервалів між початками суміжних процесів (сумі кроків) та тривалості останнього процесу.

Розрахунок зводиться до визначення інтервалів часу між суміжними потоками. Між розбіжними потоками величина кроку (часового інтервалу) приймається рівною ритму роботи бригади попереднього потоку:

$$k_{\text{розб}} = f_i, \quad (4.4)$$

де f_i – ритм попереднього потоку

Потоки №1 та №2 - розбіжні, тому:

$$k_{1-2} = f_1 = 1 \text{ день.}$$

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина

Олександрівна

Значення кроку між збіжними потоками визначаємо за формулою:

$$k_{збіж} = t_{бр.i} - (t_{бр.j} - f_j), \quad (4.5)$$

де $t_{бр.i}$ - тривалість виконання робіт бригадою попереднього потоку; $t_{бр.j}$ - тривалість виконання робіт бригадою наступного потоку; f_j - ритм наступного потоку.

Значення тривалостей робіт бригад $t_{бр}$ визначаємо за завданням (табл. 4.1): $t_{бр.2}=3 \cdot 4=12$ днів; $t_{бр.3}=2 \cdot 4=8$ днів; $t_{бр.4}=4 \cdot 4=16$ днів. Значення ритму роботи третьої бригади визначаємо за завданням: $f_3=2$ дні.

Визначаємо загальну тривалість будівництва:

$$T_{заг} = k_{1-2} + k_{2-3} + k_{3-4} + t_{бр.4} = 1 + 6 + 2 + (4 \cdot 4) = 25 \text{ днів.}$$

Визначимо показник рівномірності будівельного потоку за кількістю робітників ($K_{рівн}$), використовуючи формули (3.15) та (3.16).

Максимальну кількість робітників (N_{max}) в день, які зайняті в потоці визначаємо за побудованим графіком завантаження людськими ресурсами (рис. 4.1-б).

$$N_{max}=20 \text{ чол.}$$

Загальну трудомісткість всіх робіт всіх будівельних потоків ($Q_{заг}$) визначаємо за завданням (табл. 4.1), або розраховуємо за формулою (3.16):

$$Q_{заг}=8+144+40+48=240 \text{ чол-дн.}$$

$$N_{сер} = \frac{240}{25} = 9,6 \text{ чол.}$$

$$K_{рівн} = \frac{20}{9,6} = 2,083$$

Умова (3.17) не виконується, це означає, що будівельний потік нерівномірний.

4.3. Матричний спосіб ув'язки будівельних потоків

Згідно п.п. 3.2 використаємо у розрахунках різноритмічних потоків матричний метод.

Вихідні дані записуються в матрицю (рис. 4.3). У рядках матриці вказуються захватки (об'єкти), у стовпцях - процеси (потоки, бригади). У середині кожної клітинки проставляють тривалість виконання відповідного процесу на відповідній захватці. Розрахунок здійснюється по стовпцях, при цьому умовно приймається початок роботи першої бригади на першій захватці рівним нулю ($t_{роб.1.1}^{поч} = 0$).

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина
Олександрівна

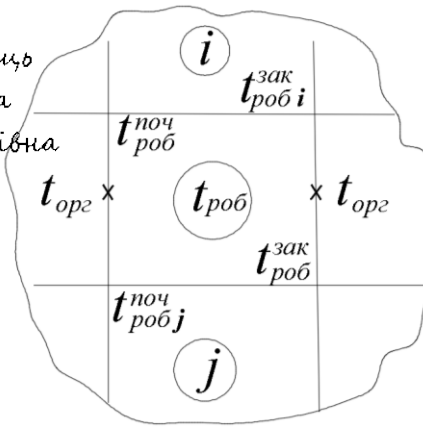


Рисунок 4.2 – Елемент розрахункової матриці з умовними позначеннями:

- $t_{роб}$ – тривалість поточної роботи на захватці;
- i, j – позначки попередньої та наступної захваток;
- $t_{роб}^{пач}$ – початок виконання поточної роботи на захватці;
- $t_{роб}^{зак}$ – закінчення виконання поточної роботи на захватці;
- $t_{орз}$ – значення організаційної перерви між потоками на захватці.

		Потоки, бригади, процеси , n			
		1	2	3	4
Захватки, m	0	1	7	9	
	I	1	3	2	4
		1	4	9	13
	II	1	3	2	4
	2	7	11	17	
III	1	3	2	4	
	3	10	13	21	
IV	1	3	2	4	
	4	13	15	25	
$\Sigma t_{роб}$	4	12	8	16	

Рисунок 4.3 – Використання матричного способу розрахунків проектування та ув'язки спеціалізованих будівельних потоків

Підсумовуючи час початку процесу на даній захватці з його тривалістю, визначають час його закінчення на даній захватці за формулою (4.6):

$$t_{\text{роб}}^{\text{зак}} = t_{\text{роб}}^{\text{поч}} + t_{\text{роб}} \quad (4.6)$$

Оскільки, при організації потоку необхідно забезпечити безперервність роботи окремих бригад по всіх захватках (об'єктах), то початок процесу на наступній захватці буде дорівнювати часу закінчення процесу на даній захватці, тобто:

$$t_{\text{роб}}^{\text{поч}} = t_{\text{роб } i}^{\text{зак}} \quad (4.7)$$

Процедура повторюється послідовно для всіх захваток до повного закінчення першого процесу. Подальший розрахунок виконується залежно від того чи суміжні потоки є розбіжними, чи збіжними.

За вищезазначеними правилами та умовами (4.2) та (4.3) виконуємо ув'язку спеціалізованих будівельних потоків.

Для розбіжних суміжних потоків, для яких ув'язування здійснюється за I-ю захваткою, початок роботи наступної бригади на I-й захватці дорівнює моменту часу закінчення роботи на I-й захватці попередньої бригади.

$$t_{\text{роб.бр } i}^{\text{поч}} = t_{\text{роб.бр } j}^{\text{зак}} \quad (4.8)$$

Для збіжних суміжних потоків ув'язування слід виконувати за останньою захваткою. Тобто початок роботи наступної бригади на IV-й захватці (та закінчення на III-й) дорівнює моменту часу закінчення роботи попередньої бригади на цій же захватці.

Послідовно віднімаючи тривалість виконання процесу на захватці знаходимо моменти часу початку процесу:

$$t_{\text{роб}}^{\text{поч}} = t_{\text{роб}}^{\text{зак}} - t_{\text{роб}} \quad (4.9)$$

На основі отриманих значень початків й закінчень робіт бригад розраховуються організаційні перерви між окремими процесами (бригадами) по кожній захватці (об'єкту) за формулою:

$$t_{\text{орг}} = t_{\text{роб.бр } j}^{\text{поч}} - t_{\text{роб.бр } i}^{\text{зак}} \quad (4.10)$$

Всі результати розрахунків заносяться у відповідні позиції розрахункової матриці (див. рис. 4.3).

Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи, законспектувати тези.

2. За відповідним варіантом індивідуального завдання (табл. 4.2) побудувати циклограму спеціалізованих будівельних потоків.

3. Визначити параметри будівельних потоків, використовуючи графічний, аналітичний та матричний способи.

4. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.

5. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.

6. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для виконання практичної роботи №4

№ по-то-ку	Найменування процесу (роботи)	Професія виконавців робіт	К-ть вик-ців N, чол.	Тривалість робіт на захватках (дн.) I, II, III, IV; ритм потоків (f) однаковий за індивідуальними варіантами									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Механізована розробка ґрунту	Машиніст	4	5	4	3	2	6	8	1	5	6	4
2	Улаштування фундаментів	Монтажник	10	3	2	5	3	4	2	6	7	10	7
3	Спеціальні роботи	Слюсар-сантехнік	6	7	6	6	6	7	3	8	3	4	5
4	Зворотне засипання механізоване	Машиніст	3	2	1	2	4	1	4	2	3	2	1

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТА УВ'ЯЗКА НЕРИТМІЧНИХ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКІВ МАТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Мета – здобути практичні навички проектування та розрахунку параметрів неритмічних спеціалізованих будівельних потоків матричним методом, визначення рівня суміщення будівельних процесів та графічна їх візуалізація.

5.1 Матричний розрахунок будівельних потоків

Неритмічні потоки організовують при зведенні будинків і споруд, які вирізняються за конструктивними чи об'ємно-планувальними рішеннями та по яких підібрати бригади постійного складу, з єдиним ритмом руху з захватки на захватку або з об'єкта на об'єкт не представляється можливим. При організації потоку звичайно змінюють не число робітників, а тривалість роботи на об'єкті залежно від трудомісткості робіт, тобто змінюють ритм роботи бригади.

Розрахунок тривалості будівництва при неритмічних потоках зводиться до знаходження такого сполучення робіт, при якому розриви в роботі суміжних бригад на захватках (об'єктах) будуть мінімальними. Одним з найбільш простих і в той же час такий, що дозволяє використовувати обчислювальну техніку й встановлювати раціональну черговість включення об'єктів у потік, є розрахунок, який виконується з використанням матриць. Він відрізняється від розрахунку ритмічних потоків в основному тим, що ув'язування потоків відбувається не тільки на крайніх захватках (об'єктах), а й на проміжних, що вимагає виконання додаткових розрахунків.

Задано наступними параметрами неритмічних спеціалізованих будівельних потоків (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для матричного розрахунку неритмічних будівельних потоків

№ потоку	Найменування процесу (роботи)	Тривалість робіт на захватках (дні) ритм потоків (f)				
		I	II	III	IV	V
1	Механізована розробка ґрунту	14	10	9	7	11
2	Улаштування фундаментів	6	4	7	9	11
3	Монтаж каркасу будівлі	10	9	16	11	15
4	Улаштування покрівлі	12	9	8	5	8
5	Улаштування внутрішнього оздоблення	10	14	10	9	14

За допомогою вихідних даних заповнюємо вихідну (допоміжну) матрицю.

ПРОЕКТ
Полтавець

Марина
Олександрівна

		Потоки, бригади, процеси, n				
		1	2	3	4	5
Захватки, m	I	0 14 14	0 6 6	0 10 10	0 12 12	0 10 10
	II	14 10 24	6 4 10	10 9 19	12 9 21	10 14 24
	III	24 9 33	10 7 17	19 16 35	21 8 29	24 10 34
	IV	33 7 40	17 9 26	35 11 46	29 5 34	34 9 43
	V	40 11 51	26 11 37	46 15 61	34 8 42	43 14 57
	$\Sigma t_{роб}$	51	37	61	42	57
$\max -t_{орг} $		25	6	27	12	

Рисунок 5.1 – Вихідна (допоміжна) матриця розрахунку неритмічних потоків

Розрахунок здійснюємо по стовпцях матриці, при цьому умовно приймаємо, що початок робіт у всіх бригад дорівнює нулю, тобто:

$$t_{роб.1.I}^{поч} = t_{роб.1.II}^{поч} = t_{роб.1.III}^{поч} = t_{роб.1.IV}^{поч} = t_{роб.1.V}^{поч} = 0.$$

Розрахунок часу початку й закінчення робіт здійснюється за формулами (4.6), (4.7). Таким чином розраховані тривалості робіт всіх бригад на всіх захватках, результати наведені у матриці (рис. 5.1).

На основі отриманих значень строків початку й закінчення роботи бригад на об'єктах розраховують початкові організаційні перерви між окремими процесами (бригадами) за формулою (4.10) та результати заносять в матрицю. Серед результатів організаційних перерв врахуємо тільки негативні значення, та виберемо серед них максимальне значення, взяте за модулем, тобто $\max |-t_{орг}|$, та записуємо результати у додатковий рядок матриці.

Починаємо формування наступної розрахункової матриці (рис. 5.2).

На підставі отриманих модульних значень організаційних перерв визначають терміни включення окремих бригад у загальний будівельний потік, які дорівнюють сумі організаційних перерв від початкового до розглянутого процесу. Виходячи із цього визначаємо:

Перша бригада повинна приступити до роботи на першому об'єкті (захватці) з першого дня, тому що в неї немає попередніх бригад, тобто:

$$t_{роб.1.I}^{поч} = 0.$$

ПРОЕКТ
Полтавець

Марина
Олександрівна

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

Друга бригада увійде у загальний будівельний потік на 25-й день:

$$t_{роб.2.I}^{поч} = \max|-t_{орг\ 1-2}| = 25\text{й день.}$$

Третя бригада увійде у загальний будівельний потік на 31-й день:

$$t_{роб.3.I}^{поч} = \max|-t_{орг\ 1-2}| + \max|-t_{орг\ 2-3}| = 25 + 6 = 31\text{й день.}$$

Четверта бригада увійде у загальний будівельний потік на 58-й день:

$$t_{роб.4.I}^{поч} = \max|-t_{орг\ 1-2}| + \max|-t_{орг\ 2-3}| + \max|-t_{орг\ 3-4}| = 25 + 6 + 27 = 58\text{й день.}$$

П'ята бригада увійде у загальний будівельний потік на 70-й день:

$$t_{роб.5.I}^{поч} = \max|-t_{орг\ 1-2}| + \max|-t_{орг\ 2-3}| + \max|-t_{орг\ 3-4}| + \max|-t_{орг\ 4-5}| = 25 + 6 + 27 + 12 = 70\text{й день.}$$

На підставі отриманих термінів включення бригад у потік робиться перерахунок матриці, що здійснюється аналогічно раніше розглянутому (рис. 5.2). Для подальших розрахунків доповнимо розрахункову матрицю додатковими рядками та стовпчиками $\sum t_{орг}$ та $\sum t_{роб}$.

		Потоки, бригади, процеси, n					$\Sigma t_{роб}$	$\Sigma t_{орг}$
		1	2	3	4	5		
Захватки, m	I	0 14 14	25 6 31	31 10 41	58 12 70	70 10 80	52	28
	II	14 10 24	31 4 35	41 9 50	70 9 79	80 14 94	46	34
	III	24 9 33	35 7 42	50 16 66	79 8 87	94 10 104	50	30
	IV	33 7 40	42 9 51	66 11 77	87 5 92	104 9 113	41	39
	V	40 11 51	51 11 62	77 15 92	92 8 100	113 14 127	59	28
$\Sigma t_{роб}$	51	37	61	42	57			
$\Sigma t_{орг}$		22	44	60	33			

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

Рисунок 5.2 – Кінцева матриця розрахунку неритмічного потоку

Тривалість функціонування потоку в загальному випадку може бути визначена також як і для різноритмічного потоку по формулам (3.8), (3.9), (3.10), за значення кроку потоку k приймаємо модульні значення організаційних перерв $\max|-t_{орг}|$ із вихідної розрахункової матриці (рис. 5.1) Отже, у наведеному прикладі визначена тривалість функціонування потоку:

$$T_{\text{заг}} = \max|-t_{\text{орг1-2}}| + \max|-t_{\text{орг2-3}}| + \max|-t_{\text{орг3-4}}| + \max|-t_{\text{орг4-5}}| + t_{\text{бр5}} = 25 + 6 + 27 + 12 + 57 = 127 \text{ днів}$$

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

5.2 Визначення рівня суміщення робіт будівельних потоків

Ступінь суміщення робіт або ступінь використання фронту робіт бригадами - оцінюється коефіцієнтом щільності потоку ($K_{\text{щп}}$), що визначається як відношення сумарної кількості чистої роботи, що виконується на всіх об'єктах (захватках), до тієї ж величини з урахуванням організаційних перерв. Чим вища показник щільності $K_{\text{щп}}$, тим вище ступінь суміщення робіт у потоці й використання фронту робіт (5.1).

$$K_{\text{щп}} = \frac{\sum t_{\text{бр } ij}}{\sum t_{\text{бр } ij} + \sum t_{\text{орг } ij}}, \quad (5.1)$$

де $\sum t_{\text{бр } ij}$ – сумарна кількість тривалостей роботи бригад; $\sum t_{\text{орг } ij}$ – сумарна кількість організаційних перерв.

Виконаємо перевіірочні розрахунки коефіцієнту щільності потоку двома способами (за орієнтацією потоків та захваток):

$$K_{\text{щп}} = \frac{51 + 37 + 61 + 42 + 57}{(51 + 37 + 61 + 42 + 57) + (22 + 44 + 60 + 33)} = \frac{248}{248 + 159} = 0,61$$

$$K_{\text{щп}} = \frac{52 + 46 + 50 + 41 + 59}{(52 + 46 + 50 + 41 + 59) + (28 + 34 + 30 + 39 + 28)} = \frac{248}{248 + 159} = 0,61$$

Співпадіння отриманих значень $K_{\text{щп}}$ свідчить про правильність розрахунків.

Виконуємо графічну побудову циклограми неритмічного будівельного потоку, який розглянутий у практичній роботі, дотримуючись технологічної послідовності виконання робіт.

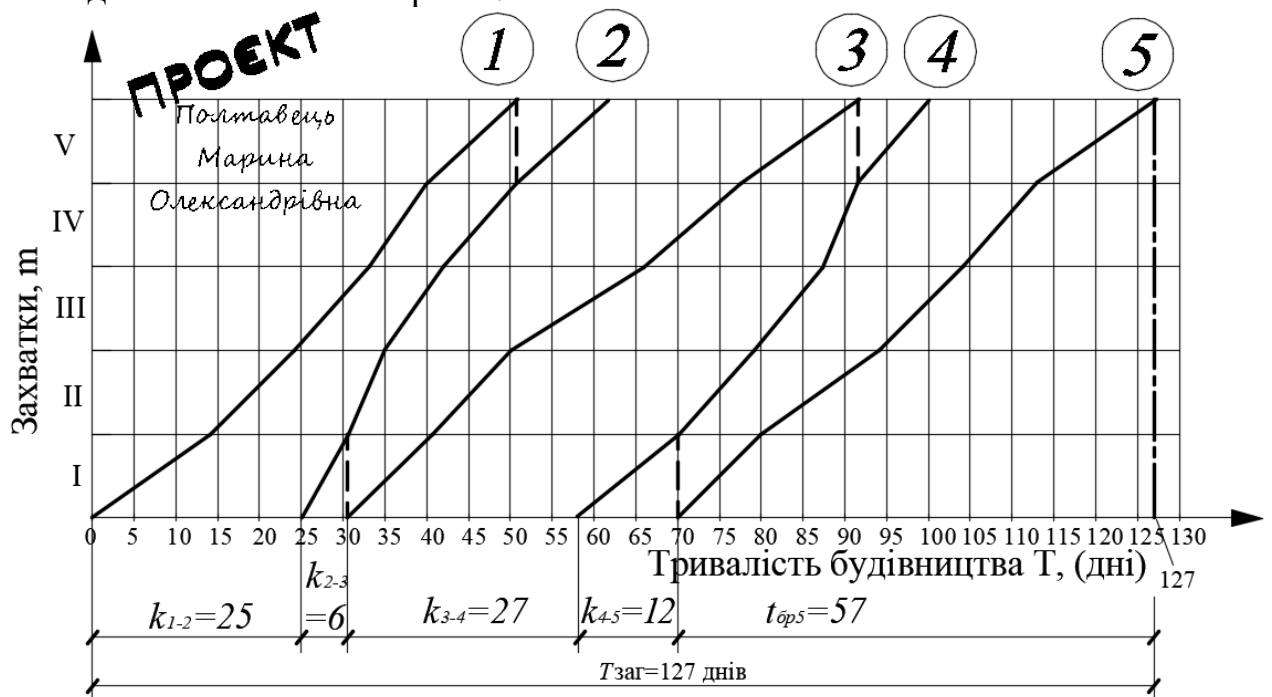


Рисунок 5.3 – Циклограма неритмічного будівельного потоку

Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи, законспектувати тези.
2. За відповідним варіантом індивідуального завдання (табл. 5.2) запроєктувати комплекс неритмічних будівельних потоків.
3. Виконати розрахунки параметрів потоків матричним методом.
4. Визначити рівень суміщення робіт будівельних потоків.
5. Побудувати циклограму неритмічних спеціалізованих будівельних потоків.
6. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.
7. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
8. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для виконання практичної роботи №5 та №6

	Ро- боти	Зах- ватки	Варіанти індивідуальних завдань									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тривалість робіт на захватках (дні) ; ритм потоків (f)	Механізована розробка грунту	I	12	10	9	11	6	15	8	7	9	8
		II	8	12	12	7	9	8	11	9	6	10
		III	7	14	11	9	10	11	7	6	11	7
		IV	5	8	8	10	8	5	5	14	7	4
		V	6	5	9	14	9	4	10	12	8	9
	Улаштування фундаментів	I	5	7	9	7	8	3	4	6	5	4
		II	3	6	8	6	5	10	11	14	12	8
		III	8	13	5	6	9	7	10	6	9	5
		IV	7	14	8	4	8	6	8	11	10	6
		V	4	10	11	10	7	8	5	3	12	8
	Монтаж каркасу будівлі	I	13	11	14	15	13	11	10	9	10	11
		II	8	14	12	16	10	13	13	11	12	14
		III	13	14	11	11	12	15	11	12	13	15
		IV	14	10	9	14	9	12	16	14	16	9
		V	15	12	8	13	14	16	9	7	8	10
	Улаштування покрівлі	I	10	6	5	7	8	7	6	3	4	5
		II	8	3	8	11	10	9	6	8	4	6
		III	3	6	5	3	9	8	4	7	6	4
		IV	5	4	7	4	7	4	7	5	3	8
		V	7	10	12	12	6	3	3	4	9	6
	Улаштування внутрішнього оздоблення	I	13	12	14	9	10	12	9	15	14	11
		II	16	11	13	11	9	13	12	11	13	12
		III	13	12	14	10	12	9	15	14	11	14
		IV	10	13	12	11	13	13	12	11	13	13
		V	13	11	10	8	14	9	14	10	15	11

Мета – усвідомити суть способів скорочення термінів будівництва без залучення додаткових витрат; використовувати практичні навички проектування та розрахунку параметрів неритмічних спеціалізованих будівельних потоків матричним методом, визначення рівня суміщення будівельних процесів, виконання графічної їх візуалізації; прийняття управлінських рішень за критеріями оптимальності.

6.1 Матричний розрахунок будівельних потоків

При роботі будівельних організацій у ринкових умовах важливе значення набувають терміни будівництва об'єктів. Особливо це важливо при будівництві великих промислових комплексів і при комплексній забудові житлових, кварталів і мікрорайонів. Скорочення термінів будівництва тут може бути досягнуте за рахунок раціональної черговості зведення об'єктів, що входять до складу комплексу. Повний перебір варіантів черговості включення об'єктів до процесу будівництва потребує більших трудовитрат і значних затрат машинного часу ЕОМ, бо кількість варіантів досягає величезних розмірів.

Тривалість функціонування неритмічних будівельних потоків залежить не тільки від трудомісткості виконання робіт і чисельності бригад, які їх здійснюють, але й від черговості включення в потік об'єктів (захваток).

Для зниження трудомісткості рішення задачі розроблено ряд алгоритмів розрахунку, за допомогою яких можна отримати раціональний або близький до раціонального варіант черговості зведення об'єктів без повного перебору варіантів. Простіший спосіб визначення раціональної черговості будівництва об'єктів комплексу заснований на розрахунку параметрів неритмічних потоків із застосуванням матричного методу.

Розпочнемо розрахунки за вихідними даними попередньої практичної роботи (табл. 5.1). Розраховану матрицю ув'язки неритмічних потоків (рис. 5.2) приймемо за початкову, яку в процесі роботи потрібно вдосконалити. У попередній роботі визначено: загальна тривалість функціонування потоку $T_{\text{заг}} = 127$ днів; коефіцієнт щільності потоку дорівнює $K_{\text{щп}} = 0,61$. Доповнюємо нашу розраховану матрицю додатковими стовпчиками: $\sum t_{\text{бр}}^{\text{попер}}$ – сумарна тривалість робіт бригад, які передують провідному процесу; $\sum t_{\text{бр}}^{\text{наст}}$ – сумарна тривалість робіт бригад, які розташовані після провідного процесу; Δt – різниця тривалостей першої та останньої робіт бригад по кожній захватці.

Спочатку за даними додаткового рядка $\sum t_{\text{роб}}$ визначається потік (процес), що має найбільшу тривалість. Цей процес буде провідним, визначальним. У тих випадках, коли є кілька процесів з однаковою максимальною тривалістю,

за провідний умовно приймається один з них. Якщо провідним є перший або останній процес, то $\sum t_{бр}^{попер}$ або $\sum t_{бр}^{наст}$ відповідно будуть рівні 0.

У нашому розрахунку провідним є третій процес, тривалість якого дорівнює 61 день.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

		Потоки, бригади, процеси, n					$\Sigma t_{роб}$	$\Sigma t_{орг}$	$\Sigma t_{бр}^{попер}$	$\Sigma t_{бр}^{наст}$	Δt
		1	2	3	4	5					
Захватки, m	I	0 14 14	25 6 31	31 10 41	58 12 70	70 10 80	52	28	20	22	4
	II	14 10 24	31 4 35	41 9 50	70 9 79	80 14 94	46	34	14	23	-4
	III	24 9 33	35 7 42	50 16 66	79 8 87	94 10 104	50	30	16	18	-1
	IV	33 7 40	42 9 51	66 11 77	87 5 92	104 9 113	41	39	16	14	-2
	V	40 11 51	51 11 62	77 15 92	92 8 100	113 13 14 127	59	28	22	22	-3
$\Sigma t_{роб}$		51	37	61	42	57					
$\Sigma t_{орг}$		22		44	60	33					

Рисунок 6.1 – Початкова розрахункова матриця визначення раціональної черговості

6.2 Вдосконалення черговості зведення об'єктів

Вдосконалення черговості зведення об'єктів будемо виконувати в за двома методами:

1 метод вдосконалення. Вдосконалення черговості виконується за значеннями $\sum t_{бр}^{попер}$ та $\sum t_{бр}^{наст}$. В перший рядок матриці розташовуємо об'єкт, в якому $\sum t_{бр}^{попер}$ має найменше значення. В останній рядок матриці розташовуємо об'єкт, в якому $\sum t_{бр}^{наст}$ має найменше значення. Середні рядки матриці заповнюємо таким чином, щоб значення $\sum t_{бр}^{попер}$ та $\sum t_{бр}^{наст}$ збільшувалося до середини.

Заповнену таким чином матрицю розраховують за методикою попередньої практичної роботи №5. Спочатку розраховується «нульова» вихідна матриця, в якій $t_{роб.1.I}^{поч} = t_{роб.1.II}^{поч} = t_{роб.1.III}^{поч} = t_{роб.1.IV}^{поч} = t_{роб.1.V}^{поч} = 0$. Потім визначаються модульні організаційні перерви $max | -t_{орг} |$, та терміни включення окремих бригад у загальний будівельний потік, які дорівнюють

сумі модульних організаційних перерв від початкового до розглянутого процесу. Виходячи із цього визначаємо:

Перша бригада повинна приступити до роботи з першого дня, тому що в неї немає попередніх бригад, тобто:

$$t_{\text{роб.1.ІІ}}^{\text{поч}} = 0.$$

Друга бригада увійде у загальний будівельний потік на 23-й день:

$$t_{\text{роб.2.ІІ}}^{\text{поч}} = \max|-t_{\text{орг 1-2}}| = 23\text{й день}.$$

Третя бригада увійде у загальний будівельний потік на 27-й день:

$$t_{\text{роб.3.ІІ}}^{\text{поч}} = \max|-t_{\text{орг 1-2}}| + \max|-t_{\text{орг 2-3}}| = 23 + 4 = 27\text{й день}.$$

Четверта бригада увійде у загальний будівельний потік на 52-й день:

$$t_{\text{роб.4.ІІ}}^{\text{поч}} = \max|-t_{\text{орг 1-2}}| + \max|-t_{\text{орг 2-3}}| + \max|-t_{\text{орг 3-4}}| = 23 + 4 + 25 = 52\text{й день}.$$

П'ята бригада увійде у загальний будівельний потік на 61-й день:

$$t_{\text{роб.5.ІІ}}^{\text{поч}} = \max|-t_{\text{орг 1-2}}| + \max|-t_{\text{орг 2-3}}| + \max|-t_{\text{орг 3-4}}| + \max|-t_{\text{орг 4-5}}| = 23 + 4 + 25 + 9 = 61\text{й день}.$$

Після чого виконується перерахунок матриці (рис. 6.2).

Виконаємо перевіірочні розрахунки коефіцієнту щільності потоку двома способами (за орієнтацією потоків та захваток):

$$K_{\text{щп}} = \frac{51 + 37 + 61 + 42 + 57}{(51 + 37 + 61 + 42 + 57) + (16 + 42 + 28 + 39)} = \frac{248}{248 + 125} = 0,65$$

$$K_{\text{щп}} = \frac{46 + 50 + 59 + 52 + 41}{(46 + 50 + 59 + 52 + 41) + (19 + 25 + 21 + 27 + 33)} = \frac{248}{248 + 125} = 0,65$$

Співпадіння отриманих значень $K_{\text{щп}}$ свідчить про правильність розрахунків.

Перший варіант вдосконалення раціональної черговості зведення об'єктів надав наступні значення загальної тривалості будівництва та показник щільності будівельних потоків:

$$T_{\text{заг}}(1\text{метод}) = 118\text{ днів};$$

$$K_{\text{щп}}(1\text{ метод})=0,65.$$

2 метод вдосконалення. Вдосконалення черговості виконується за значеннями Δt . У перший рядок матриці розташовуємо об'єкт, в якому Δt має найменше значення. Наступні рядки матриці формуються по мірі збільшення значень Δt .

Вдосконалимо первісну матрицю (рис. 6.1) за другим методом. Результат оптимізаційної перестановки черговості будівництва об'єктів наведений на рисунку 6.3.

Заповнену таким чином матрицю розраховують за методикою попередньої практичної роботи №5. Спочатку розраховується «нульова» вихідна матриця (рис. 6.6), в якій $t_{\text{роб.1.ІІ}}^{\text{поч}} = t_{\text{роб.2.ІІ}}^{\text{поч}} = t_{\text{роб.3.ІІ}}^{\text{поч}} = t_{\text{роб.4.ІІ}}^{\text{поч}} = t_{\text{роб.5.ІІ}}^{\text{поч}} = 0$. Потім визначаються модульні організаційні перерви $\max|-t_{\text{орг}}|$, та терміни включення окремих бригад у загальний будівельний потік, які

дорівнюють сумі модульних організаційних перерв від початкового до розглянутого процесу.

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина
Олександрівна

		Потоки, бригади, процеси , n				
		1	2	3	4	5
Захватки, m	0	0	0	0	0	0
	II	10 10	4 4	9 9	9 9	14 14
	III	10 9 19	4 7 11	9 16 25	9 8 17	14 10 24
	V	19 11 30	11 11 22	25 15 40	17 8 25	24 14 38
	I	30 14 44	22 6 28	40 10 50	25 12 37	38 10 48
	IV	44 7 51	28 9 37	50 11 61	37 5 42	48 9 57
	$\Sigma t_{роб}$	51	37	61	42	57
$\max -t_{орг} $		23	4	25	9	

Рисунок 6.2 - Кінцева матриця розрахунку першого методу вдосконалення раціональної черговості зведення об'єктів

Перша бригада повинна приступити до роботи з першого дня , тому що в неї немає попередніх бригад, тобто:

$$t_{роб.1.II}^{поч} = 0.$$

Друга бригада увійде у загальний будівельний потік на 20-й день:

$$t_{роб.2.II}^{поч} = \max | -t_{орг\ 1-2} | = 20\text{й день}.$$

Третя бригада увійде у загальний будівельний потік на 26-й день:

$$t_{роб.3.II}^{поч} = \max | -t_{орг\ 1-2} | + \max | -t_{орг\ 2-3} | = 20 + 6 = 26\text{й день}.$$

Четверта бригада увійде у загальний будівельний потік на 57-й день:

$$t_{роб.4.II}^{поч} = \max | -t_{орг\ 1-2} | + \max | -t_{орг\ 2-3} | + \max | -t_{орг\ 3-4} | = 20 + 6 + 31 = 57\text{й день}.$$

П'ята бригада увійде у загальний будівельний потік на 66-й день:

$$t_{роб.5.II}^{поч} = \max | -t_{орг\ 1-2} | + \max | -t_{орг\ 2-3} | + \max | -t_{орг\ 3-4} | + \max | -t_{орг\ 4-5} | = 20 + 6 + 31 + 9 = 66\text{й день}.$$

Після чого виконується перерахунок матриці (рис. 6.3).

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

		Потоки, бригади, процеси, n					Σ _{троб}	Σ _{торг}	
		1	2	3	4	5			
Захватки, n	II	10	4	9	9	14	46	34	
		10	24	35	66	80			
	V	11	3	11	15	8	14	59	28
		21	35	50	74	94			
	IV	7	7	9	11	5	9	41	39
		28	44	61	79	103			
	III	9	7	7	16	8	10	50	30
		37	51	77	87	113			
	I	14	6	10	10	12	10	52	28
		51	57	87	99	123			
Σ _{троб}		51	37	61	42	57			
Σ _{торг}		27	28	53	51		K _{щп} =0,61		

Рисунок 6.3 - Кінцева матриця розрахунку другого методу вдосконалення раціональної черговості зведення об'єктів

Виконаємо перевірочні розрахунки коефіцієнту щільності потоку двома способами (за орієнтацією потоків та захваток):

$$K_{щп} = \frac{51 + 37 + 61 + 42 + 57}{(51 + 37 + 61 + 42 + 57) + (27 + 28 + 53 + 51)} = \frac{248}{248 + 159} = 0,61$$

$$K_{щп} = \frac{46 + 59 + 41 + 50 + 52}{(46 + 59 + 41 + 50 + 52) + (34 + 28 + 39 + 30 + 28)} = \frac{248}{248 + 159} = 0,61$$

Співпадіння отриманих значень K_{щп} свідчить про правильність розрахунків.

Другий варіант вдосконалення раціональної черговості зведення об'єктів надав наступні значення загальної тривалості будівництва та показника щільності будівельних потоків:

$$T_{заг}(2 \text{ метод}) = 123 \text{ дні};$$

$$K_{щп}(2 \text{ метод}) = 0,61.$$

Виконаємо аналітичну процедуру прийняття оптимального управлінського рішення за отриманими критеріями оптимальності (табл. 6.1). В прийнятті управлінського рішення намагаємось зменшити тривалість будівництва та збільшити показник щільності потоку.

Таблиця 6.1 – Порівняння критеріїв оптимальності

	Критерії оптимальності	
	T _{заг} дні	K _{щп}
Первісний розподіл черговості	127	0,61
Перший метод вдосконалення	118	0,65
Другий метод вдосконалення	123	0,61

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Отже, за результатами виконання практичної роботи, приймаємо до подальшого проектування та реалізації перший метод вдосконалення раціональної черговості будівництва об'єктів. По обраному варіанту побудуємо циклограму (рис. 6.3).

Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи, законспектувати тези.
2. За виконаним варіантом практичної роботи №5 (табл. 5.2) застосувати методи вдосконалення раціональної черговості будівництва об'єктів.
3. Визначити параметри потоків будівельних потоків.
4. Прийняти управлінське рішення із оптимального застосування раціональної черговості будівництва об'єктів.
5. Побудувати циклограму будівництва об'єктів за обраним варіантом черговості.
6. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.
7. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
8. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

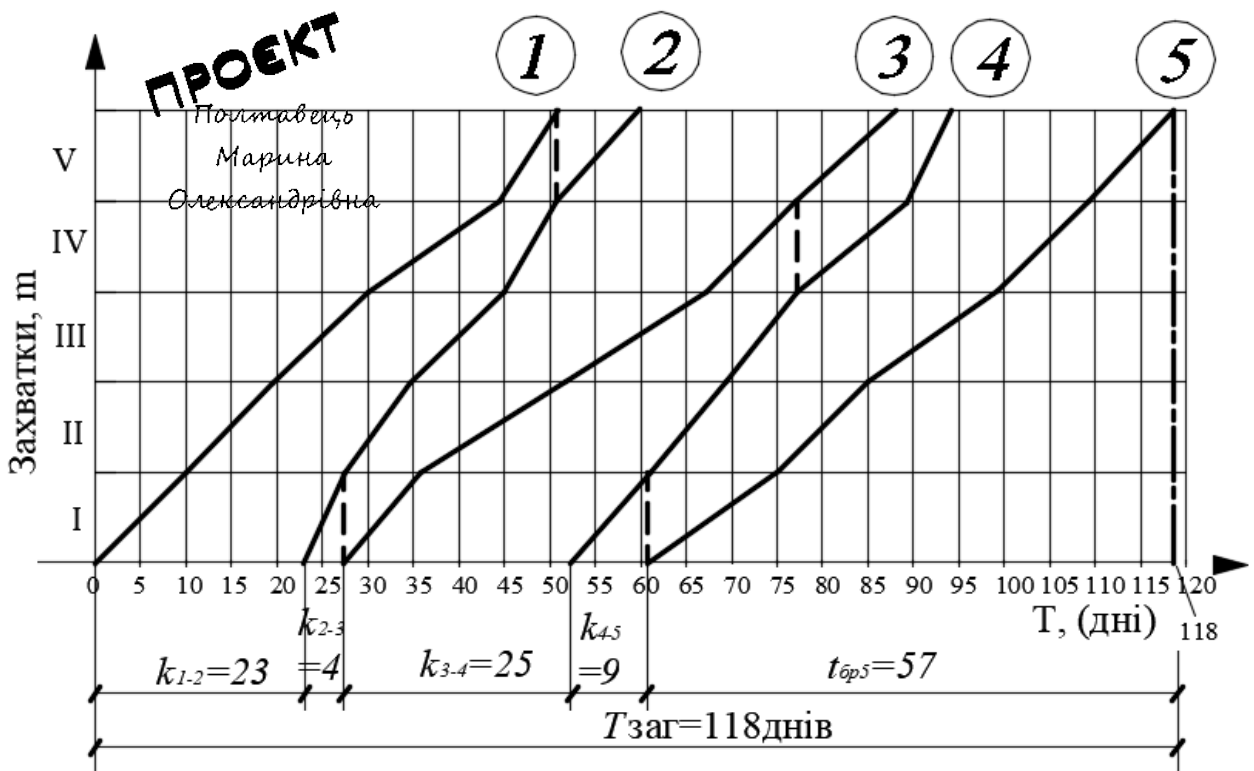


Рисунок 6.8 - Циклограма обраної черговості будівництва об'єктів

7 СІТЬОВЕ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

Мета – набуття теоретичних знань та методологічних уявлень про сутність, основні поняття, технологічні складові та методики створення сітєвих організаційно-технологічних моделей будівництва.

7.1 Основні положення сітєвого моделювання в будівництві

Моделювання будівельного виробництва - дослідження будівельних процесів шляхом побудови і вивчення їх моделей, що є спрощеним уявленням про деякий об'єкт, більш зручний для сприйняття, ніж сам об'єкт.

В організаційно-технологічних моделях будівництва об'єктів проводять взаємну ув'язку виконання окремих видів будівельних робіт, термінів і інтенсивність ведення робіт, а також раціональний порядок використання ресурсів.

Сітєва модель вільна від недоліків інших графічних моделей і дозволяє формалізувати розрахунки для передачі на ЕОМ. В основі сітєвого планування полягає теорія графів (розділ математики).

Сітєві моделі дозволяють краще всього відобразити порядок зведення складного об'єкта, здійснювати науково обґрунтовані методи будівництва, визначати й вирішувати багато проблемних ситуацій, що виникають у процесі виконання будівельних робіт.

Сітєві графіки дають змогу оптимально відобразити послідовність зведення складного об'єкта, забезпечити керівника і виконавців інформацією для схвалення рішень з організації й управління, встановити чіткий взаємозв'язок робіт при їх наочній технологічній послідовності, проаналізувати хід будівництва в просторі і часі, поєднувати в одній моделі увесь комплекс робіт, що виконуються усіма учасниками будівництва, використовувати ЕОМ для аналізу варіантів досягнення мети і для розрахунку часових параметрів сітки.

Сітєвий графік - це динамічна модель зведення одного чи декількох об'єктів, що відображає технологічну залежність і послідовність виконання комплексу будівельно-монтажних робіт, поєднуючи їх здійснення у часі і просторі з урахуванням затрат ресурсів і сумісності робіт із визначенням при цьому вузьких (критичних) місць. Таким чином, графічне зображення сітєвої моделі називають сітєвим графіком.

Сітєвий графік є документом, що дозволяє оперативно керувати будівництвом і перерозподіляти ресурси залежно від фактичного стану будівництва. Він має ще ряд переваг в порівнянні з іншими моделями. Проте вживання сітєвих графіків не означає, що тим самим виключається вживання лінійних графіків, циклограм і матриць.

Елементами сітєвого графіка є (рис. 7.1) :

1) *робота* - процес, що вимагає витрат часу і ресурсів (наприклад, риття котлованів, бетонування фундаментів, монтаж колон і т.д.);

2) *подія* - факт закінчення однієї або декількох робіт, необхідних і достатніх для початку однієї або декількох подальших робіт, що не вимагають витрат ні часу, ні ресурсів (наприклад, закінчення риття котлованів, бетонування фундаментів, влаштування даху і т.д.);

Розрізняють події: *вихідна подія*, відповідає початку робіт за проектом, якій не передують жодна робота; *завершальна подія* - відображає досягнення заданої мети здійснення проекту і не має подальших робіт; *проміжна подія* – позначає результат виконання однієї або декількох робіт і вказує на можливість початку наступних робіт.

3) *очікування* - технологічна і організаційна перерва між роботами, що вимагає тільки витрати часу (наприклад, твердіння бетону, сушіння штукатурки і т.д.);

4) *залежність* (або фіктивна робота) - елемент сітьового графіка, який вводиться для віддзеркалення правильного технологічного взаємозв'язку між роботами, не вимагають витрат ні часу, ні праці виконавців (як, наприклад, завершення копання траншеї на 1-й захватці і можливість початку укладання фундаментних блоків на цій же захватці).

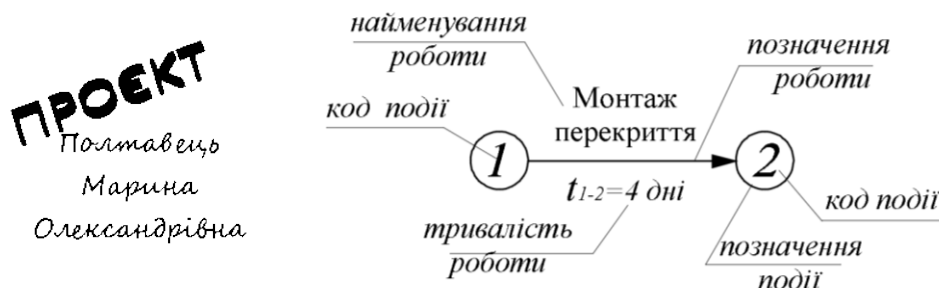


Рисунок 7.1 – Позначення на сітьовій організаційно-технологічній моделі

Для елементів сітьового графіка прийняті наступні позначення: роботу й очікування зображають суцільними лініями із стрілками, направленими по ходу технологічного процесу (зліва направо); подію - колом, а залежність - пунктирною лінією із стрілками.

Структура сітьового графіка, що визначає взаємозв'язки і взаємозалежність робіт і подій, називається *топологією* сітьового графіка. Процес побудови топології сітьового графіка включає в себе виконання наступних робіт:

1) встановлюється перелік (номенклатура) робіт, які повинні бути включені до складу сітьового графіка;

2) виявляються роботи, які повинні бути завершені до початку даної, щоб забезпечити умови виконання даної роботи;

3) виявляються роботи, які можливо та доцільно виконувати паралельно з даною роботою;

4) виявляються роботи, які можливо розпочати тільки після закінчення даної роботи.

Встановивши логічну послідовність виконання робіт, і використовуючи правила побудови топології можна побудувати будь-який сітьовий графік.

Рівень деталізації сітьової моделі залежить від складності об'єктів, які будуються, їхнього групування; від кількості ресурсів, які використовуються; обсягів робіт та від періоду будівництва.

Побудову сітьового графіку здійснюють за технологічною залежністю робіт та визначних обмеженнях провідних ресурсів (наприклад: монтажний кран, комплексні бригади і т.д.)

ПРОЕКТ

7.2 Основні правила та техніка побудови сітьових організаційно-технологічних моделей

Полтава
Марина
Олександрівна

1. Кожна робота сітьового графіка повинна мати свій код, утворений з номерів початкової і завершальної подій розглянутої роботи. Тобто, не можна допускати наявності в сітьовому графіку декількох робіт із загальним початковим і завершальним подіями. У тих випадках, коли є роботи, що виконуються паралельно, вводяться додаткові події і фіктивні роботи (залежності) (рис.7.2).

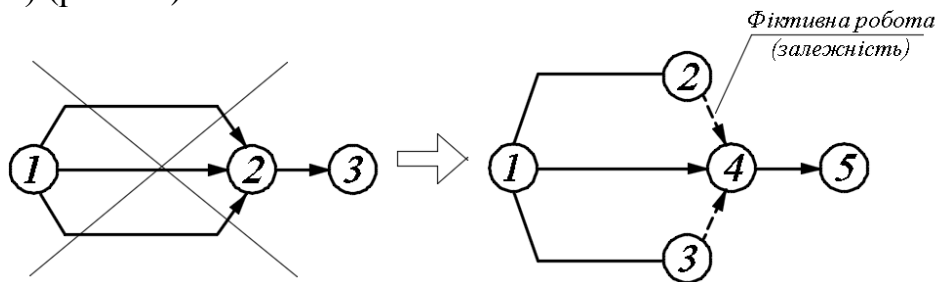


Рисунок 7.2 – Зображення паралельних робіт за допомогою фіктивних робіт (залежностей)

2. У сітьовому графіку не повинно бути:

- «хвостів» - події, в які не входить жодна робота, (за винятком початкового);
- «тупиків» (глухих кутів) - подій, з яких не виходить жодна робота, (за винятком завершальної (кінцевої));
- «циклів» – замкнених контурів) робіт, в яких роботи вертаються к тій події, з якої вони вийшли (рис. 7.3).

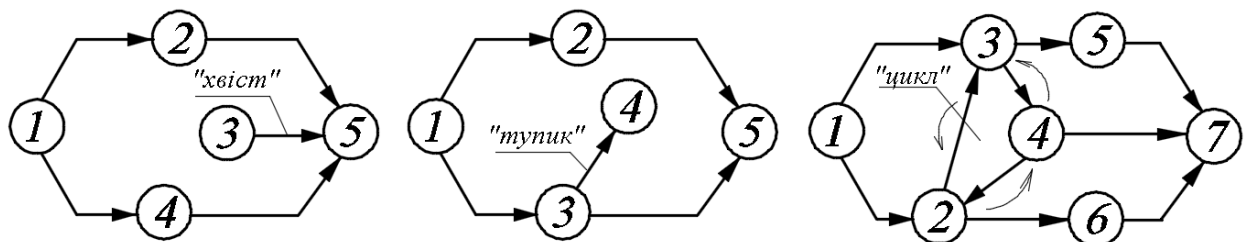


Рисунок 7.3 – Зображення помилкових ситуацій на сітьовій моделі

3. У сітьовому графіку номера подій не повинні повторюватись. Події нумерують таким чином, щоб номер за напрямом стрілки був більший. Нумерацію подій рекомендовано виконувати тільки після закінчення побудови сітьової моделі та вести від вихідної події (якій надається перший або нульовий номер). Наступну подію неможна нумерувати, якщо не пронумерована попередня.

Кодування можна виконувати горизонтальним або вертикальним методами. При горизонтальному методі події нумерують зліва направо за прямим напрямком до першого перехрестя робіт. При вертикальному методі нумерацію виконують зверху донизу та знизу доверху з урахуванням умови: наступна подія отримує номер після попередньої (рис. 7.4).

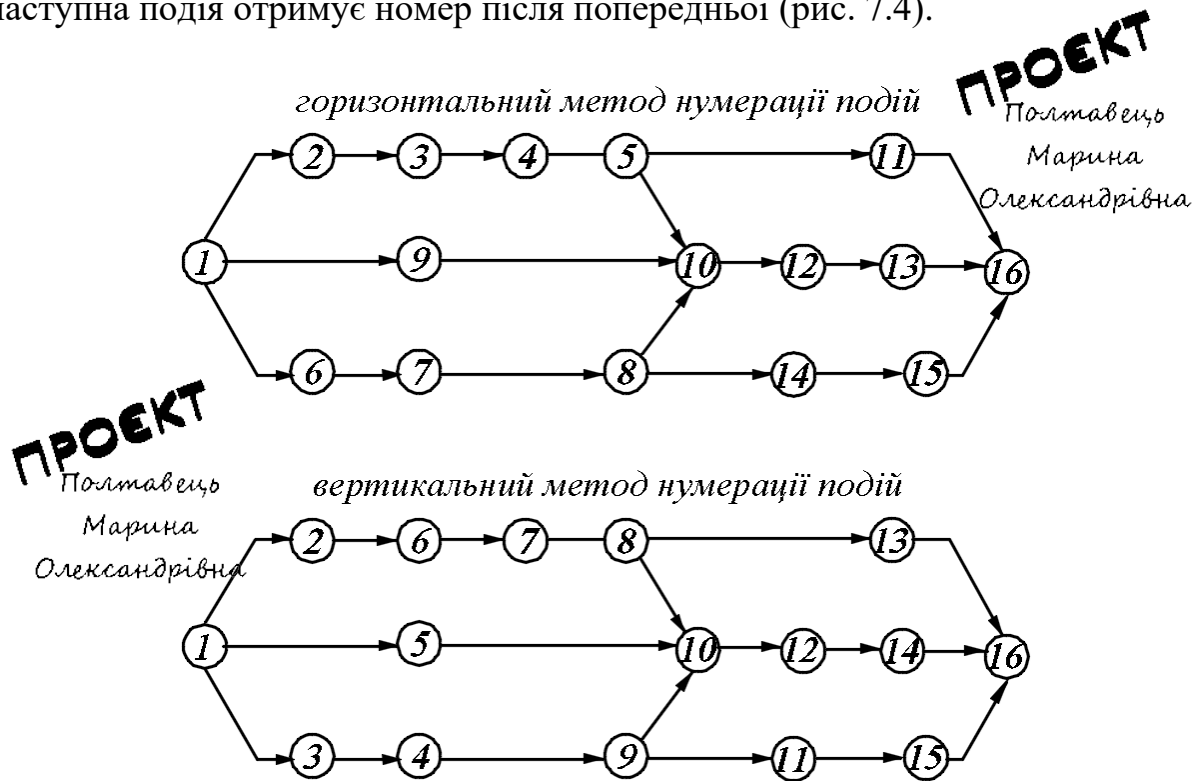


Рисунок 7.4 – Схеми нумерації подій на сітьовій моделі

4. Детальні сітьові моделі при необхідності можуть укрупнюватися, при цьому група робіт на детальній моделі замінюється однією укрупненою роботою. Укрупнювати в одну роботу слід лише ті роботи, які закріплені за одним виконавцем (бригадою, дільницею, організацією і т.п.). Тривалість введеної в модель укрупненої роботи дорівнює тривалості найбільш тривалого шляху (ланцюжка робіт) від початкової до кінцевої події групи робіт яка замінюється. Коди початкової і завершальної подій укрупненої роботи повинні бути такими ж, як і в детальному сітьовому графіку. При наявності вхідних та вихідних робіт в групі робіт, яка укрупнюється, необхідно зберегти події входу або виходу (рис. 7.5).

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина
Олександрівна

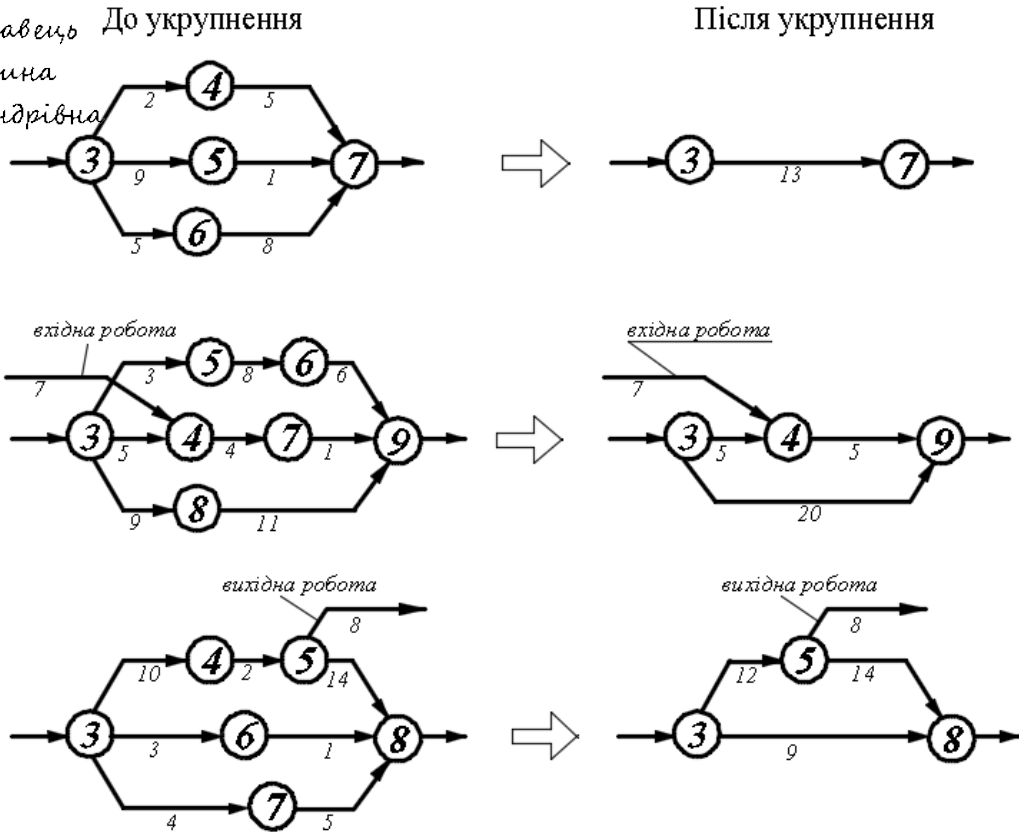
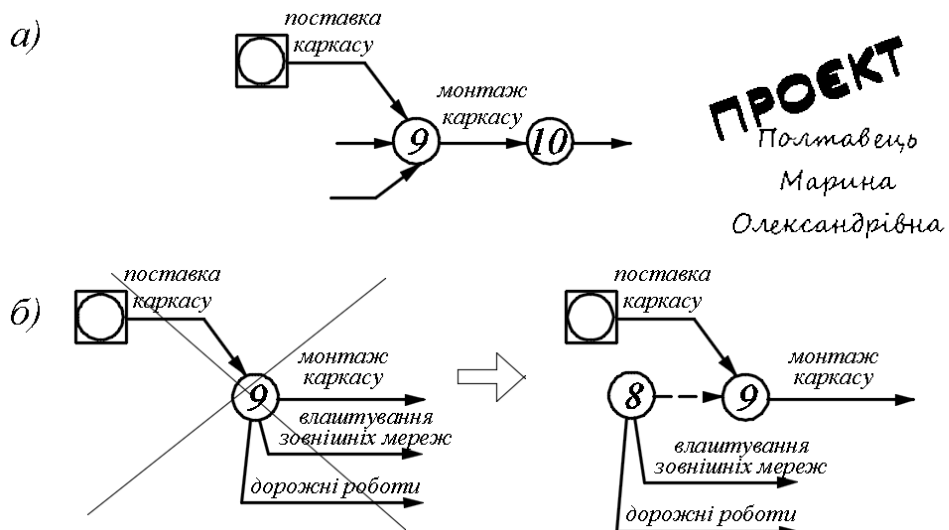


Рисунок 7.5 – Приклади укрупнення сітьових моделей

5. Зображення поставок та інших зовнішніх робіт. Роботи, які організаційно вирішуються на іншому рівні (наприклад, надходження технічної документації, завезення будівельних машин, поставка матеріалів або обладнання) називаються *зовнішніми роботами* і зазвичай графічно виділяються. Стрілка, яка зображує поставку, повинна входити в початкову подію тільки той роботи, для виконання якої ця поставка потрібна. Якщо окрім цієї роботи, із події виходять також інші роботи, то стрілку основної роботи розривають та вводять додаткову подію та залежність (рис. 7.6 а, б).



ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Рисунок 7.6 – Зображення зовнішніх робіт на сітьовій моделі

6. При зображенні потокових робіт особливу увагу потрібно приділяти правильній розбивці робіт на захватки та виявленню взаємозв'язків суміжних робіт.

На горизонтальному напрямі сітьової моделі можна розташувати або однорідні роботи по всім захваткам, або весь комплекс робіт на одній захватці.

В сітьовому графіку поточного будівництва не повинно бути «прострілів» між потоками, тобто невірних взаємозв'язків робіт нижніх потоків не тільки від одного попереднього, а й від всіх вищерозташованих (рис. 7.7).

Наприклад (рис. 7.7-а), розглядаємо роботу (8-9) «Монтаж стін на 2-й захватці». Ця робота залежить від закінчення трьох робіт:

- роботи (3-4) «Земляні роботи на 3-й захватці» через залежність (4-6), (6-8);
- роботи (5-6) «Монтаж фундаментів на 2-й захватці» через залежність (6-8);
- роботи (5-8) «Монтаж стін на 1-й захватці».

Наведений список залежностей невірний, бо насправді робота (8-9) має лише дві технологічні та організаційні залежності:

- технологічна залежність від закінчення робіт з монтажу фундаментів на цій же захватці (2-й), тобто від роботи (5-6);
- організаційна залежність з необхідністю завершити монтаж стін а попередній захватці, тобто від роботи (5-8), бо обидві ці роботи (5-8) та (8-9) виконуються однаковими ресурсами.

Вочевидь, зрозуміло, що монтаж стін на 2-й захватці на пов'язаний із виконанням земляних робіт на 3-й захватці, тобто відсутній логічний зв'язок між роботами (8-9) та (3-4). Отже ці зв'язки є помилковими та показувати їх не потрібно.

На рис. 7.7-б додатково введені залежності (5-6), (7-8), (9-10), що дозволило усунути помилкові зв'язки та правильно відобразити фактичні взаємозалежності при потоковій організації робіт.

Отже, для ліквідації помилкових зв'язків робіт у всіх проміжних потоках, окрім першого та останнього, вводяться додаткові події та залежності.

7. В ході побудови сітьової моделі послідовність та взаємозв'язок робіт можуть сформуватися за допомогою таких питань:

- 1) які роботи необхідно виконати та які умови забезпечити, щоб можна було почати дану роботу?;
- 2) які роботи можна та доцільно виконувати паралельно з даною роботою?;
- 3) які роботи можна розпочати тільки після повного закінчення даної роботи?.

Ці питання розкривають технологічний взаємозв'язок між окремими роботами та забезпечують логічну сутність сітьової моделі, її відповідність комплексу робіт, який ми моделюємо.

В процесі побудови сітьової моделі при упорядкуванні топології слід намагатися до зображенню робіт горизонтальними лініями та звести до мінімуму можливі перехрестя робіт один з одним.

Рекомендується також напрям стрілок графіку зображувати зліва направо, тобто завершальну подію роботи розміщувати правіше за початкову.

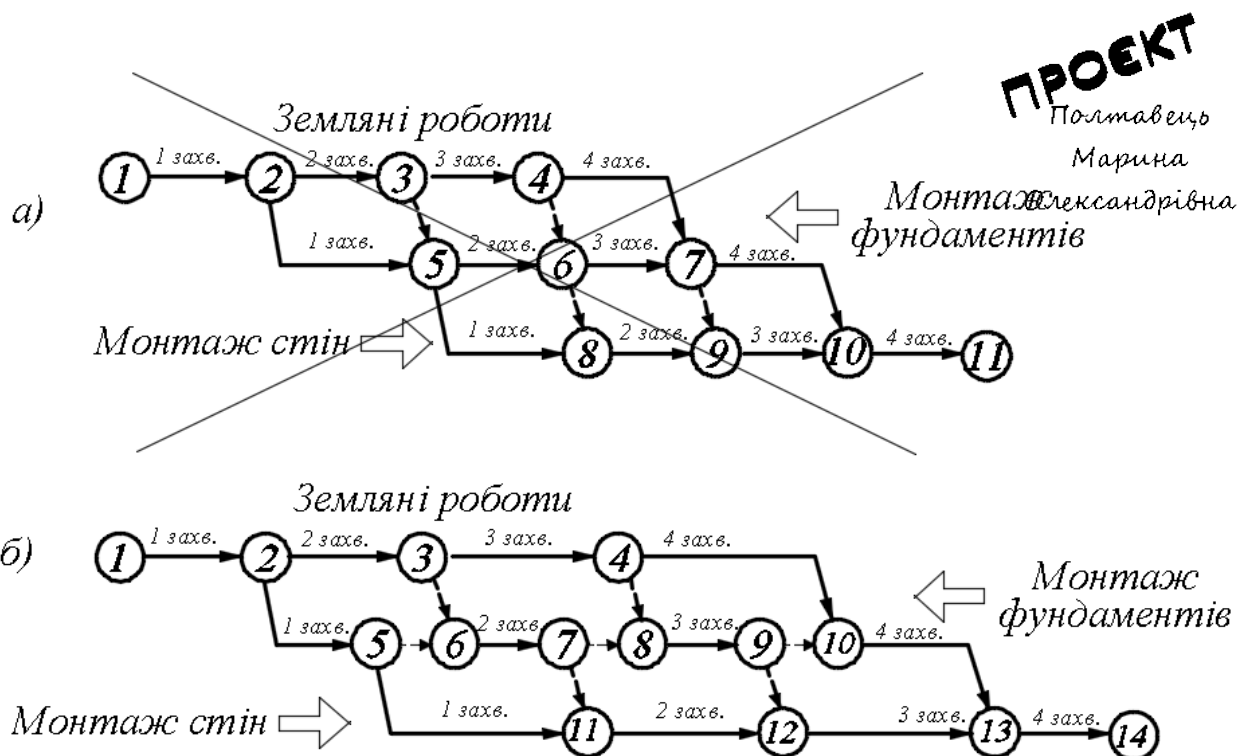


Рисунок 7.7 – Зображення поточкових робіт з горизонтальним розташуванням однорідних робіт (а-невірне; б-вірне)

7.3 Орієнтовні перелік та технологічна послідовність виконання основних видів робіт при зведенні об'єктів будівництва

Спорудження будівлі включає таку орієнтовну номенклатуру етапів будівництва та комплексів робіт:

а) будівництво підземної частини - нульовий цикл, до якого входять комплекси робіт:

- загальнобудівельні: розробка котловану, монтаж підземної частини будівлі;

- інженерні роботи

- санітарно-технічні - вводи у внутрішньоквартальні мережі опалення, водовідведення, зливостоків, холодного та гарячого водопостачання та газопостачання;

- електротехнічні - вводи у внутрішньоквартальні мережі електроживлення та телефонізації;

- тощо;

б) будівництво надземної частини:

- зведення несучих та огорожувальних конструкцій будівлі - зовнішніх та внутрішніх стін, перекриттів, покрівлі, перегородок, сходових маршів, віконних та дверних блоків, смітєпроводу, підготовки під підлогу;

- штукатурні та облицювальні роботи - штукатурка внутрішніх та

зовнішніх поверхонь, влаштування підлог та облицювання санітарних вузлів;

- влаштування чистих підлог - паркетних, дощатих, плиткових, мозаїчних тощо;
- малярні роботи - фарбування внутрішніх та зовнішніх поверхонь, наклеювання шпалер;
- санітарно-технічні роботи - центральне опалення, гаряче та холодне водопостачання, водовідведення, газопостачання, вентиляція;
- електромонтажні роботи, включаючи радіофікацію, телефонізацію, ТВ та Інтернет;

в) інші роботи - прибирання сміття, благоустрій території тощо.

Провідний процес при виконанні будівельних робіт встановлюється проектом, наприклад, при влаштуванні підземної частини будівлі провідним процесом є роботи з влаштування фундаментів. У складних інженерно-геологічних умовах провідним процесом можуть бути роботи з влаштування штучної основи тощо.

Монтаж збірних залізобетонних фундаментів проводять одночасно з ручним підчищенням котловану та влаштуванням піщаної основи.

При пальовому варіанті фундаментів після забивання паль виконуються роботи з влаштування монолітного або збірного залізобетонного ростверка.

Трубопроводи, що укладаються в підвалі, повинні бути виконані до влаштування підлог.

Монтаж перекриттів підвалу здійснюють після виконання робіт з влаштування перегоронок і підлоги.

Зовнішню гідроізоляцію стін підвалу виконують відразу після їх монтажу до засипання зовнішніх пазух фундаментів. Засипку зовнішніх пазух фундаментів слід проводити після повного закінчення монтажу плит перекриттів підвалу, включаючи зварювальні роботи.

Провідний процес будівництва надземної частини будівлі встановлюється проектом. Темп монтажу і, відповідно, тривалість будівництва надземної частини будівлі визначаються продуктивністю прийнятого монтажного механізму.

До початку спеціалізованих робіт повинні бути виконані наступні роботи:

- монтаж не менше двох поверхів будинку (або частин секцій);
- забезпечення в приміщеннях температури не нижче 5 ° С (для виконання електромонтажних робіт);
- влаштовані борозни, отвори, виконана штукатурка ніш під опалювальні прилади та електрошафи.

До початку опоряджувальних робіт повинні бути виконані наступні роботи:

- роботи з монтажу конструкцій;
- монтаж внутрішніх систем холодного і гарячого водопостачання, опалення, газопостачання, водовідведення.

Виконання штукатурних робіт у квартирах починають із санвузлів та кухонь. Облицювання стін плиткою, мозаїчні та плиткові підлоги виконуються в одному циклі з штукатурними роботами.

Після штукатурних робіт виконують цементну стяжку під підлоги.

При зведенні монолітно-каркасних будівель провідним процесом є бетонування конструкцій будівель.

Комплексний процес зведення монолітних залізобетонних конструкцій складається з таких наступних робочих процесів, як установка опалубки, армування та укладання бетону, догляд за бетоном та зняття опалубки.

Зведення будівель з монолітного залізобетону здійснюється за допомогою ковзної, об'ємно-переставної та крупнощитової опалубки.

Перекрыття будівель, що зводяться за допомогою ковзної опалубки, можуть влаштовуватись по ходу бетонування стін монолітними або збірно-монолітними, виконуватись з відставанням на 2-3 поверхи або після зведення надземної частини будівлі.

Метод бетонування в об'ємно-переставній (тунельній) опалубці застосовують при зведенні із монолітного залізобетону багатопверхових будівель значної протяжності з несучими поперечними стінами. При зведенні будівель у такий спосіб бетонування здійснюють поповерхово, кожний поверх поділяють на захватки, що розраховані на добовий цикл роботи.

Крупнощитову опалубку, зазвичай, використовують при бетонуванні будівель зі змішаними конструктивними рішеннями, наприклад, з цегляними зовнішніми та монолітними залізобетонними внутрішніми стінами.

Швидкість бетонування при будівництві монолітно-каркасних будівель визначає темпи будівництва всієї будівлі.

Для здійснення бетонування у визначеному темпі підбирають за продуктивністю основну будівельну машину. Далі підбирають решту комплекту машин: для бетонування та інших потоків.

При визначенні тривалості виконання бетонних робіт необхідно враховувати тривалість технологічних перерв на твердіння бетону.

Для прискорення виконання бетонних робіт застосовують заходи щодо пришвидшення твердіння бетону (добавки в цемент, бетон тощо), організують виконання робіт не менше ніж у 2 зміни тощо.

При будівництві сучасних торговельних центрів, інших громадських та промислових будівель використовують технології зведення будівлі з конструкцій, що швидко монтуються: металоконструкції, збірний залізобетон та змішаний каркас.

Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи, законспектувати тези.

2. Законспектувати основні тези за темою практичної роботи, використовуючи профільну навчально-методичну та наукову літературу.

3. За вихідними даними із таблиці 7.1 побудувати локальні сітьові модель за правилами побудови та дотримуючись технологічної послідовності виконання робіт.

4. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.

5. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.

6. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для виконання практичної роботи №7

Назва буд. потоку	№ робіт	Найменування робіт	Професія виконавців	Основний механізм	Тривалість роботи, дн
Земляні роботи	1	Розробка ґрунту в траншеях	машиніст	Екскаватор Е505	3
	2	Зрізання недобору ґрунту вручну	землекоп		5
	3	Кріплення стінок траншей	землекоп		4
	4	Улаштування приямоків	землекоп		1
	5	Улаштування водовідвідних каналів	землекоп		3
	6	Вивезення ґрунту	шофер	Вантажний автомобіль-самоскид	1
Улаштування фундаментів	1	Поставка збірних залізобетонних елементів	шофер	Спеціалізований вантажний автомобіль	1
	2	Улаштування пісочної підготовки	монтажник	Віброрейка СО-47	3
	3	Улаштування блоків стрічкових фундаментів	монтажник	Автокран К-102	6
	4	Улаштування горизонтальної гідроізоляції	ізолювальник		6
	5	Зворотне засипання ґрунту	машиніст	Бульдозер Cat834К	2
	6	Ущільнення ґрунту пневмотрамбовками	землекоп		4
Зведення надземної частини будівлі	1	Цегляна кладка стін та перегородок	муляр		21
	2	Улаштування перемичок	монтажник	Кран баштовий КБ-309	8
	3	Улаштування покрівлі	покрівельник	Мачтовий підймальник С-867	7
	4	Монтаж плит покриття та перекриття	монтажник	Кран баштовий КБ-309	5
	5	Установка металевого риштування	муляр		10
	6	Заповнення отворів вікон та дверей	тесляр		5

Продовження таблиці 7.1					
	7	Поставка склопакетів та конструкцій дверей	шофер	Спеціалізований вантажний автомобіль	1
	8	Поставка збірних залізобетонних елементів	шофер	Спеціалізований вантажний автомобіль	1
Оздоблювальні роботи	1	Фарбування стін	маляр	Фарбопульт СО-61	24
	2	Улаштування стель	стелероб		18
	3	Фарбування відкосів та дверних елементів	маляр		17
	4	Улаштування підлог із керамічної кахельної плитки	кахельник		12
	5	Улаштування підлог із паркету, ламінату	муляр		10
	6	Штукатурні роботи	штукатур	Затиральна машина	16
	7	Оклеювання стін шпалерами	маляр-шпалерник		11

Мета - усвідомлення логіко-структурного комплексу характеристик та набуття практичних навичок у визначенні розрахункових параметрів організаційно-технологічних моделей будівництва.

8.1 Теоретичний огляд розрахункових параметрів організаційно-технологічних моделей

Кожна робота сітьової моделі має часову оцінку – *тривалість* (t). Тривалість роботи може бути визначена кількісно в одиницях часу (години, дні, тижні, місяці і т.д.).

Шлях (L) на сітьовій моделі – це будь-яка безперервна послідовність робіт. Шлях від початкової до завершальної роботи (події) є повним шляхом сітьового графіка. Тривалість будь-якого шляху дорівнює сумі тривалості його робіт. Якщо відома тривалість виконання кожної роботи, то може бути визначена тривалість шляху.

Повний безперервний шлях від першої події сітьового графіку до останньої, що має найбільшу тривалість зі всіх можливих повних шляхів, називається *критичним шляхом* ($L_{кр}$).

Тривалість критичного шляху ($T_{кр}$) визначає загальну тривалість будівництва. Критичний шлях має важливе значення в умовах функціонування сітьового планування і управління, в яких використовують сітьові моделі класу ПДЧ (простіша детермінована часова), тому що він визначає загальну тривалість будівництва.

Якщо критичний час не відповідає заданому $T_{зад}$ чи нормативному $T_{норм}$, скорочення термінів будівництва необхідно починати із скорочення тривалості *критичних робіт*, тобто робіт, що знаходяться на критичному шляху. Для наочного зображення на графіку критичні роботи позначають жирними або подвійними стрілками

Одним з головних завдань керівників будівництва є ретельний контроль за дотриманням встановлених тривалостей виконання саме критичних робіт, пошук шляхів їх скорочення і вживання оперативних заходів щодо запобігання їх зриву будівельного процесу.

Критичний час у сітці не залежить від початкового моменту, заданого чи нормативного терміну будівництва. Сітьовий графік може мати декілька критичних шляхів (однакової тривалості).

Часові параметри сітьових моделей визначаються за двома напрямками: за роботами та за подіями (рис. 8.1).

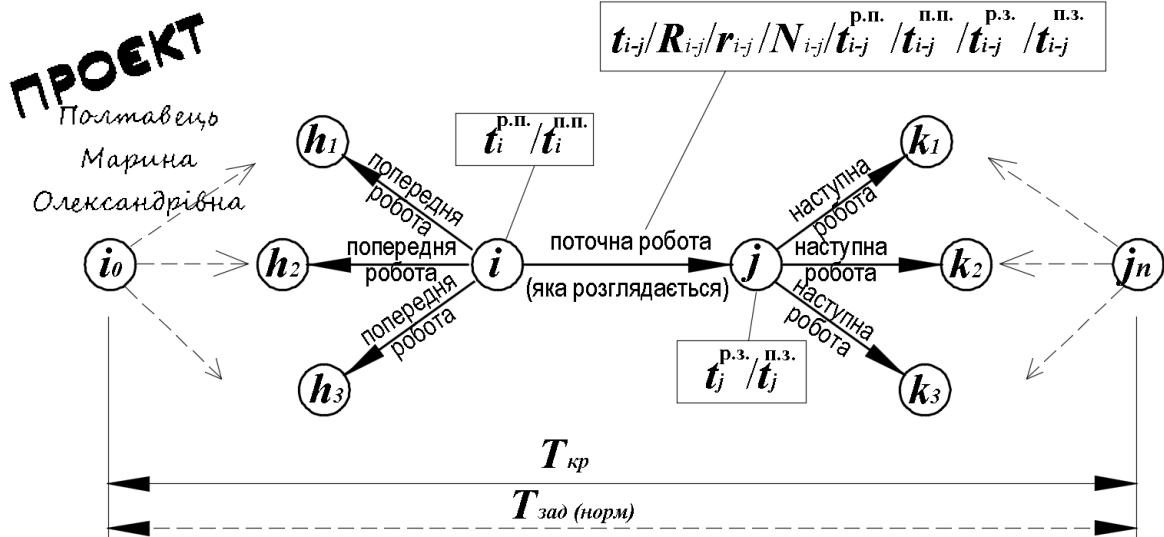


Рисунок 8.1 – Часові параметри сіткових моделей в будівництві

Роз'яснимо основні позначення розрахункових параметрів сітвого графіку (див. рис. 8.1):

- i – код початкової події роботи;
- j – код кінцевої події роботи;
- $(i - j)$ – код поточної роботи (яка розглядається);
- $(h_{(1,2,3...)} - i)$ – коди попередніх робіт;
- $(j - k_{(1,2,3...)})$ – коди наступних робіт;
- i_0 – код початкової події сітвової моделі;
- j_n – код завершальної події сітвової моделі;
- L – шлях у сітвовій моделі;
- $L_{кр}$ – критичний шлях у сітвовій моделі;
- $T_{кр}$ – тривалість критичного шляху у сітвовій моделі;
- $T_{зад}$ – задана (нормативна) тривалість виконання проекту;
- t_{i-j} – тривалість роботи $(i-j)$;
- N_{i-j} – кількість виконавців роботи $(i-j)$;
- R_{i-j} – загальний (повний) резерв часу роботи $(i-j)$;
- r_{i-j} – частковий (вільний) резерв часу роботи $(i-j)$;
- $t_i^{p.}$ – ранній термін здійснення події i ;
- $t_i^{n.}$ – пізній термін здійснення події i ;
- $t_j^{p.3.}$ – ранній термін здійснення події j ;
- $t_j^{n.3.}$ – пізній термін здійснення події j ;
- $t_{i-j}^{p.п.}$ – ранній термін початку роботи $(i-j)$;
- $t_{i-j}^{n.п.}$ – пізній термін початку роботи $(i-j)$;
- $t_{i-j}^{p.3.}$ – ранній термін завершення роботи $(i-j)$;
- $t_{i-j}^{n.3.}$ – пізній термін завершення роботи $(i-j)$.

8.2 Практичні методики визначення розрахункових параметрів організаційно-технологічних моделей

Визначимо розрахункові часові параметри робіт сітьової моделі.

Ранній початок роботи $t_{i-j}^{p.n.}$ – найбільш ранній момент початку роботи із всіх можливих – визначають тривалістю найбільшого шляху від вихідної події всієї сіті до початкової події цієї роботи. Ранній початок будь-якої роботи дорівнює максимальному ранньому закінченню попередніх робіт.

$$t_{i-j}^{p.n.} = \max t_{h-i}^{p.з.} \quad (8.1)$$

Ранній початок всіх вихідних робіт $t_{0-h}^{p.n.}$ сітьового графіка рівний нулю (якщо початковий момент часу виконання не заданий).

$$t_{0-h}^{p.n.} = T_0 = 0, \quad (8.2)$$

де T_0 – початковий момент часу, з якого починається виконання сітьової моделі.

Раннє закінчення роботи $t_{i-j}^{p.з.}$ - найбільш ранній момент закінчення даної роботи (тобто робота була розпочата в найбільш ранній з можливих термінів). Він дорівнює сумі раннього початку роботи і тривалості цієї роботи.

$$t_{i-j}^{p.з.} = t_{i-j}^{p.n.} + t_{i-j} \quad (8.3)$$

Для вихідних робіт ранній термін закінчення робіт $t_{0-h}^{p.з.}$ визначається сумою заданого моменту початку виконання робіт та тривалістю самих початкових робіт:

$$t_{0-h}^{p.з.} = T_0 + t_{0-h}. \quad (8.4)$$

де t_{0-h} - тривалість початкової роботи.

Якщо початковий момент часу не заданий, то для вихідних робіт ранній термін закінчення робіт $t_{0-h}^{p.з.}$ дорівнює тривалості самих початкових робіт:

$$t_{0-h}^{p.з.} = t_{0-h} \quad (8.5)$$

Пізнє закінчення роботи $t_{i-j}^{n.з.}$ – найбільш пізній момент закінчення роботи (із допустимих), при якому тривалість критичного шляху не зміниться, тобто при якому ще можливо виконання всіх наступних робіт з дотриманням заданого терміну завершальної події. Пізнє закінчення будь-якої роботи дорівнює мінімальному пізньому початку подальших робіт.

$$t_{i-j}^{n.з.} = \min t_{j-k}^{n.n.}, \quad (8.6)$$

де $t_{j-k}^{n.n.}$ – пізній початок подальшої роботи.

Пізнє закінчення завершальних робіт $t_{k-n}^{n.з.}$ дорівнює тривалості критичного шляху $T_{кр}$ (8.7):

$$t_{k-n}^{n.з.} = T_{кр} \quad (8.7)$$

Пізній початок роботи $t_{i-j}^{n.n.}$ - найбільш пізній момент початку роботи (із допустимих), при якому тривалість критичного шляху не зміниться. Він рівний різниці між пізнім закінченням даної роботи і її тривалістю.

$$t_{i-j}^{n.n.} = t_{i-j}^{n.з.} - t_{i-j} \quad (8.8)$$

У практичних роботах будемо використовувати визначення пізнього початку роботи через пізнє закінчення. Розрахунки ведуть від завершальних робіт.

Для завершальних робіт пізній початок роботи $t_{k-n}^{п.п.}$ дорівнює різниці між тривалістю критичного шляху $T_{кр}$ та тривалістю даної роботи:

$$t_{k-n}^{п.п.} = T_{кр} - t_{k-n} \quad (8.9)$$

де t_{k-n} – тривалість завершальної роботи.

Тривалість *критичного шляху* $T_{кр}$ сітьової моделі визначається за найбільшим значенням з ранніх термінів закінчення завершальних робіт $t_{k-n}^{п.з.}$ або ранньому настанню завершальної події t_n^p сітьового графіка:

$$T_{кр} = \max t_{k-n}^{п.з.} = t_n^p \quad (8.10)$$

У робіт критичного шляху ранні й пізні терміни початку і закінчення рівні між собою, тому критичні роботи не мають резервів часу. Роботи, що не лежать на критичному шляху, мають резерви часу (рис.8.2-а,-б).

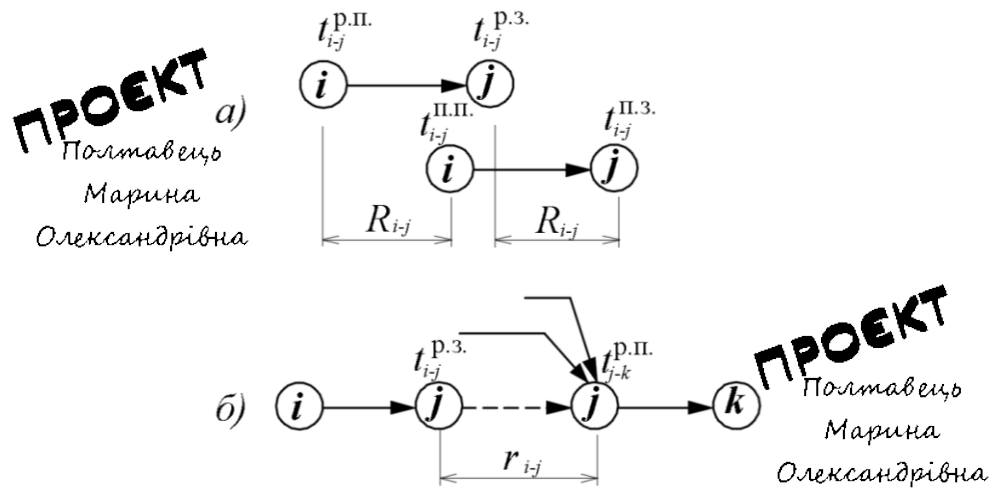


Рисунок 8.2 – Візуалізація резервів часу на сітьовій моделі: а – загальний (повний) резерв часу, б – частковий (вільний) резерв часу

Загальний (повний) резерв часу роботи R_{i-j} – максимальний час, на який можна збільшити тривалість роботи або перенести її початок без збільшення тривалості критичного шляху. Він рівний різниці між пізнім і раннім термінами початку або закінчення роботи (8.11):

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{п.п.} - t_{i-j}^{п.п.} = t_{i-j}^{п.з.} - t_{i-j}^{п.з.} \quad (8.11)$$

Також загальний резерв часу R_{i-j} можна визначити за формулою (8.12):

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{п.з.} - t_{i-j}^{п.п.} - t_{i-j} \quad (8.12)$$

Якщо збільшити тривалість роботи на значення її загального резерву, то з'явиться ще один критичний шлях, який буде проходити через цю роботу, та буде дорівнювати раніше визначеному.

Частковий (вільний) резерв часу r_{i-j} – максимальний час, на який можна збільшити тривалість роботи або перенести її початок, не змінивши при цьому раннього початку подальших робіт. Він визначається різницею між раннім початком подальшої роботи і раннім закінченням даної роботи.

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{п.п.} - t_{i-j}^{п.з.} \quad (8.13)$$

Частковий резерв часу роботи з'являється, коли в кінцеву подію роботи входять дві, або більше робіт.

Для завершальних робіт сітьової моделі частковий (вільний) резерв часу дорівнює

$$r_{k-n} = T_{кр} - t_{k-n}^{p.з.} \quad (8.14)$$

Часткові резерви часу за своїми значеннями не перевищують загальні резерви часу робіт.

Завдання для індивідуального виконання.

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичної роботи, законспектувати тези.
2. Законспектувати основні тези за темою практичної роботи, використовуючи профільну навчально-методичну та наукову літературу.
3. Запам'ятати та усвідомити головні принципи практичної роботи
4. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.
5. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
6. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

9 РОЗРАХУНОК СІТЬОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ТАБЛИЧНИМ МЕТОДОМ

Мета – придбати практичні навички розрахунку сітєвих моделей табличним методом, а також усвідомити зміст часових параметрів сітєвих графіків і можливості їхнього використання в керуванні будівництвом.

9.1 Алгоритм розрахунку

Розрахунок сітєвої організаційно-технологічної моделі виконуємо у таблиці певної форми (табл.9.1) по етапах.

В якості прикладу розглянемо сітєву організаційно-технологічну модель, яка наведена на рисунку 9.1.

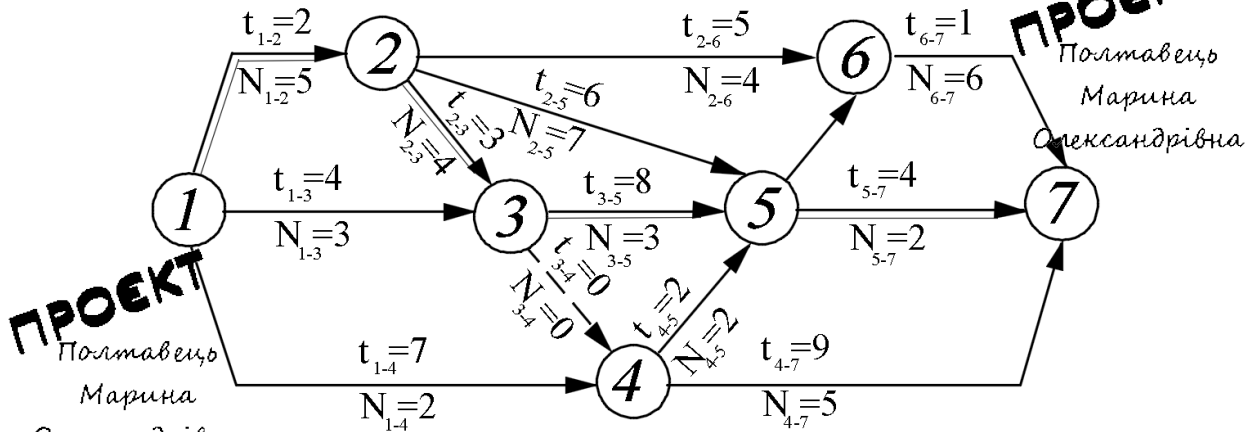


Рисунок 9.1 – Сітєва організаційно-технологічна модель розрахунку табличним методом

Таблиця 9.1 – Розрахунок сітєвої моделі табличним методом

№ п/п	Код роботи (i-j)	Тривалість роботи t_{i-j}	Кількість виконавців N_{i-j}	Ранні терміни		Пізні терміни		Резерви часу		
				$t_{i-j}^{p.n.}$	$t_{i-j}^{p.z.}$	$t_{i-j}^{п.п.}$	$t_{i-j}^{п.з.}$	R_{i-j}	r_{i-j}	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1-2	2	5	0	2	0	2	0	0	0
2	1-3	4	3	0	4	1	5	1	1	1
3	1-4	7	2	0	7	1	8	1	0	0
4	2-3	3	4	2	5	2	5	0	0	0
5	2-5	6	7	2	8	7	13	5	5	5
6	2-6	5	4	2	7	11	16	9	7	7
7	3-4	0	0	5	5	8	8	3	2	2
8	3-5	8	3	5	13	5	13	0	0	0
9	4-5	2	2	7	9	11	13	4	4	4
10	4-7	9	5	7	16	8	17	1	1	1
11	5-6	1	4	13	14	15	16	2	0	0
12	5-7	4	2	13	17	13	17	0	0	0
13	6-7	1	6	14	15	16	17	2	2	2

Перший етап. У таблицю вносять вихідні дані по кожній роботі (беремо з рис. 9.1): коди робіт, тривалість робіт та кількість виконавців (стовпці 1, 2, 3, 4).

Коди робіт, заповнюється з урахуванням наступного правила послідовності: спочатку записуються всі роботи, що виходять із вихідної (першої) події в порядку зростання номерів другої частини, потім всі роботи, що виходять із другої події також у порядку зростання номерів другої частини коду. Порядок заповнення таблиці для всіх інших робіт сітьового графіка аналогічний.

Другий етап. Після того, як у таблицю будуть внесені всі вихідні дані, приступають до розрахунку ранніх термінів початку й закінчення робіт.

Спочатку розраховують ранні терміни початку для початкових робіт, тобто для тих, які виходять із першої події.

Приймаємо при цьому ранній початок вихідних робіт рівним нулю, тому що початковий момент всієї сітьової моделі не заданий, згідно (8.2) та $T_0 = 0$.

$$\text{Отже } t_{1-2}^{\text{р.п.}} = 0; t_{1-3}^{\text{р.п.}} = 0; t_{1-4}^{\text{р.п.}} = 0.$$

Раннє закінчення цих робіт визначають по формулі (8.4).

$$t_{1-2}^{\text{р.з.}} = T_0 + t_{1-2} = 0 + 2 = 2;$$

$$t_{1-3}^{\text{р.з.}} = T_0 + t_{1-3} = 0 + 4 = 4;$$

$$t_{1-4}^{\text{р.з.}} = T_0 + t_{1-4} = 0 + 7 = 7.$$

Ранній термін початку наступних робіт визначають по формулі (8.1), розглядаючи сітьову модель за правилами послідовності.

Розглянемо подію №2. До цієї події входить тільки одна робота, а виходять три роботи, тому для цього випадку формула (8.1) буде виглядати так:

$$t_{i-j}^{\text{р.п.}} = t_{h-i}^{\text{р.з.}}$$

$$\text{тобто: } t_{2-3}^{\text{р.п.}} = t_{1-2}^{\text{р.з.}} = 2; t_{2-5}^{\text{р.п.}} = t_{1-2}^{\text{р.з.}} = 2; t_{2-6}^{\text{р.п.}} = t_{1-2}^{\text{р.з.}} = 2.$$

Далі визначаємо ранні терміни закінчення всіх робіт, які виходять із події №2 за формулою (8.3):

$$t_{2-3}^{\text{р.з.}} = t_{2-3}^{\text{р.п.}} + t_{2-3} = 2 + 3 = 5;$$

$$t_{2-5}^{\text{р.з.}} = t_{2-5}^{\text{р.п.}} + t_{2-5} = 2 + 6 = 8;$$

$$t_{2-6}^{\text{р.з.}} = t_{2-6}^{\text{р.п.}} + t_{2-6} = 2 + 5 = 7.$$

Розглядаємо подію №3. До цієї події входять дві роботи (1-3) та (2-3), та виходять дві роботи (3-4), (3-5).

Використовуючи формулу (8.1) визначаємо ранні терміни початку для робіт, які виходять із події №3.

$$t_{3-4}^{\text{р.п.}} = t_{3-5}^{\text{р.п.}} = \max \begin{matrix} t_{1-3}^{\text{р.з.}} \\ t_{2-3}^{\text{р.з.}} \end{matrix} = \max \begin{matrix} 4 \\ 5 \end{matrix} = 5.$$

Далі визначаємо ранні терміни закінчення всіх робіт, які виходять із події №3 за формулою (8.3):

$$t_{3-4}^{\text{р.з.}} = t_{3-4}^{\text{р.п.}} + t_{3-4} = 5 + 0 = 5$$

$$t_{3-5}^{\text{р.з.}} = t_{3-5}^{\text{р.п.}} + t_{3-5} = 5 + 8 = 13$$

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Розглядаємо подію №4. До цієї події входять дві роботи, та виходять дві роботи.

Використовуючи формулу (8.1) визначаємо ранні терміни початку для робіт, які виходять із події №4.

$$t_{4-5}^{p.п.} = t_{4-7}^{p.п.} = \max \begin{matrix} t_{1-4}^{p.з.} & 7 \\ t_{3-4}^{p.з.} & 5 \end{matrix} = 7$$

Далі визначаємо ранні терміни закінчення всіх робіт, які виходять із події №4 за формулою (8.3):

$$t_{4-5}^{p.з.} = t_{4-5}^{p.п.} + t_{4-5} = 7 + 2 = 9 ;$$

$$t_{4-7}^{p.з.} = t_{4-7}^{p.п.} + t_{4-7} = 7 + 9 = 16 .$$

Розглядаємо подію №5. До цієї події входять три роботи, та виходять дві роботи.

Використовуючи формулу (8.1) визначаємо ранні терміни початку для робіт, які виходять із події №5.

$$t_{5-6}^{p.п.} = t_{5-7}^{p.п.} = \max \begin{matrix} t_{2-5}^{p.з.} & 8 \\ t_{3-5}^{p.з.} & 13 \\ t_{4-5}^{p.з.} & 9 \end{matrix} = 13$$

Далі визначаємо ранні терміни закінчення всіх робіт, які виходять із події №5 за формулою (8.3):

$$t_{5-6}^{p.з.} = t_{5-6}^{p.п.} + t_{5-6} = 13 + 1 = 14 ;$$

$$t_{5-7}^{p.з.} = t_{5-7}^{p.п.} + t_{5-7} = 13 + 4 = 17 .$$

Розглядаємо подію №6. До цієї події входять три роботи, та виходить одна робота.

Використовуючи формулу (8.1) визначаємо ранній термін початку для роботи, яка виходить із події №6.

$$t_{6-7}^{p.п.} = t_{6-7}^{p.п.} = \max \begin{matrix} t_{2-6}^{p.з.} & 7 \\ t_{5-6}^{p.з.} & 14 \end{matrix} = 14 .$$

Далі визначаємо ранні терміни закінчення роботи, яка виходить із події №6 за формулою (8.3):

$$t_{6-7}^{p.з.} = t_{6-7}^{p.п.} + t_{6-7} = 14 + 1 = 15 .$$

Отже, ми визначили ранні терміни початку та закінчення всіх робіт сітьової моделі.

Далі визначимо тривалість критичного шляху $T_{кр}$ за формулою (8.10), яка повідомляє, що найбільше значення із всіх ранніх термінів закінчення завершальних робіт є тривалістю критичного шляху сітьової моделі.

$$T_{кр} = \max \begin{matrix} t_{4-7}^{p.з.} & 16 \\ t_{5-7}^{p.з.} & 17 \\ t_{6-7}^{p.з.} & 15 \end{matrix} = \max 17 = 17 .$$

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина

Третій етап. Розраховуємо пізні терміни початку й закінчення робіт. Розрахунок ведуть від завершальної до вихідної події сітьового графіка. Столпчики 7 і 8 таблиці для кожної роботи заповнюються знизу догори за

кожним рядком, причому спочатку записуються значення в стовпчику 8, а потім у стовпчику 7.

Розглядаємо сітьову модель із завершальної події №7 за правилом послідовності.

Пізнє закінчення завершальних робіт $t_{k-n}^{п.з.}$ дорівнює тривалості критичного шляху $T_{кр}$ згідно формули (8.7). Тобто для всіх завершальних робіт у стовпчику 8 записується значення тривалості критичного шляху $T_{кр}=17$.

Далі знаходимо значення пізнього початку для завершальних робіт за формулою (8.8), він рівний різниці між пізнім закінченням даної роботи і її тривалістю:

$$\begin{aligned} t_{4-7}^{п.п.} &= t_{4-7}^{п.з.} - t_{4-7} = 17 - 9 = 8 ; \\ t_{5-7}^{п.п.} &= t_{5-7}^{п.з.} - t_{5-7} = 17 - 4 = 13 ; \\ t_{6-7}^{п.п.} &= t_{6-7}^{п.з.} - t_{6-7} = 17 - 1 = 16 . \end{aligned}$$

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Розглядаємо подію №6. Використовуючи формулу (8.6), за якою пізнє закінчення будь-якої роботи дорівнює мінімальному пізньому початку подальших робіт, визначаємо пізні терміни закінчення для робіт, які входять до події №6.

Для цього випадку формула (8.6) буде виглядати так:

$$t_{i-j}^{п.з.} = t_{j-k}^{п.п.}$$

де $t_{j-k}^{п.п.}$ – пізній початок завершальної роботи.

$$t_{5-6}^{п.з.} = t_{6-7}^{п.п.} = 16 ; t_{2-6}^{п.з.} = t_{6-7}^{п.п.} = 16 .$$

Далі знаходимо значення пізнього початку для робіт (5-6) та (2-6) за формулою (8.8):

$$\begin{aligned} t_{5-6}^{п.п.} &= t_{5-6}^{п.з.} - t_{5-6} = 16 - 1 = 15 ; \\ t_{2-6}^{п.п.} &= t_{2-6}^{п.з.} - t_{2-6} = 16 - 5 = 11 . \end{aligned}$$

Розглядаємо подію №5. Використовуючи формулу (8.6), визначаємо пізні терміни закінчення для робіт, які входять до події №5.

$$t_{2-5}^{п.з.} = t_{3-5}^{п.з.} = t_{4-5}^{п.з.} = \min \begin{matrix} t_{5-6}^{п.п.} \\ t_{5-7}^{п.п.} \end{matrix} = \min \begin{matrix} 15 \\ 13 \end{matrix} = 13 .$$

$$\begin{aligned} t_{2-5}^{п.п.} &= t_{2-5}^{п.з.} - t_{2-5} = 13 - 6 = 7 ; \\ t_{3-5}^{п.п.} &= t_{3-5}^{п.з.} - t_{3-5} = 13 - 8 = 5 ; \\ t_{4-5}^{п.п.} &= t_{4-5}^{п.з.} - t_{4-5} = 13 - 2 = 11 . \end{aligned}$$

Розглядаємо подію №4. Використовуючи формулу (8.6), визначаємо пізні терміни закінчення для робіт, які входять до події №4.

$$t_{1-4}^{п.з.} = t_{3-4}^{п.з.} = \min \begin{matrix} t_{4-5}^{п.п.} \\ t_{4-7}^{п.п.} \end{matrix} = \min \begin{matrix} 11 \\ 8 \end{matrix} = 8 .$$

Далі знаходимо значення пізнього початку для робіт (1-4) та (3-4) за формулою (8.8):

$$\begin{aligned} t_{1-4}^{п.п.} &= t_{1-4}^{п.з.} - t_{1-4} = 8 - 7 = 1 ; \\ t_{3-4}^{п.п.} &= t_{3-4}^{п.з.} - t_{3-4} = 8 - 0 = 8 . \end{aligned}$$

Розглядаємо подію №3. Використовуючи формулу (8.6), визначаємо пізні терміни закінчення для робіт, які входять до події №3.

$$t_{1-3}^{п.з.} = t_{2-3}^{п.з.} = \min \begin{matrix} t_{3-4}^{п.п.} \\ t_{3-5}^{п.п.} \end{matrix} = \min \begin{matrix} 8 \\ 5 \end{matrix} = 5 .$$

$$t_{1-3}^{п.п.} = t_{1-3}^{п.з.} - t_{1-3} = 5 - 4 = 1 ;$$

$$t_{2-3}^{п.п.} = t_{2-3}^{п.з.} - t_{2-3} = 5 - 3 = 2 .$$

Розглядаємо подію №2. Використовуючи формулу (8.6), визначаємо пізній термін закінчення для роботи, яка входить до події №3.

$$t_{1-2}^{п.з.} = \min \begin{matrix} t_{2-3}^{п.п.} & 2 \\ t_{2-5}^{п.п.} & 7 \\ t_{2-6}^{п.п.} & 11 \end{matrix} = \min 7 = 2 .$$

Далі знаходимо значення пізнього початку для роботи (1-2) за формулою (8.8):

$$t_{1-2}^{п.п.} = t_{1-2}^{п.з.} - t_{1-2} = 2 - 2 = 0 .$$

Четвертий етап. Розраховуємо повні (загальні) резерви часу робіт R_{ij} за формулою (8.11).

$$R_{1-2} = t_{1-2}^{п.п.} - t_{1-2}^{р.п.} = t_{1-2}^{п.з.} - t_{1-2}^{р.з.} = 0 - 0 = 2 - 2 = 0$$

$$R_{1-3} = t_{1-3}^{п.п.} - t_{1-3}^{р.п.} = t_{1-3}^{п.з.} - t_{1-3}^{р.з.} = 1 - 0 = 5 - 4 = 1$$

І так далі...

Також загальний резерв часу R_{ij} з метою перевірки розрахунків можна визначити за формулою (8.12). Наприклад для роботи (4-5):

П'ятий етап. Розраховуємо часткові (вільні) резерви часу r_{i-j} за формулою (8.13).

$$r_{1-2} = t_{2-3}^{р.п.} - t_{1-2}^{р.з.} = 2 - 2 = 0 .$$

Аналогічним чином розраховуємо часткові резерви для інших незавершальних робіт.

$$r_{1-3} = t_{3-4}^{р.п.} - t_{1-3}^{р.з.} = 5 - 4 = 4 ;$$

$$r_{1-4} = t_{4-5}^{р.п.} - t_{1-4}^{р.з.} = 7 - 7 = 0$$

І так далі...

Знайдемо частковий резерв часу для завершальних робіт за формулою (8.14):

$$r_{4-7} = T_{кр} - t_{4-7}^{р.з.} = 17 - 16 = 1; \text{ і так далі...}$$

Шостий етап. Визначаємо роботи, які входять до критичного шляху та позначаємо цей шлях на сітвовій моделі.

За загальновідомим правилом у робіт критичного шляху ранні й пізні терміни початку і закінчення рівні між собою, тому критичні роботи не мають резервів часу, тобто $R_{i-j}=r_{i-j}=0$. У нашому прикладі це роботи:

(1-2) \rightarrow (2-3) \rightarrow (3-5) \rightarrow (5-7), які формують критичний шлях. Позначимо критичний шлях на сітвовій моделі подвійними лініями (рис. 9.1).

9.2 Аналіз результатів розрахунку

По закінченні розрахунку сітьової моделі табличним методом необхідно перевірити правильність результатів розрахунків. Обов'язкова наявність виконання наступних умов правильності:

- а) критичний шлях повинен являти собою безперервну послідовність робіт від вихідної події до завершальної;
- б) загальні й вільні резерви часу робіт критичного шляху дорівнюють нулю;
- в) значення вільних резервів часу не повинні перевищувати значення загальних резервів.

Завдання для індивідуального виконання.

1. За індивідуальними варіантами (табл. 9.2) визначити вихідні дані для розрахунку сітьової моделі табличним методом.
2. Розробити топологію сітьової моделі із позначенням вихідних даних.
3. Виконати розрахунок сітьової моделі табличним методом.
4. Визначити критичний шлях сітьової моделі та позначити його на схемі.
5. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.
6. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
7. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

Таблиця 9.2 – Вихідні дані для виконання практичної роботи №9

Коди робіт	Тривалість робіт (дн.) за варіантами										Трудо- місткість Q (чол-дн)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1-2	2	7	5	5	7	14	13	6	4	10	40
1-3	8	4	6	7	3	3	11	4	2	3	45
1-4	9	2	9	2	11	2	12	2	6	5	26
2-3	10	11	8	4	11	6	7	7	5	7	22
2-5	7	8	4	3	8	7	3	3	8	9	50
2-6	6	3	2	10	9	10	5	10	4	11	60
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3-5	4	6	6	7	7	14	9	6	6	2	30
4-5	11	9	7	7	15	17	8	4	9	4	35
4-7	10	14	8	9	5	8	7	9	1	6	36
5-6	3	13	9	4	4	9	6	4	4	8	26
5-7	13	4	4	3	6	3	5	3	3	9	30
6-7	5	6	5	3	7	10	4	2	5	10	25

Мета – придбати практичні навички розрахунку сітєвих моделей секторним методом, а також усвідомити зміст часових параметрів сітєвих графіків і можливості їхнього використання в керуванні будівництвом.

10.1 Теоретичні вказівки до розрахунку

Розрахунок організаційно-технологічної моделі секторним методом здійснюється безпосередньо на самому сітєвому графіку. Для виконання розрахунків рекомендовано кожну подію розділити на чотири сектори, розміщуючи надалі в них відповідну інформацію (рис. 10.1-а), над стрілками та під ними також відображені інформаційні дані про параметри організаційно-технологічної моделі (рис. 10.1-б).

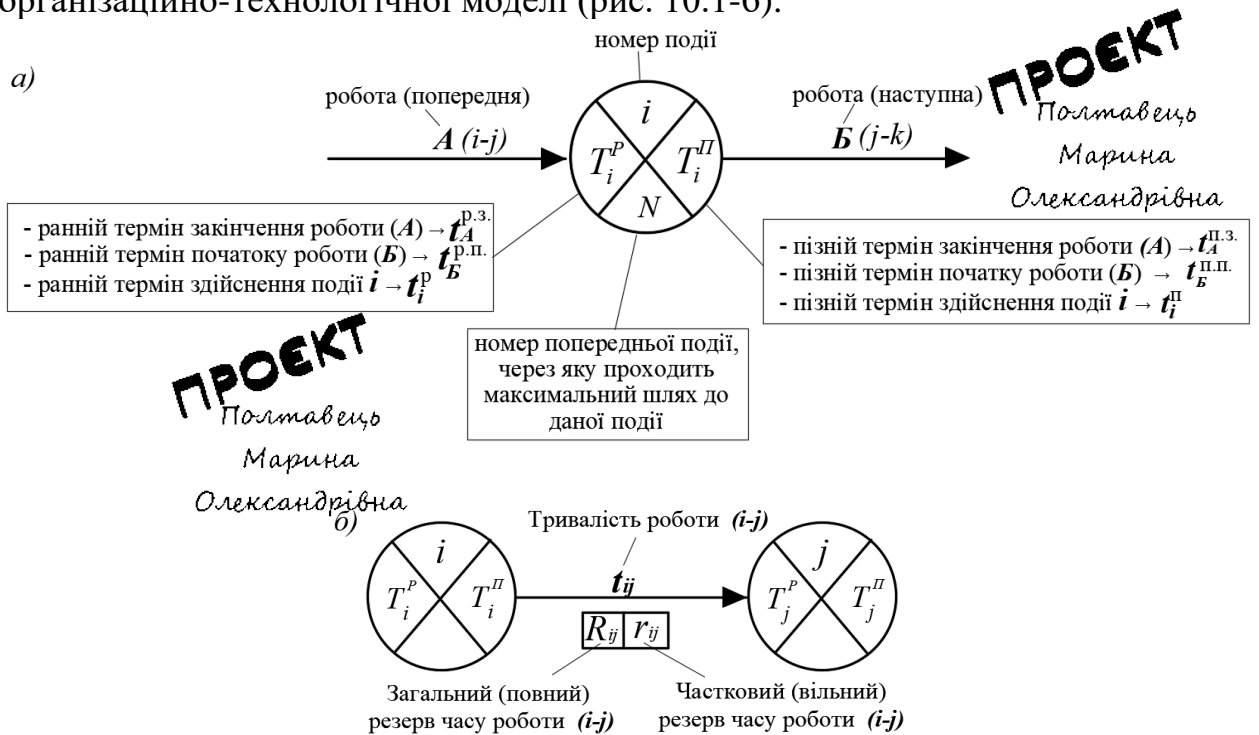


Рисунок 10.1 – Умовні позначення до розрахунку організаційно-технологічної моделі секторним методом

Мета розрахунку секторним методом – визначення тривалості виконання будівельного проекту.

Вихідними даними для розрахунків є:

- топологія сітєвого графіку з номерами подій;
- тривалості робіт проекту.

10.2 Алгоритм розрахунку

Графічний розрахунок ведеться послідовно за етапами, розглядаючи сітьову модель зліва-направо.

Етап – 1. Визначення значень секторів для вихідних подій.

Значення секторів вихідної події №1 визначається за спеціальними правилами:

1) T_1^P ранній термін здійснення події №1 (лівий сектор). Якщо початковий момент часу початку будівництва не заданий (тобто у першій події немає попередніх подій), то $T_1^P = T_0 = 0$.

2) T_1^N пізній термін здійснення події №1 (правий сектор). Якщо початковий момент часу початку будівництва не заданий (тобто у першій події немає попередніх подій), то $T_1^N = T_0 = 0$.

3) N_1 значення нижнього сектору події №1. Якщо початковий момент часу початку будівництва не заданий (тобто у першій події немає попередніх подій), то $N_1=0$.

Етап – 2. Визначення ранніх термінів здійснення подій (заповнення лівих секторів подій сітьового графіку).

Всі роботи, які виходять із першої події мають нульове значення раннього початку $t_{i-j}^{p.n.} = 0$ (якщо у першій події немає попередніх подій).

Ранній термін настання наступних подій T_j^P дорівнює найбільшій із сум ранніх термінів настання попередніх подій робіт і тривалості цих робіт:

$$T_j^P = \max(T_i^P + t_{i-j}), \quad (10.1)$$

де T_i^P – ранній термін настання попередньої події;

t_{i-j} – тривалість роботи.

Для дотримання логічної послідовності розрахунків рекомендовано послідовно розглядати всі події та роботи сітьової моделі від першої до останньої.

$$T_2^P = \max(T_1^P + t_{1-2}) = T_1^P + t_{1-2} = 0 + 2 = 2,$$

де $T_1^P = T_0 = 0$ – ранній термін початкової події №1.

$$T_3^P = \max \left\{ \begin{matrix} T_2^P + t_{2-3} \\ T_1^P + t_{1-3} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 2 + 3 \\ 0 + 4 \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 5 \\ 4 \end{matrix} \right\} = 5$$

$$T_4^P = \max(T_1^P + t_{1-4}) = T_1^P + t_{1-4} = 0 + 7 = 7,$$

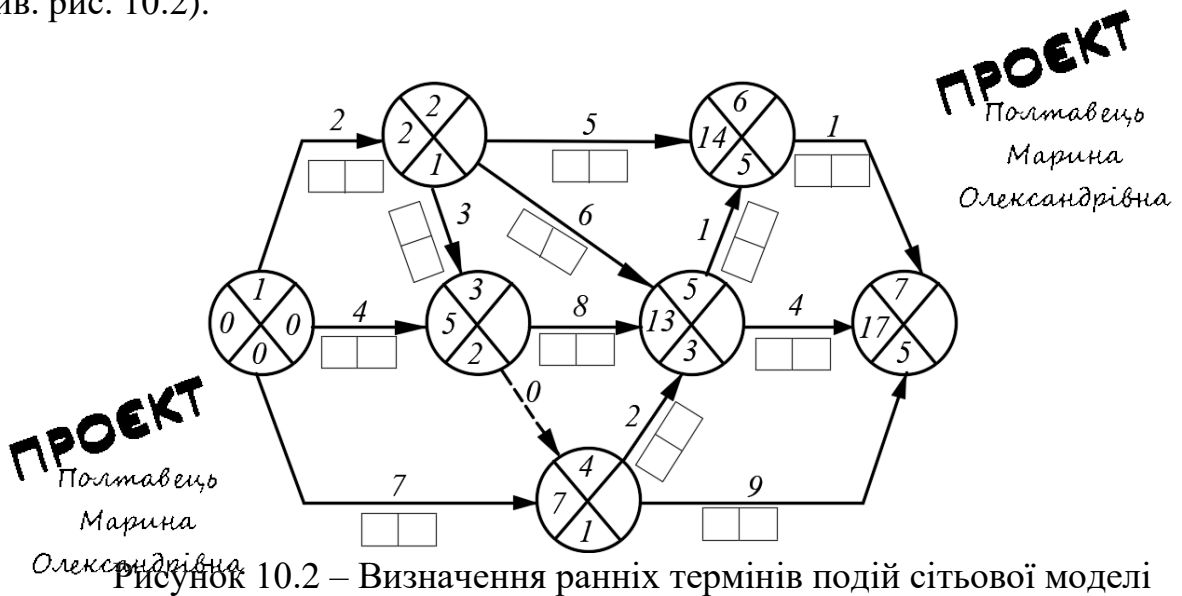
де $T_1^P = T_0 = 0$ – ранній термін початкової події №1.

$$T_5^P = \max \left\{ \begin{matrix} T_2^P + t_{2-5} \\ T_3^P + t_{3-5} \\ T_4^P + t_{4-5} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 2 + 6 \\ 5 + 8 \\ 4 + 2 \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 8 \\ 13 \\ 6 \end{matrix} \right\} = 13$$

$$T_6^P = \max \left\{ \begin{matrix} T_2^P + t_{2-6} \\ T_5^P + t_{5-6} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 2 + 5 \\ 13 + 1 \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 7 \\ 14 \end{matrix} \right\} = 14$$

$$T_7^P = \max \left\{ \begin{matrix} T_4^P + t_{4-7} \\ T_5^P + t_{5-7} \\ T_6^P + t_{6-7} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 4 + 9 \\ 13 + 4 \\ 14 + 1 \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 13 \\ 17 \\ 15 \end{matrix} \right\} = 17$$

Отже, початкові терміни здійснення всіх подій сітьової моделі визначені (див. рис. 10.2).



Етап – 3. Визначення критичного шляху.

Роботи, які містяться у критичному шляху позначаються подвійними стрілками.

Критичний шлях повинен бути неперервним.

Тривалість критичного шляху визначається значенням раннього терміну завершальної події сітьового графіка (лівого сектора події №7).

$$T_{кр} = T_7^p = 17.$$

Отже тривалість виконання будівельного проекту 17 часових одиниць.

Етап-4. Визначення пізніх термінів здійснення подій (заповнення правих секторів подій сітьового графіку).

Для виконання розрахунків пізніх термінів рекомендовано послідовно розглядати всі події та роботи сітьової моделі від останньої до першої.

Пізній термін завершальної події №7 (правий сектор) T_7^n дорівнює ранньому терміну T_7^p (лівий сектор) та відповідно дорівнює тривалості критичного шляху:

$$T_7^n = T_7^p = 17.$$

Пізній термін настання інших подій T_i^n дорівнює найменшій серед різниць пізніх термінів настання наступних подій робіт і тривалості цих робіт:

$$T_i^n = \min(T_j^n - t_{i-j}), \quad (10.2)$$

де T_j^n – пізній термін настання наступної події;

t_{i-j} – тривалість роботи.

$$T_6^n = \min(T_7^n - t_{6-7}) = T_7^n - t_{6-7} = 17 - 1 = 16.$$

де $T_7^p = T_7^n = 17$ – пізній термін завершальної події №7.

$$T_5^n = \min \left\{ \begin{matrix} T_7^n - t_{5-7} \\ T_6^n - t_{6-7} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 17 - 4 \\ 16 - 1 \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 13 \\ 15 \end{matrix} \right\} = 13.$$

$$T_4^P = \min \left\{ \begin{matrix} T_7^P - t_{4-7} \\ T_5^P - t_{4-5} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 17 - 9 \\ 13 - 2 \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 8 \\ 11 \end{matrix} \right\} = 8.$$

$$T_3^P = T_5^P - t_{3-5} = 13 - 8 = 5.$$

$$T_2^P = \min \left\{ \begin{matrix} T_6^P - t_{2-6} \\ T_5^P - t_{2-5} \\ T_3^P - t_{2-3} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 16 - 5 \\ 13 - 6 \\ 5 - 3 \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 11 \\ 7 \\ 2 \end{matrix} \right\} = 2.$$

Отже, пізні терміни здійснення всіх подій сітьової моделі визначені (див. рис. 10.3).

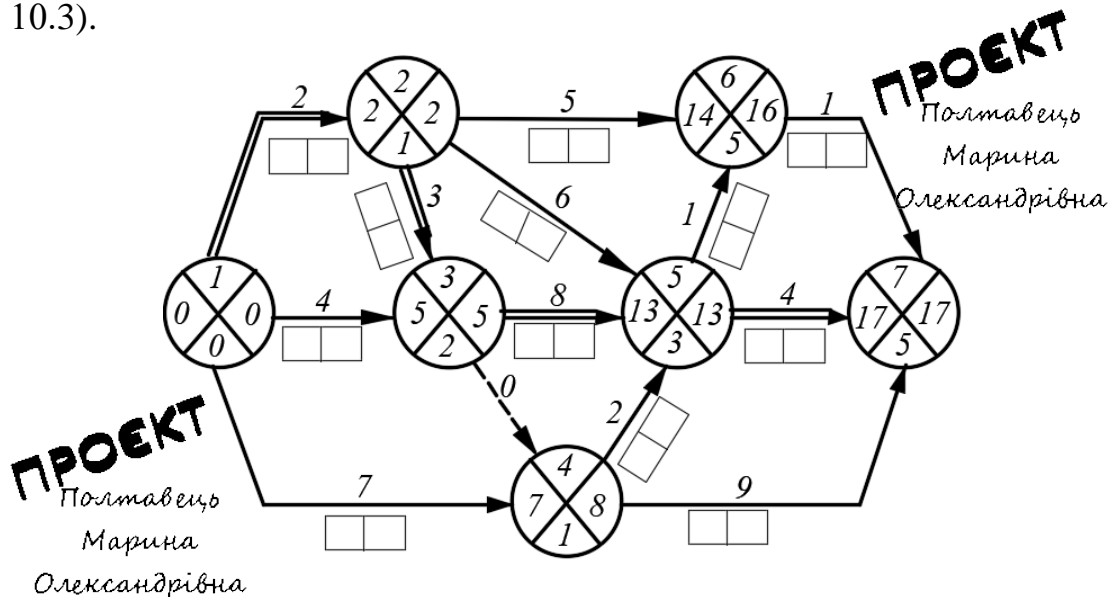


Рисунок 10.3 – Визначення пізніх термінів подій сітьової моделі

Етап – 5. Визначення повних (загальних) резервів часу робіт R_{i-j} (значення лівого квадрату під стрілкою) дивись рис. 10.1-б. Розрахунок ведеться наступним чином: із значення пізнього терміну (лівий сектор) наступної події роботи віднімаємо значення раннього терміну (правий сектор) попередньої події роботи та тривалість цієї роботи, згідно формули (10.3):

$$R_{i-j} = T_j^P - T_i^P - t_{i-j}, \quad (10.3)$$

де T_j^P – пізній термін настання наступної події роботи;

T_i^P – ранній термін настання попередньої події роботи;

t_{i-j} – тривалість роботи.

Виконаємо розрахунки:

$$R_{1-2} = T_2^P - T_1^P - t_{1-2} = 2 - 0 - 2 = 0$$

$$R_{1-3} = T_3^P - T_1^P - t_{1-3} = 5 - 0 - 4 = 1$$

$$R_{1-4} = T_4^P - T_1^P - t_{1-4} = 8 - 0 - 7 = 1$$

І так далі...

Роботи, які входять до критичного шляху мають нульові резерви.

Етап – 6. Визначення часткових (вільних) резервів часу робіт r_{i-j} (значення правого квадрату під стрілкою) дивись рис. 10.1-б.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Розрахунок ведеться наступним чином: із значення раннього терміну наступної події роботи (лівий сектор) віднімаємо ранній термін попередньої події (лівий сектор) та тривалість самої роботи, згідно формули (10.4):

$$r_{i-j} = T_j^P - T_i^P - t_{i-j}, \quad (10.4)$$

де T_j^P – ранній термін настання наступної події роботи;

T_i^P – ранній термін настання попередньої події роботи;

t_{i-j} – тривалість роботи.

Виконаємо розрахунки:

$$r_{1-2} = T_2^P - T_1^P - t_{1-2} = 2 - 0 - 2 = 0$$

$$r_{1-3} = T_3^P - T_1^P - t_{1-3} = 5 - 0 - 4 = 1$$

$$r_{1-4} = T_4^P - T_1^P - t_{1-4} = 7 - 0 - 7 = 0$$

І так далі...

Роботи, які входять до критичного шляху мають нульові резерви.

Значення часткових резервів часу робіт не повинні перевищувати значення загальних резервів.

Етап – 6. Визначення резервів часу подій сітьової моделі R_i (значення у трикутничках біля подій). Розрахунки можливо виконувати у довільній послідовності наступним чином: від пізнього терміну події T_i^P віднімаємо ранній термін T_i^P :

$$R_i = T_i^P - T_i^P. \quad (10.4)$$

$$R_1 = T_1^P - T_1^P = 0 - 0 = 0$$

$$R_2 = T_2^P - T_2^P = 2 - 2 = 0$$

І так далі...

Події, які належать критичному шляху мають нульові резерви.

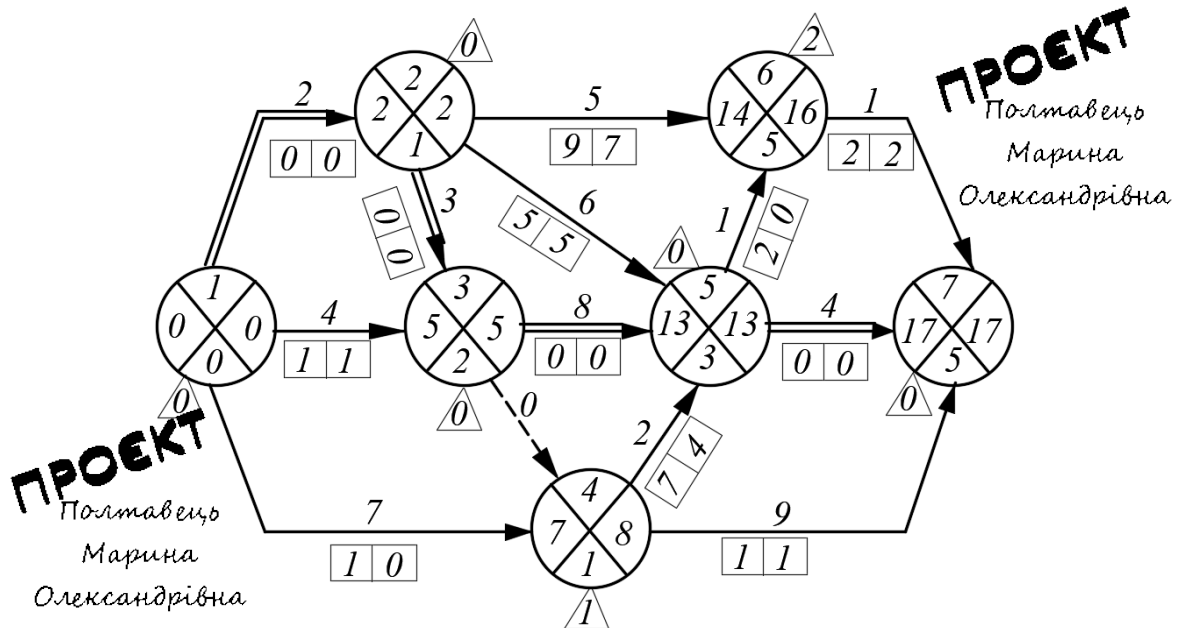


Рисунок 10.6 – Визначення часових резервів робіт та подій сітьової моделі

Розрахунок сітьового графіку секторним методом завершений.

Завдання для індивідуального виконання.

1. За індивідуальними варіантами (табл. 10.1) визначити вихідні дані для розрахунку сітьової моделі секторним методом.
2. Розробити топологію сітьової моделі із позначенням вихідних даних.
3. Виконати розрахунок сітьової моделі секторним методом.
4. Визначити критичний шлях сітьової моделі та позначити його на схемі.
5. Зробити висновки за результатами виконання практичної роботи.
6. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
7. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

Таблиця 10.1 – Вихідні дані для виконання практичної роботи №10

Коди робіт	Тривалість робіт (дн.) за варіантами									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	2	7	5	5	7	14	13	6	4	10
1-3	8	4	6	7	3	3	11	4	2	3
1-4	9	2	9	2	11	2	12	2	6	5
2-3	10	11	8	4	11	6	7	7	5	7
2-5	7	8	4	3	8	7	3	3	8	9
2-6	6	3	2	10	9	10	5	10	4	11
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-5	4	6	6	7	7	14	9	6	6	2
4-5	11	9	7	7	15	17	8	4	9	4
4-7	10	14	8	9	5	8	7	9	1	6
5-6	3	13	9	4	4	9	6	4	4	8
5-7	13	4	4	3	6	3	5	3	3	9
6-7	5	6	5	3	7	10	4	2	5	10

ПРОЕКТ

Полтавець

Марина

Олександрівна

Мета – придбати практичні навички розробки та моделювання графіка трудових ресурсів будівельного проекту графічним та аналітичним методами.

11.1 Графічний метод

В процесі розробки календарного графіка необхідно рівномірне використання робітників. Для цього по мірі складання календарного плану (стрічкового графіку) під ним викреслюється графік руху робітників. Графік руху робітників будується по об'єкту в цілому на основі стрічкової діаграми виконання робіт.

Алгоритм графічного методу побудови графіку руху трудових ресурсів:

1) за результатами розрахунків організаційно-технологічної моделі розробляється стрічкова діаграма виконання робіт будівельного проекту (рис. 11.1-а);

2) формується система координат для розробки графіку руху трудових ресурсів (масштаб шкали тривалості будівництва повинен співпадати з стрічковою діаграмою);

3) за кожним днем підсумовуються кількості робітників, які зайняті на виконанні всіх будівельних робіт у цей день;

4) у відповідному масштабі відкладаємо по вертикалі значення суми всіх робітників у розглянутий день;

5) з'єднуємо значення сум кількостей робітників по горизонталі, в результаті чого формується графік (стовпчаста діаграма) руху трудових ресурсів.

Графік руху робітників характеризує рівномірність завантаження робітників на об'єкті. Площа графіка руху робітників показує загальну трудомісткість по будівництву об'єкта. Намагаючись побудувати рівномірний графік руху робітників в цілому по об'єкту, не треба порушувати технологічну послідовність виконання робіт і правила охорони праці. Якщо графік вийшов незадовільним, треба календарний план оптимізувати, змінивши строки виконання робіт або кількість робітників по окремим процесам.

За результатами розрахунків організаційно-технологічної сітьової моделі практичних робіт №9 та №10 (табл. 11.1) побудуємо лінійний календарний графік (стрічкову діаграму) виконання робіт (рис. 11.1-а) та на його основі графік руху трудових ресурсів проекту (рис. 11.1-б).

Таблиця 11.1 – Вихідні дані для побудови стрічкової діаграми будівництва

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

№ п/п	Код роботи (i-j)	Тривалість роботи t_{i-j}	Кількість виконавців N_{i-j}	Ранні терміни		Резерв часу R_{i-j}
				$t_{i-j}^{p.p.}$	$t_{i-j}^{p.з.}$	
1	2	3	4	5	6	5
1	1-2	2	5	0	2	0
2	1-3	4	3	0	4	1
3	1-4	7	2	0	7	1
4	2-3	3	4	2	5	0
5	2-5	6	7	2	8	5
6	2-6	5	4	2	7	9
7	3-4	0	0	5	5	3
8	3-5	8	3	5	13	0
9	4-5	2	2	7	9	4
10	4-7	9	5	7	16	1
11	5-6	1	4	13	14	2
12	5-7	4	2	13	17	0
13	6-7	1	6	14	15	2

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

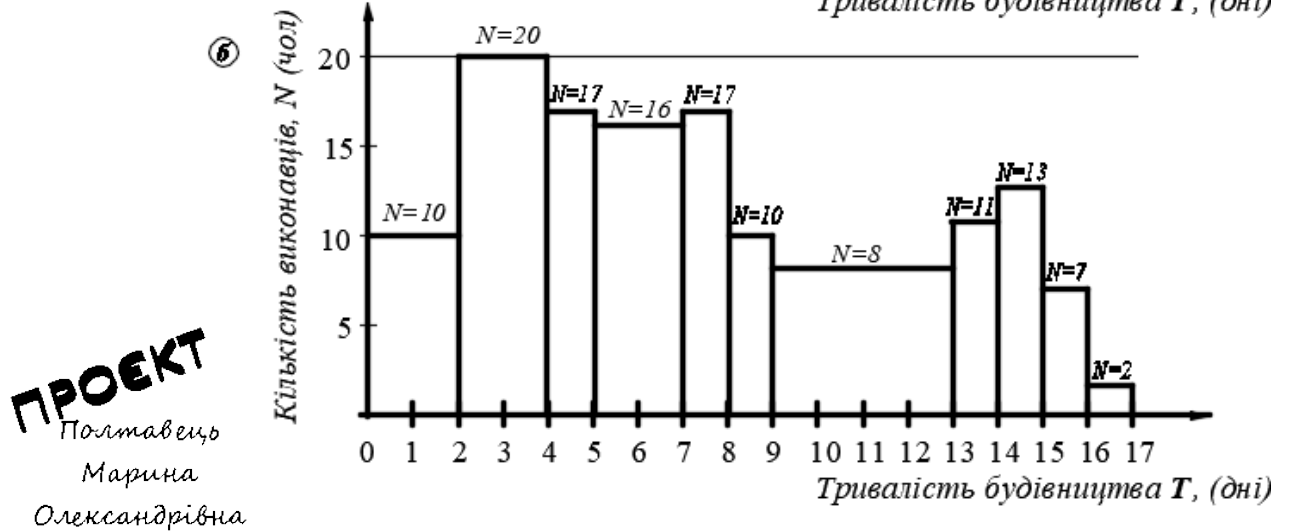
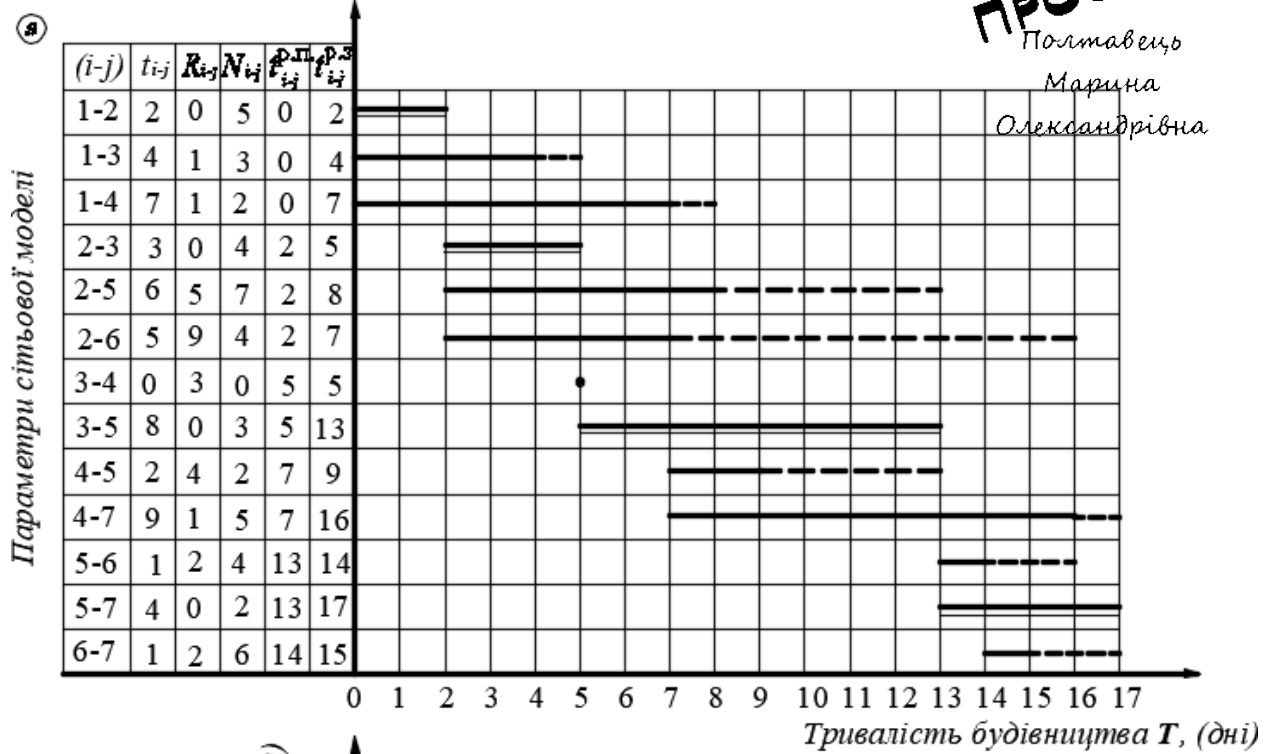
Розроблений графік руху трудових ресурсів графічним методом (рис. 11.1-б). Максимальна кількість робітників склала $N=20$ чол. у період з 3-го по 4-й день. Мінімальна кількість робітників $N=2$ чол. у 17-й день.

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

11.2 Аналітичний метод

Аналітичний метод побудови графіку руху трудових ресурсів полягає в використанні так званих «часових перерізів» будівельного потоку $T_{пер}$ на часовій шкалі тривалості проекту та «ресурсних перерізів» будівельного потоку $N_{пер}$ на ресурсній шкалі кількості робітників. Користуватись стрічковою діаграмою не потрібно.

Вихідними даними для розрахунку аналітичним методом служитимуть ранні терміни робіт $t_{i-j}^{p.p.}$ та $t_{i-j}^{p.з.}$ (табл. 11.1). Формуємо розрахункову таблицю аналітичного метода за наступним алгоритмом (табл. 11.2):



Позначення:

- часова тривалість роботи
- резерв часу роботи
- ==== роботи критичного шляху

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Рисунок 11.1 – Графічний метод розробки та моделювання графіку трудових ресурсів

Таблиця 11.2 – Розрахункова таблиця розробки та моделювання графіку трудових ресурсів аналітичним методом

Марина
Олександрівна

Код роботи (i-j)	Кількість виконавців N _{i-j}	Ранній початок роботи	Раннє закінчення роботи	Часові перерізи будівельного потоку T _{пер} (поступовий порядок значень t _{i-j} ^{р.з.})	Ресурсні перерізи будівельного потоку N _{пер}
		t _{i-j} ^{р.п.}	t _{i-j} ^{р.з.}		
1-2	5	0	2	0	10
1-3	3	0	4	2	20
1-4	2	0	7	4	17
2-3	4	2	5	5	16
2-5	7	2	8	7	17
2-6	4	2	7	8	10
3-4	0	5	5	9	8
3-5	3	5	13	13	11
4-5	2	7	9	14	13
4-7	5	7	16	15	7
5-6	4	13	14	16	2
5-7	2	13	17	17	0
6-7	6	14	15		

1. Формуємо колонку часових перерізів потоків будівельного проекту T_{пер}. Для цього переписуємо значення ранніх закінчень робіт у поступовому порядку, починаючи з нуля, виключаючи повторні значення:

$$T_{пер} := 0 \ 2 \ 4 \ 5 \ 7 \ 8 \ 9 \ 13 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17$$

Часові перерізи потоку являють собою всі наявні значення ранніх закінчень t_{i-j}^{р.з.} без повторних значень, тобто знаходяться на площині зміни чисельності робітників.

2. Обираємо перший розрахунковий часовий переріз (будь-яке значення раннього закінчення робіт). Наприклад виберемо значення T_{пер} = 7 днів.

3. Знаходимо множину W₁ значень часових показників за формулою:

$$W_1 = W^{t_{i-j}^{р.п.} \leq T_{пер}} \tag{11.1}$$

Наприклад для обраного перерізу (T_{пер} = 7 днів) із колонки ранніх початків робіт t_{i-j}^{р.п.} визначаємо множину значень W₁⁷, тобто обираємо лише ті значення, які ≤ 7:

$$W_1^7 := 0 \ 0 \ 0 \ 2 \ 2 \ 2 \ 5 \ 5 \ 7 \ 7.$$

4. Із значень раннього закінчення t_{i-j}^{р.з.}, які відповідають множині значень W₁ часових показників виключаємо значення множини W₂:

$$W_2 = W^{t_{i-j}^{р.з.} \leq T_{пер}} \tag{11.2}$$

Для обраного перерізу ($T_{пер} = 7$ днів) із колонки ранніх закінчень $t_{i-j}^{p.3.}$ визначаємо множину значень W_2^7 , тобто ті, які ≤ 7 :

$W_2^7 := 2\ 4\ 7\ 5\ 7\ 5$, та виключаємо ці значення із множини W_1 .

Залишаємо значення ранніх закінчень $t_{i-j}^{p.3.}$ множини W_1 , які > 7 , тобто залишок $t_{i-j}^{p.3.}(7) := 8\ 13\ 9\ 16$.

5. Для залишених значень множини W_1 просумуємо відповідні значення кількостей виконавців, та запишемо це значення до колонки ресурсних перерізів.

Отже, для нашого прикладу: $N_{пер}^7 = 7+3+2+5=17$ (чол.). Тобто на сьомий день виконання будівельного проекту працює 17 робітників.

Порівняємо це значення із результатами графічного методу (рис. 11.1). Результати співпадають, що свідчить про вірність розрахунків.

Виконаємо подальші розрахунки для інших часових перерізів.

$T_{пер} = 0$ (днів). $W_1^0 := 0\ 0\ 0\ 0$; $W_2 := 0$ (відсутні значення, які ≤ 0), тому залишені значення $t_{i-j}^{p.3.}(0) := 2\ 4\ 7$, їм відповідають значення кількостей виконавців: $N_{пер}^0 = 5+3+2=10$ (чол.). На нульовий день проекту (тобто з самого початку виконання проекту) працює 10 робітників.

$T_{пер} = 2$ (дні). $W_1^2 := 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2$; $W_2^2 := 2$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(2) := 4\ 7\ 5\ 8\ 7$; $N_{пер}^2 = 3+2+4+7+4=20$ (чол.).

$T_{пер} = 4$ (дні). $W_1^4 = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2$; $W_2^4 := 2\ 4$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(4) := 7\ 5\ 8\ 7$; $N_{пер}^4 = 2+4+7+4=17$ чол.

$T_{пер} = 5$ (днів). $W_1^5 = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5$; $W_2^5 := 2\ 4\ 5\ 5$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(4) := 7\ 8\ 7\ 13$; $N_{пер}^5 = 2+7+4+3=16$ чол.

$T_{пер} = 8$ (днів). $W_1^8 = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5\ 7\ 7$; $W_2^8 := 2\ 4\ 7\ 5\ 8\ 7\ 5$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(8) := 13\ 9\ 16$; $N_{пер}^8 = 3+2+5=10$ чол.

$T_{пер} = 9$ (днів). $W_1^9 = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5\ 7\ 7$; $W_2^9 := 2\ 4\ 7\ 5\ 8\ 7\ 5\ 9$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(9) := 13\ 16$; $N_{пер}^9 = 3+5=8$ чол.

$T_{пер} = 13$ (днів). $W_1^{13} = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5\ 7\ 7\ 13\ 13$; $W_2^{13} := 2\ 4\ 7\ 5\ 8\ 7\ 5\ 13\ 9$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(13) := 16\ 14\ 17$; $N_{пер}^{13} = 5+4+2=11$ чол.

$T_{пер} = 14$ (днів). $Q_1^{14} = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5\ 7\ 7\ 13\ 13\ 14$; $Q_2^{14} := 2\ 4\ 7\ 5\ 8\ 7\ 5\ 13\ 9\ 14$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(14) := 16\ 17\ 15$; $N_{пер}^{14} = 5+2+6=13$ чол.

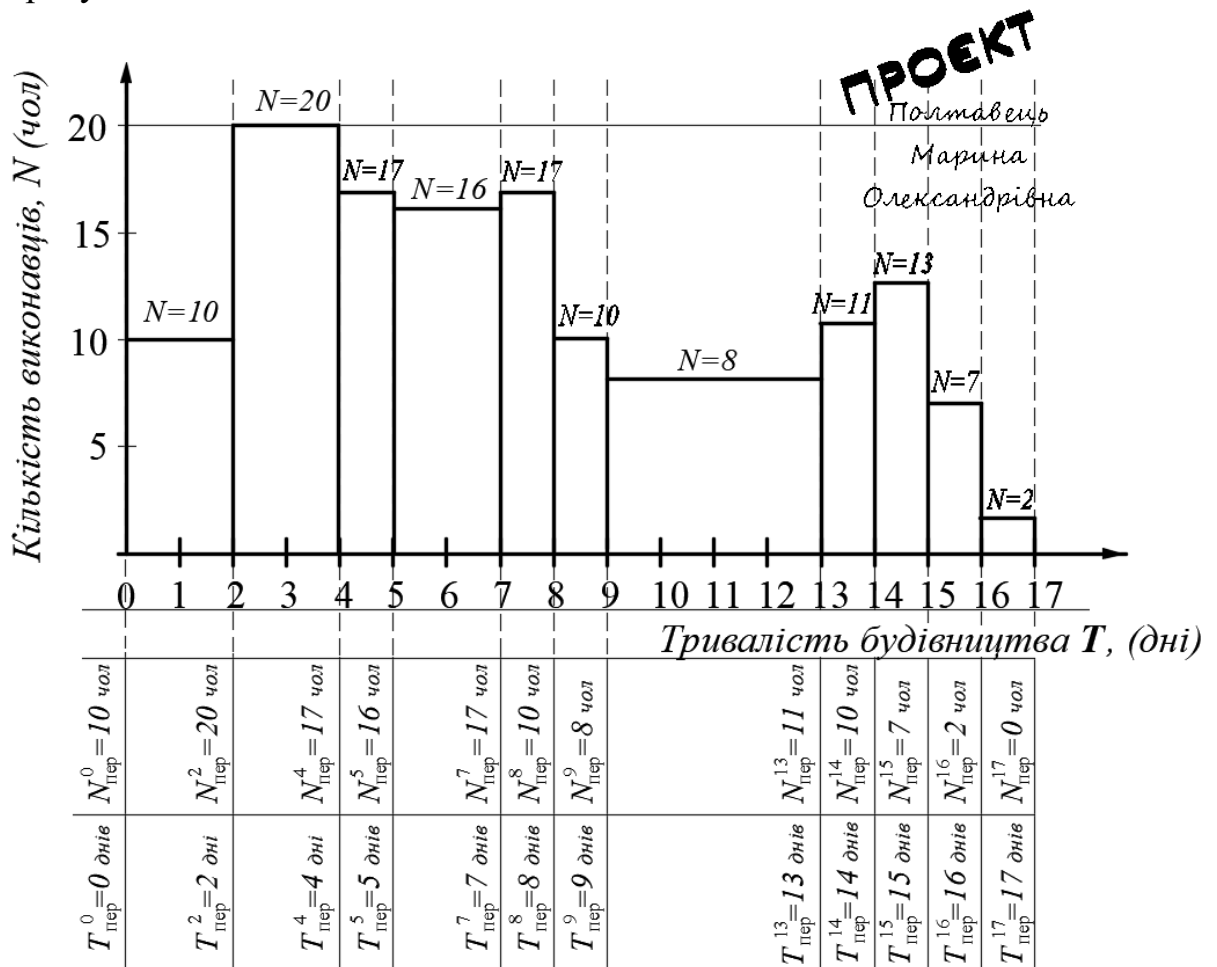
$T_{пер} = 15$ (днів). $W_1^{15} = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5\ 7\ 7\ 13\ 13\ 14$; $W_2^{15} := 2\ 4\ 7\ 5\ 8\ 7\ 5\ 13\ 9\ 14\ 15$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(15) := 16\ 17$; $N_{пер}^{15} = 5+2=7$ чол.

$T_{пер} = 16$ (днів). $W_1^{16} = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5\ 7\ 7\ 13\ 13\ 14$; $W_2^{16} := 2\ 4\ 7\ 5\ 8\ 7\ 5\ 13\ 9\ 16\ 14\ 15$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(16) := 17$; $N_{пер}^{16} = 2$ чол.

$T_{пер} = 17$ (днів). $W_1^{17} = 0\ 0\ 0\ 2\ 2\ 2\ 5\ 5\ 7\ 7\ 13\ 13\ 14$; $W_2^{17} := 2\ 4\ 7\ 5\ 8\ 7\ 5\ 13\ 9\ 16\ 14\ 17\ 15$; залишок $t_{i-j}^{p.3.}(17) := 0$; $N_{пер}^{17} = 0$ чол.

Результатом аналітичних розрахунків стали отримані значення ресурсних перерізів, за якими розроблений графік трудових ресурсів

будівельного проекту (рис. 11.2). Рівність значень ресурсних перерізів графічного та аналітичного методів свідчить про правильність виконаних розрахунків.



ПРОЕКТ
Полтавець

Рисунок 11.2 – Аналітичний метод розробки та моделювання графіку трудових ресурсів

Марина

Олександрівна

Завдання для індивідуального виконання.

1. За результатами розрахунків організаційно-технологічної сітьової моделі практичних робіт №9 та №10 розробити лінійний календарний графік (стрічкову діаграму) виконання робіт.
2. За допомогою лінійного календарного графіку розробити та змоделювати графік руху трудових ресурсів проекту графічним методом.
3. Розробити та змоделювати графік руху трудових ресурсів проекту аналітичним методом.
4. Порівняти результати двох методів та зробити висновки за результатами виконання практичної роботи
5. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
6. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

12 ОПТИМІЗАЦІЯ СІТЬОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ЗА РЕСУРСАМИ

Мета – закріпити теоретичні знання та придбати практичні навички оптимізації сітьових організаційно-технологічних моделей за графіком трудових ресурсів.

ПРОЕКТ

Полтавська
Марина
Олександрівна

12.1 Загальні відомості про оптимізацію сітьових організаційно-технологічних моделей

Оптимізація організаційно-технологічної сітьової моделі - це організаційно-технологічні заходи з покращення тих чи інших параметрів моделі. Необхідність оптимізації виникає тоді, коли після розрахунку часових параметрів моделі виявляється, що загальна тривалість виконання робіт за графіком перевищує встановлену замовником, або для виконання деяких робіт недостатньо конкретних ресурсів.

Мета оптимізації сітьової моделі – скоротити загальну тривалість робіт за графіком до того значення, яке передбачає введення об'єкта в експлуатацію в задані терміни.

Доцільно виконувати оптимізацію на стадії розрахунків часових параметрів при розрахунку значень ранніх початків, тобто коли вже відома тривалість критичного шляху.

Оптимізацію можливо виконувати наступними методами:

- 1) перерозподіл трудових ресурсів тобто переведення бригад та ланок працівників з робіт, які мають резерви часу, на роботи критичного шляху;
- 2) зміною топології сітьового графіку, тобто збільшення кількості захваток, введення паралельних робіт і т.д.;
- 3) використання прогресивних методів виконання деяких видів робіт, що забезпечить скорочення термінів виконання;
- 4) залучення додаткових ресурсів для виконання робіт критичного шляху.

Оптимізація календарних планів за ресурсами надзвичайно складний процес із-за великої номенклатури робіт та ресурсів. Найчастіше оптимізацію організаційно-технологічних моделей здійснюють за трудовими ресурсами. При цьому вирішуються наступні завдання:

- 1) виходячи з вимог потокових методів організації будівництва, необхідно зберегти постійний склад бригад виконавців;
- 2) необхідно рівномірно розподіляти трудові ресурси на всіх періодах будівництва;
- 3) необхідно мінімізувати потрібну кількість робітників в межах наявних резервів часу таким чином, щоб коефіцієнт рівномірності потоку (рівномірності руху робітників) по об'єкту не перевищував 1,5.

12.2 Оптимізація сітьових організаційно-технологічних моделей за графіком трудових ресурсів

Отримавши в результаті розрахунку сітьового графіка попередніх практичних робіт №9 та №10 термін будівництва, необхідно перевірити забезпеченість плану необхідними ресурсами і раціональність їх розподілу, тобто виконати корегування сітьового графіка за трудовими ресурсами.

Корегування сітьового графіку – це заходи щодо покращення тих чи інших параметрів графіка за обраним критерієм. Корегування сітьового графіка за критерієм «ресурси» - це розподіл і перерозподіл ресурсів.

Ефективність завантаження трудових ресурсів характеризується ступенем рівномірності руху робочих на основі розрахунку коефіцієнта рівномірності будівельного потоку $K_{\text{рівн}}$ (або ще називають коефіцієнтом рівномірності руху робітників). Визначення цього показника вже виконувалося у розділі №4 за формулами (3.15) – (3.16), згадаємо їх.

Для визначення показника рівномірності будівельного потоку ($K_{\text{рівн}}$) за кількістю робітників розраховують відношення максимальної кількості робітників (N_{max}) в день, які зайняті в потоці до середньої кількості робітників за весь період будівництва ($N_{\text{сер}}$):

$$K_{\text{рівн}} = \frac{N_{\text{max}}}{N_{\text{сер}}}, \quad (3.15)$$

де значення середньої кількості робітників ($N_{\text{сер}}$) визначаємо відношенням загальної трудомісткості всіх робіт за час дії будівельного потоку ($Q_{\text{заг}}$) (люд-год) до загальної тривалості будівельного проекту ($T_{\text{заг}}$):

$$N_{\text{сер}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{T_{\text{заг}}}. \quad (3.16)$$

Значення показника рівномірності будівельного потоку ($K_{\text{рівн}}$) завжди більше одиниці, але чим більше період сталого потоку (це досягається збільшенням кількості захваток) тим менше показник рівномірності, та навпаки. Для здійснення навчального процесу та для виконання практичної роботи з оптимізації сітьових організаційно-технологічних моделей за графіком трудових ресурсів прийнято орієнтовне значення показника рівномірності будівельного потоку 1,5... 1,7, за яких графік потреби в трудових ресурсах вважається більш-менш ефективним:

$$K_{\text{рівн}} \leq 1,5 \dots 1,7. \quad (12.1)$$

Корегування графіків потреби в ресурсах проводиться за наступними правилами:

- 1) шляхом переміщення робіт на часовій шкалі на більш пізні терміни вправо (або вліво) в межах резервів часу (як вільного, так і загального);
- 2) зміною тривалості виконання робіт з одночасною відповідною зміною чисельності робітників;
- 3) одночасним використанням обох вищенаведених способів;
- 4) шляхом зміни топології сітьового графіка (збільшення кількості захваток, введення паралельних робіт, планування послідовного виконання робіт і т.д.).

Для розробленого графіку руху трудових ресурсів у попередній практичній роботі (рис. 11.1) розрахуємо показник рівномірності руху робітників за формулою (3.15):

$N_{\max}=20$ чол. (максимальна кількість робітників за графіком),

$Q_{\text{заг}} = 10+12+14+12+48+20+0+24+4+45+4+8+6=207$ чол.-год. (значення суми трудомісток робіт прийняти за таблицею вихідних даних (табл. 12.1)),

$$N_{\text{сер}} = \frac{207}{20} = 10,35,$$

$$K_{\text{рівн}} = \frac{20}{10,35} = 1,93.$$

ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

Таблиця 12.1 – Вихідні дані значень трудомісткості робіт

Коди робіт	1-2	1-3	1-4	2-3	2-5	2-6	3-4	3-5	4-5	4-7	5-6	5-7	6-7
Трудо-місткість Q (чол-дн)	10	12	14	12	48	20	0	24	4	45	4	8	6

Отриманий результат коефіцієнту рівномірності руху трудових ресурсів $K_{\text{рівн}} = 1,93 > 1,7$. Отже сітьова організаційно-технологічна модель потребує корегування (рис. 12.1)

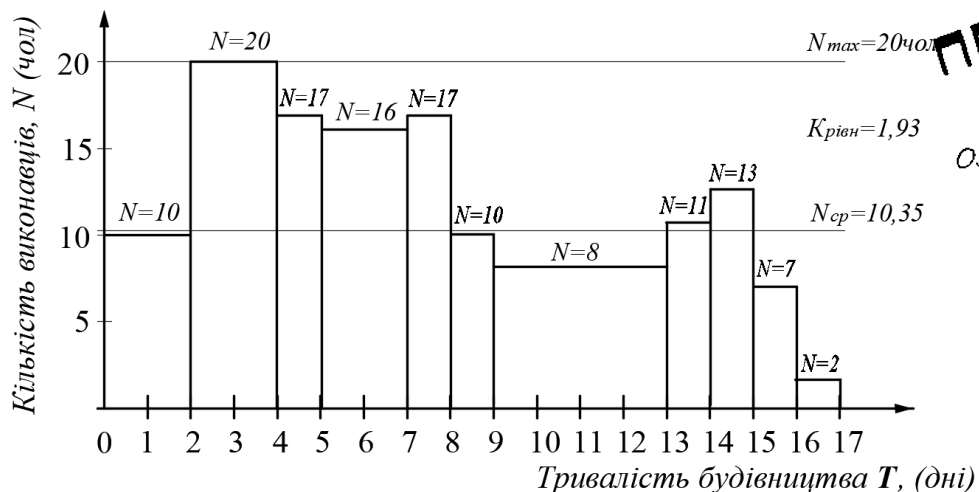


Рисунок 12.1 – Аналіз графіку руху трудових ресурсів (початковий варіант)

Корегування організаційно-технологічної моделі виконаємо графічним методом без зміни розробленої топології за рахунок наявних вільних і загальних резервів часу робіт, оскільки загальний термін будівництва, який дорівнює тривалості критичного шляху, змінювати не потрібно. Основний принцип корегування полягає в усуненні різких стрибків чисельності робітників на часових перерізах. Потрібно намагатися зменшити ці різкі зміни кількості робітників та надати графіку трудових ресурсів як можна більш плавної форми. Корегуванню підлягають тільки ті роботи, які мають резерви часу.

Корегування графіку руху трудових ресурсів завершено (рис. 12.2).

Проаналізуємо результат корегування графіку. Розрахуємо показник рівномірності для оновленого графіку трудових ресурсів.

$$N_{\max} = 16 \text{ чол.}$$

$$Q_{\text{заг}} = 10 + 12 + 14 + 12 + 48 + 20 + 0 + 24 + 4 + 45 + 4 + 8 + 6 = 207 \text{ чол.-год.}$$

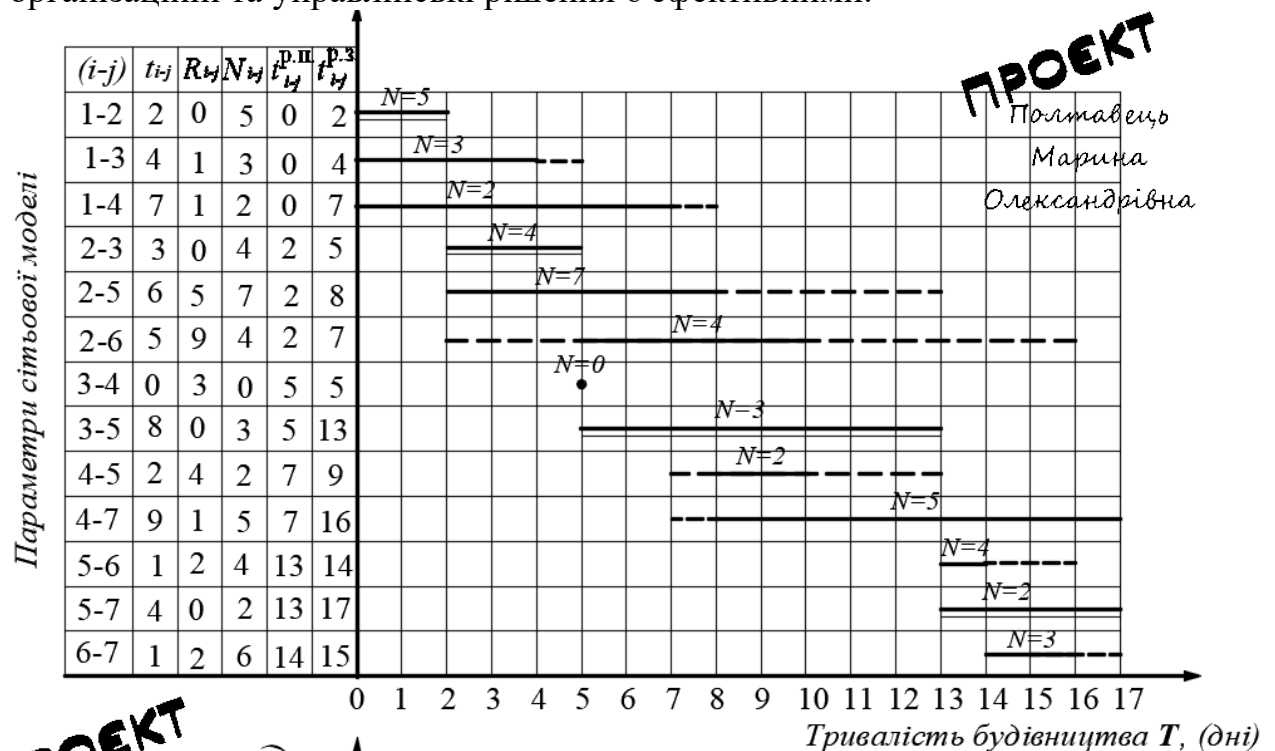
$$N_{\text{сер}} = \frac{207}{16} = 12,94,$$

$$K_{\text{рівн}} = \frac{16}{12,94} = 1,24.$$

Отримане значення коефіцієнту рівномірності знаходиться у допустимих межах:

$$K_{\text{рівн}} = \frac{16}{12,94} = 1,24 < [1,5 \dots 1,7].$$

Результати розрахунків свідчать, що подальше корегування організаційно-технологічної моделі не потрібне, отже прийняті в проекті організаційні та управлінські рішення є ефективними.



ПРОЕКТ
Полтавець
Марина
Олександрівна

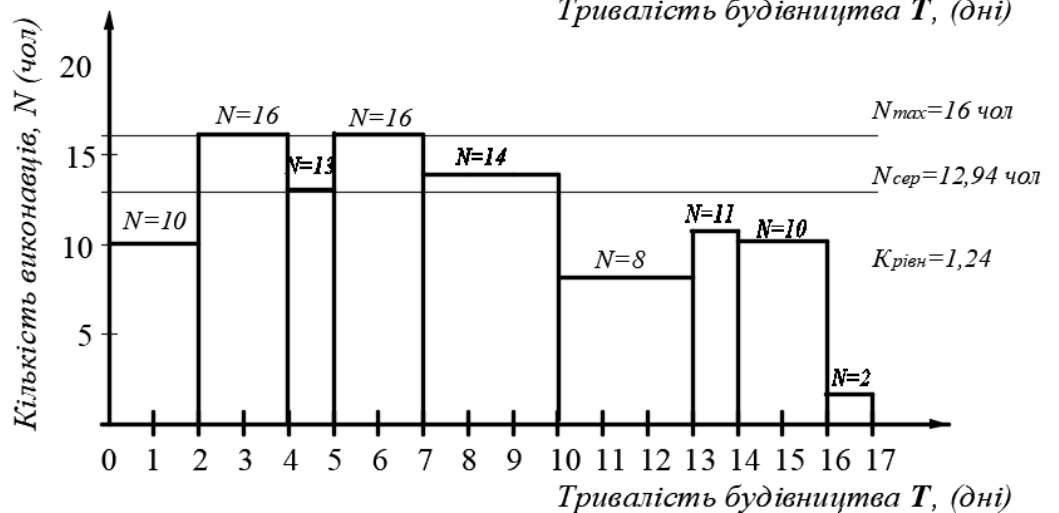


Рисунок 12.2 – Корегування календарного плану та аналіз графіку руху трудових ресурсів (оптимізований варіант)

Завдання для індивідуального виконання.

1. Виконати аналіз ефективності графіку трудових ресурсів початкового варіанту організаційно-технологічної моделі (із попередньої практичної роботи).
2. Виконати оптимізацію графіку руху трудових ресурсів графічним методом.
3. Проаналізувати результат та зробити висновки.
4. Оформити виконану практичну роботу та надати на перевірку викладачеві.
5. Захистити практичну роботу та отримати відповідну кількість балів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Організація будівництва : підручник / С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. ; за редакцією С.А. Ушацького. Київ : Кондор, 2007. 521 с.
2. Технологія будівельного виробництва : Підручник / В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін.; за ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленка. Київ: Вища школа, 2002. 430 с.
3. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. Київ : ДП «Укрархбудінформ» , 2016. 52 с.
4. Посібник з розробки проектів організації будівництва й проектів виконання робіт (до ДБН А.3.1-5-96). Київ : Укрархбудінформ, 1997. 105 с.
5. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. Київ : ДП «Укрархбудінформ» , 2014. 30 с.
6. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання [Чинний від 2016-03-04] Вид. офіц. Київ : ДП «Укр НДНЦ», 2016. 20 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ 3008:2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання [На заміну ДСТУ 3008-95; чинний від 2017-07-01] Вид. офіц. Київ : ДП «Укр НДНЦ», 2016. 31 с. (Інформація та документація).

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина
Олександрівна

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Полтавець Марина Олександрівна

ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

*для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійних програм
«Промислове та цивільне будівництво»
«Міське будівництво та господарство»*

ПРОЕКТ

Полтавець
Марина
Олександрівна

Рецензенти *В.І. Анін, В.А. Банах*
Відповідальний за випуск *І.А. Арутюнян*
Коректор *М.О. Полтавець*