

ПОТОКОВІ МЕТОДИ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

**Методичні вказівки
до виконання практичних завдань
з дисципліни “Організація будівництва”
для студентів денної, заочної
форм навчання спеціальностей
„Промислове та цивільне будівництво” і
„Міське будівництво та господарство ”**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**ПОТОКОВІ МЕТОДИ ЗВЕДЕННЯ
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**Методичні вказівки
до виконання практичних завдань
з дисципліни “Організація будівництва”
для студентів денної, заочної
форм навчання спеціальностей
„Промислове та цивільне будівництво” і
„Міське будівництво та господарство”**

Вінниця
ВНТУ

2015

Рекомендовано до використання в навчальному процесі як методичні вказівки Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол №2 від 22.10. 2015 р.)

Рецензенти:

А. С. Моргун, доктор технічних наук, професор

В. В. Швець, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни “Організація будівництва ” для студентів денної, заочної форм навчання спеціальностей „Промислове та цивільне будівництво” і „Міське будівництво та господарство” ”Потокові методи зведення будівель і споруд” / Уклад.

В. Р. Сердюк, Т. Г. Ровенчак. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 35 с.

У даних методичних вказівках викладено основні теоретичні відомості з питань класифікації будівельних потоків, розрахунків з наведеними прикладами ритмічних та неритмічних будівельних потоків.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ПОТОКОВИЙ МЕТОД В БУДІВНИЦТВІ	6
2 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ПОТОКІВ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ	7
2.1 Основні принципи проектування потоків	7
2.2 Класифікація потоків	8
3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РИТМІЧНОГО БУДІВЕЛЬНОГО ПОТОКУ	10
3.1 Розрахунок ритмічних будівельних потоків з рівними і кратними ритмами	10
3.2 Розрахунок ритмічних будівельних потоків з нерівними і некратними ритмами	16
4 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ НЕРИТМІЧНОГО БУДІВЕЛЬНОГО ПОТОКУ	20
5 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	26
ЛІТЕРАТУРА	29
Додаток А – Ритмічні будівельні потоки з рівними ритмами	30
Додаток Б – Ритмічні будівельні потоки з нерівними ритмами	33
Додаток В – Неритмічні будівельні потоки	34

ВСТУП

Потоковий метод є прогресивним методом організації будівельного виробництва. Сутність поточного методу полягає в організації послідовного, безперервного і ритмічного виробництва будівельних робіт, що дає можливість ефективно використовувати матеріальні та трудові ресурси. Потік припускає в рівні проміжки часу випускати певні обсяги будівельної продукції, підвищувати рентабельність будівництва. Досвід показує, що при переході "на потік" тривалість будівництва скорочується в середньому до 20%, продуктивність праці зростає на 8–10%.

При поточному методі організації будівництва процес будівельного виробництва розчленовується на окремі складові частини та операції, виконання яких доручається окремим комплексним бригадам або спеціалізованим ланкам. Ці бригади або ланки рівномірно переміщуються з однієї ділянки захватки на іншу уздовж усього фронту робіт, причому на кожній ділянці послідовно виконуються будівельні процеси в суворій відповідності з їх технологічним порядком. Кожна бригада, закінчуючи роботи на відведеній їй захватці, готує ділянку до виконання нового циклу робіт іншою бригадою.

На кожній захватці слідує цикли робіт у встановленому порядку, що дозволяє максимально поєднувати роботи в часі, виконуючи їх у темпі, передбаченому графіком виробництва будівельно-монтажних робіт.

Рівномірний рух робітників з однієї захватки на іншу можливий тільки в тому разі, якщо кількість робітників у бригадах і ланках залишається постійною, а захватки рівні за трудомісткістю виконуваних робіт.

При організації будівництва поточним методом зведення будівлі зазвичай поділяється на такі цикли: підготовчий, нульовий, зведення надземної частини, виробництво оздоблювальних робіт.

Потоковий метод доповнюється індустріалізацією будівництва, тобто неперервним перетворенням будівельного процесу в механізований процес поточного збирання будівель і споруд з конструкцій заводського виготовлення.

У будівельній практиці для планування та управління будівельними потоками будівельні процеси моделюють, застосовуючи їх графічне зображення: розробляють лінійні графіки, сітьові графіки.

1 ПОТОКОВИЙ МЕТОД В БУДІВНИЦТВІ

Будівництво певної кількості однакових будівель (або частин будівель) може бути організоване різними методами: послідовним, паралельним і потоковим. Послідовний метод передбачає будівництво кожної наступної будівлі після повного зведення попередньої, паралельний – одночасне будівництво всіх будівель, поточковий метод – це поєднання попередніх методів, в якому усунені їхні недоліки і збережені переваги.

Таким чином, поточковий метод є основою організації будівельного виробництва, при якому досягається ритмічність виробництва і висока продуктивність праці.

В основі організації потоку на виробництві лежить спеціалізація, яка передбачає максимальне розчленування кожного виду роботи на окремі технологічні частини – роботи, процеси, операції. Кожна з цих частин доручається окремому виконавцю – робітнику, ланці, бригаді.

Головним принципом поточкового методу на виробництві є безперервність та ритмічність виробничого процесу. В поточковому методі закономірно поєднуються послідовне і паралельне виконання різних процесів на багатьох ділянках усього фронту робіт. Послідовне виконання однорідних процесів і паралельне різнорідних дозволяє вести одночасно роботи на різних ділянках бригадами різних спеціальностей за завчасно запланованим графіком [1].

Поняття фронту робіт – це собою простір, в межах якого здійснюються будівельно-монтажні роботи відповідно до заданої програми (в нашому випадку група будинків). Ділянки фронту робіт, виділену для роботи бригади, яка виконує певний вид робіт за певний відрізок часу, називають захваткою.

При поточковому методі процес виробництва розділяється на складові часткові процеси для наступної їх взаємної ув'язки в загальному процесі. Фронт робіт розділяється на ділянки (захватки) з обсягами робіт приблизно рівної трудомісткості.

Одночасне виконання робіт бригадами або ланками робітників постійного складу на різних захватках дозволяє кожній попередній бригаді підготувати фронт робіт наступній бригаді, що виконує інший вид робіт (або наступну операцію). Безперервність виробництва і строга черговість роботи бригад досягається відповідним розрахунком потоку, складу бригад та технологічного оснащення. Максимальне суміщення різних виробничих процесів в часі та повне використання фронту робіт на окремих захватках при поточковому методі приводить до загального скорочення терміну будівництва, що є однією з найголовніших задач організації будівельного виробництва.

Роботи при потоковому методі ведуться комплексними або спеціалізованими потоками, склад яких, як правило, не змінюється від початку до кінця робіт. Спеціальні монтажні роботи (в тому числі і санітарно-технічні) є частиною будівельного процесу зі зведення будівель і споруд, тому виконання цих робіт повинно бути тісно ув'язаним в часі і просторі з загальнобудівельними роботами.

При будівництві групи об'єктів за хватку можна прийняти об'єкт в цілому або його частину (секцію чи кілька секцій житлового будинку, прогін одноповерхової промислової будівлі тощо). Як правило, об'єкти розчленовуються на хватки з постійними межами для виконання різних процесів. В окремих випадках можна ділити об'єкт на змінні хватки, межі і розміри яких устанавлюються для окремих процесів, в залежності від їх трудомісткості.

Організація будівельного потоку основана на розрахунку його параметрів, до яких відносять: число потоків (бригад) – n ; число хваток – N ; ритм бригади – $t_{бр.}$; крок потоку – k ; інтенсивність потоку – I .

Ритмом бригади ($t_{бр.}$) називають тривалість виконання бригадою циклу роботи на одній хватці.

Кроком потоку (k) називають відрізок часу, через який з потоку отримують готову продукцію.

Інтенсивність потоку характеризується обсягом продукції, що випускається потоком за одиницю часу (робочу зміну).

За характером організації поточного процесу потоки можуть бути ритмічними і неритмічними. В ритмічних потоках ритми кожної бригади на всіх хватках рівні, а ритми різних бригад можуть бути рівними або різними. В першому випадку потік буде рівноритмічним, а в другому – різноритмічним.

2 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ПОТОКІВ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

2.1 Основні принципи проектування потоків

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

Завданням проектування будівельного потоку є визначення таких параметрів потоку що, з урахуванням раціональної технології і організації робіт з усіх об'єктів, забезпечують їх будівництво у межах нормативної

тривалості, безперервне завантаження ресурсів (бригад, машин) і безперервність ведення будівельно–монтажних робіт (БМР) на кожному з об'єктів [2].

Визначені **принципи й послідовність** проектування потоку для зведення однорідних об'єктів.

- Встановлюємо об'єкти, що підлягають будівництву потоковим методом, тобто близькі за конструктивним рішенням, плануванням, поверховістю і т. д.

- Розчленовуємо об'єкт на процеси, бажано рівні або кратні за трудомісткістю.

- Встановлюємо доцільну послідовність процесів зведення об'єкта і з'єднуємо взаємозалежні процеси в загальний сукупний процес.

- Встановлюємо послідовність внесення в потік будівництва окремих об'єктів, закріплюємо процеси за бригадами.

- Оснащуємо бригади будівельними машинами, інструментом, пристроями.

- Розраховуємо основні параметри потоку.

- Проектуємо перебазування з об'єкта на об'єкт у встановленій послідовності.

2.2 Класифікація будівельних потоків

Будівельні потоки класифікуються (рис.1):

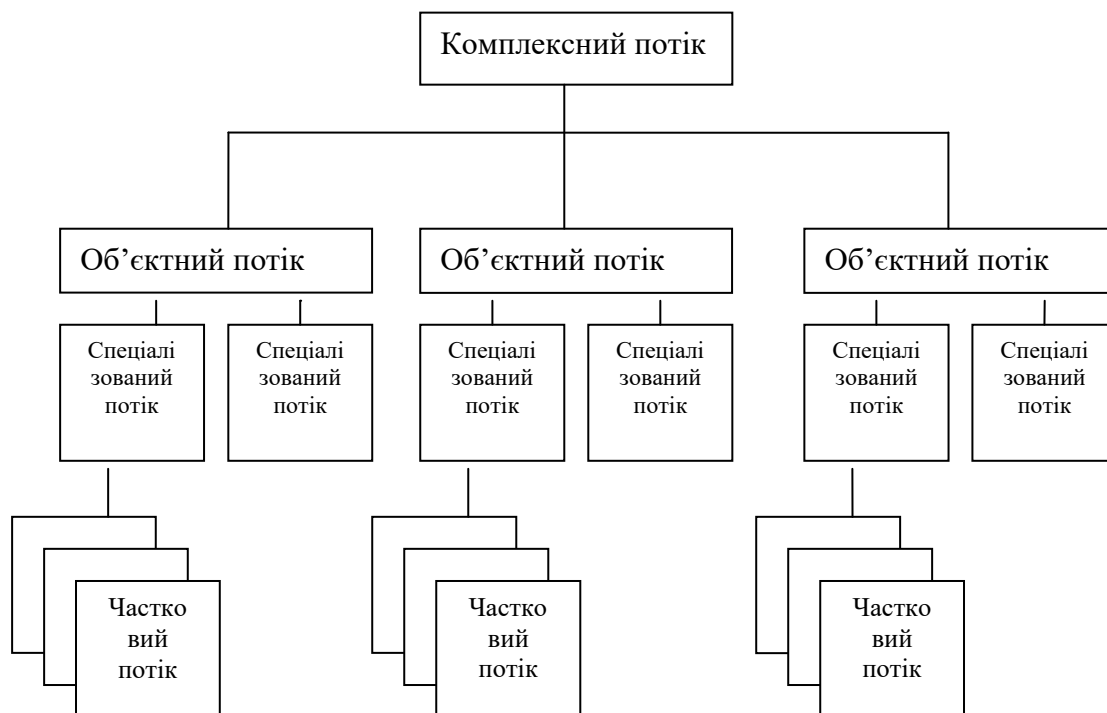


Рисунок 1 – Класифікація будівельних потоків

I. За структурою і видом продукції:

- частковий;
- спеціалізований,
- об'єктний,
- комплексний

Частковий потік – елементарний потік, що являє собою один або декілька процесів, виконуваних одним колективом (бригадою, ланкою) на окремих фронтах робіт. Продукцією його можуть бути, наприклад, влаштування фундаменту, штукатурні роботи.

Спеціалізований потік – сукупність технологічно ув'язаних часткових потоків, об'єднаних єдиною системою параметрів і схемою потоку. Продукцією є закінчений вид робіт, частина будинку (підземна частина, надземна частина).

Часткові спеціалізовані потоки можуть мати різні напрямки розвитку:

- а) потоки одноповерхових промислових будинків, потоки нульового циклу, влаштування покрівлі мають горизонтальний напрямок;
- б) потоки зі зведення коробки багатоповерхового будинку – горизонтально висхідні або вертикально спрямовані;
- в) потоки опоряджувальних робіт – вертикально висхідні або вертикально спадні.

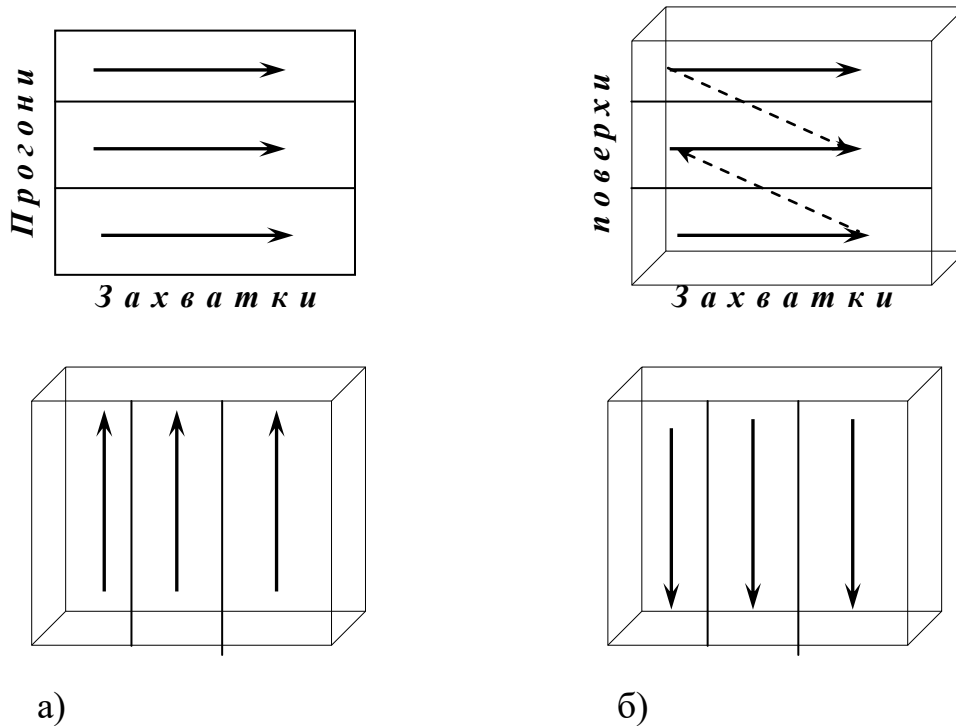


Рисунок 2 – Будівельні потоки (а) вертикально висхідні, б) вертикально спадні)

Об'єктний потік – сукупність технологічно й організаційно пов'язаних спеціалізованих потоків, спільною продукцією яких є побудовані окремі будинки (споруди).

Комплексний потік – сукупність організаційно зв'язаних об'єктних потоків, спільною продукцією яких є промислове підприємство, житловий масив.

II. За характером ритмічності потоки бувають:

- ритмічні,
- неритмічні.

3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РИТМІЧНОГО БУДІВЕЛЬНОГО ПОТОКУ

3.1 Розрахунок ритмічних будівельних потоків з рівними і кратними ритмами

Ритмічним потоком називається потік, в якому кожна бригада працює на кожній захватці протягом однакового часу і має однаковий ритм роботи [3].

Ритм потоку – тривалість роботи бригад на відведеній їй захватці, $t_{бр.}$.

Крок потоку – проміжок часу між початком робіт двох суміжних потоків, k .

Тривалість потоку T містить дві основні складові: τ – період розгортання потоку (час, протягом якого в будівельний потік поступово задіюються всі бригади, які беруть участь в будівельному процесі);

$T_{п}$ – тривалість роботи завершального потоку на всіх захватках (об'єктах).

До просторових параметрів відносять: загальну кількість захваток, поверхів, ярусів або об'єктів на які розділений даний потік, N .

Захватка – частина об'єкта або його конструктивного елемента з однаковими комплексами будівельних робіт, що повторюються.

Розміри захваток визначають з таким розрахунком, щоб тривалість виконання окремих процесів складала не менше двох змін, а місце розташування меж захватки відповідало архітектурно-планувальним і конструктивним рішенням.

Ярус – умовне розділення об'єкта будівництва за висотою, викликане технологічною необхідністю.

Організаційними параметрами потоку є: часткові, спеціалізовані, об'єктні, комплексні потоки, що беруть участь у будівництві, n .

Роботу потоку називають ритмічною, якщо переходячи з захватки на захватку, він зберігає незмінний ритм, тобто тривалість роботи на всіх захватках (об'єктах) однакова.

Якщо в потоці працюють декілька бригад, і в кожній наступній повторюється ритм попередньої, такі потоки називають **рівноритмічними**. На рис. 3 показана циклограма рівноритмічного потоку. По вертикалі вказані номери захваток, по горизонталі – тривалість будівництва. Похилими лініями позначені потоки (бригади).

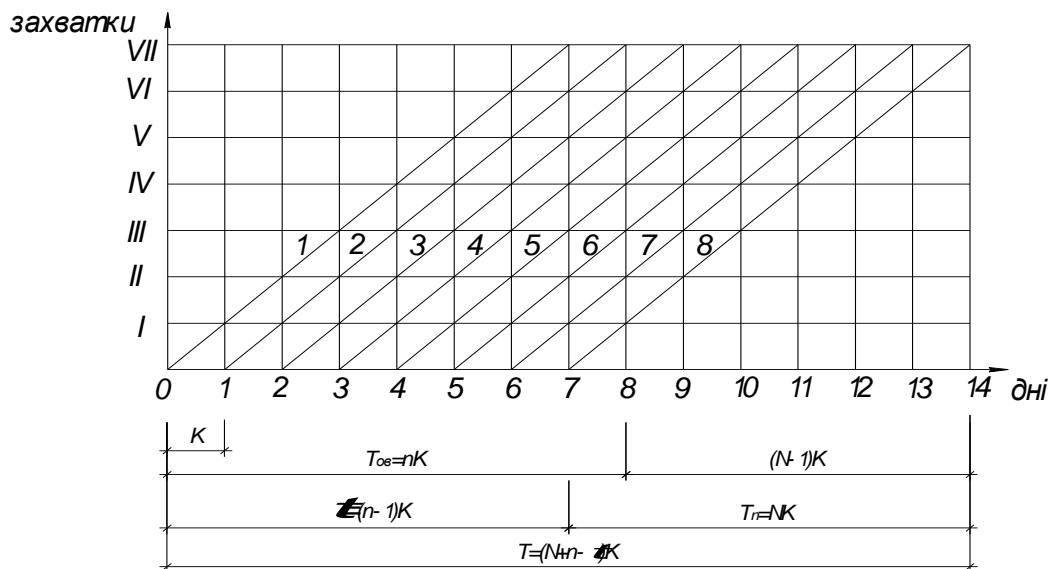


Рисунок 3 – Рівноритмічні будівельні потоки

Для розрахунку рівноритмічних потоків користуємося такою формулою:

$$T = (N + n - 1)k, \quad (3.1)$$

- де T – тривалість будівництва;
- N – кількість захваток;
- n – кількість будівельних бригад;
- k – крок

Для визначення оцінки стабільності будівельного потоку α , користуємося формулою:

$$\alpha = \frac{N - n + 1}{N + n - 1}, \quad (3.2)$$

де α – оцінка стабільності будівельного потоку

$$T = T_{об} + (N-1)k, \quad (3.3)$$

де $T_{об}$ – нормативний термін будівництва об'єкта;

$$T_{об} = n \times k,$$

де n – кількість будівельних бригад;

k – крок.

Кратноритмічними потоками називаються потоки, в яких ритми роботи співвідносяться як цілі числа. Таке співвідношення ритмів має назву – кратність k . Величина кратності вказує на кількість бригад, які працюють в даному потоці. Для даного типу потоків тривалість будівництва визначається за формулою (3.1). Тільки слід пам'ятати, що бригад (n) – кількість бригад (n) – приймають з урахуванням величини кратності, k , а k – найменший ритм роботи, який дорівнює кроку потоку.

Оцінка стабільності будівельного потоку α , розраховується за формулою (3.2). При значеннях $\alpha \leq 0$ потік вважається нестабільним і, відповідно, $\alpha > 0$ – стабільним [3].

Приклад 1. Будівництво чотирьох житлових будівель організовується п'ятьма спеціалізованими потоками. Тривалість роботи кожного потоку на одній будівлі 2 місяці. Визначити характер комплексного потоку, тривалість роботи, коефіцієнт стабільності. Побудувати циклограму.

Рішення.

Записуємо коротко умову задачі.

$$N=4$$

1). Потік рівномірний.

$$n=5$$

2). Використаємо формулу (3.1)

$$k=2 \text{ міс.}$$

$$T = (N+n-1) \times k = (4+5-1) \times 2 = 16 \text{ міс.}$$

$$T - ? \quad \alpha - ?$$

$$\alpha = \frac{N - n + 1}{N + n - 1} = \frac{4 - 5 + 1}{4 + 5 - 1} = 0$$

Потік стабільний.

Графічне зображення показано на рисунку 4

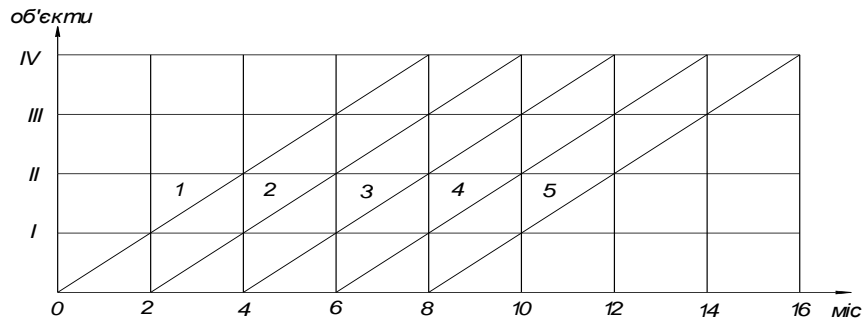


Рисунок 4 – Тривалість будівництва житлових будівель

Приклад 2. Визначити крок потоку забудови мікрорайону вісьмома типовими житловими будинками. Загальна тривалість будівництва – 16 місяців. Нормативна тривалість будівництва однієї будівлі – 9 місяців. Побудувати циклограму.

Рішення.

$$N=8$$

$$T=16 \text{ міс.}$$

$$T_{об}=9 \text{ міс.}$$

$k=?$

Записуємо коротко умову задачі.

1). Використаємо формулу (3.3)

$$T=T_{об}+(N-1)k,$$

$$k=\frac{T-T_{об}}{N-1}=\frac{16-9}{8-1}=1 \text{ міс.}$$

2). Щоб побудувати циклограму, необхідно визначити кількість спеціалізованих потоків, що беруть участь в зведенні мікрорайону.

$$T_{об}=n \times K; \tag{3.4}$$

$$n=\frac{T_{об}}{K}=\frac{9}{1}=9$$

Графічне зображення показано на рисунку 5.

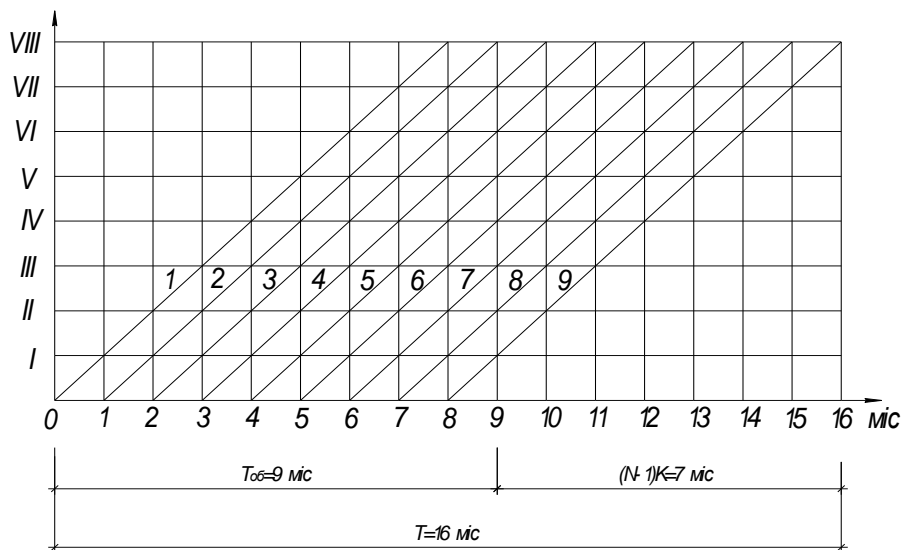


Рисунок 5 – Тривалість будівництва при зведенні мікрорайону

Приклад 3. Здійснюється будівництво чотирьох об'єктів двома спеціалізованими потоками. Тривалість роботи кожного потоку на об'єктах відповідно дорівнює $k_1=2$ міс.; $k_2=4$ міс.

Рішення 1.

$N=4$

$k_1=2$ міс.

$k_2=4$ міс.

$T=?$

Визначаємо тривалість будівництва за допомогою циклограми (рисунок 6)

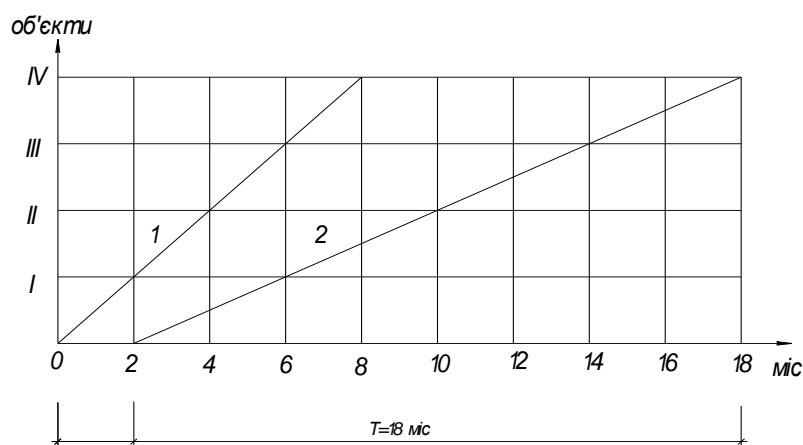


Рисунок 6 – Кратноритмічні будівельні потоки

Рішення 2

$N=4$

$k_1=2$ міс.

Із умови задачі видно, що це кратноритмічні потоки
Визначаємо коефіцієнт кратності

$$k_2 = 4 \text{ міс.}$$

$$k = K_1 / K_2 = 4 / 2 = 2$$

В другому будівельному потоці працюють дві бригади. Робота їх організовується таким чином. Одна бригада ділиться на ланки (2 і 4) працює на непарних захватках, а друга (3 і 5) на парних. Для знаходження тривалості будівництва використовують формулу (3.1).

$$T = (N + n - 1) k = (4 + 3 - 1) 2 = 12 \text{ міс.}$$

Графічне зображення показано на рисунку 7.

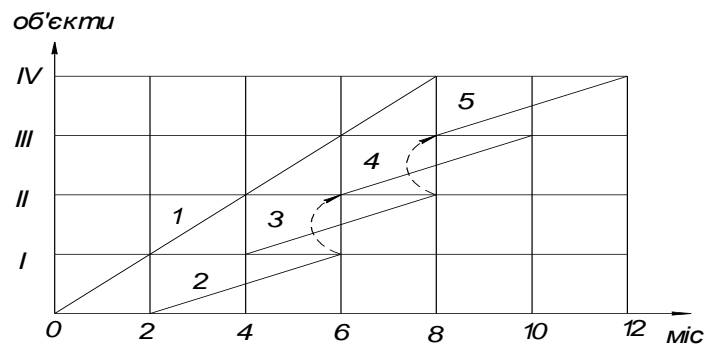


Рисунок 7 – Тривалість будівництва кратноритмічних будівельних потоків

Приклад 4. Будівництво шести сучасних житлових будівель виконується будівельною організацією. Роботи виконуються спеціалізованими потоками:

- 1) улаштування нульового циклу; 2) монтаж надземної частини;
- 3) улаштування покрівлі. Тривалість виконання робіт на об'єкті складає відповідно 20, 40, 60 днів.

Побудувати циклограму будівельного потоку, якщо:

- а) мати по одній бригаді кожної спеціальності;
- б) мати дві бригади монтажників, три бригади покрівельників і одну бригаду бетонувальників.

Визначити тривалість будівництва об'єктів у першому та другому випадках.

Рішення.

$$N = 6$$

$$k = 20 \text{ дн.}$$

$$k = 40 \text{ дн.}$$

а) У першому випадку тривалість будівництва визначається графічним способом по циклограмі

$k = 60$ дн.

$T_{1 \text{ вар}} - ?$

$T_{2 \text{ вар}} - ?$

Графічне зображення показано на рисунку 8

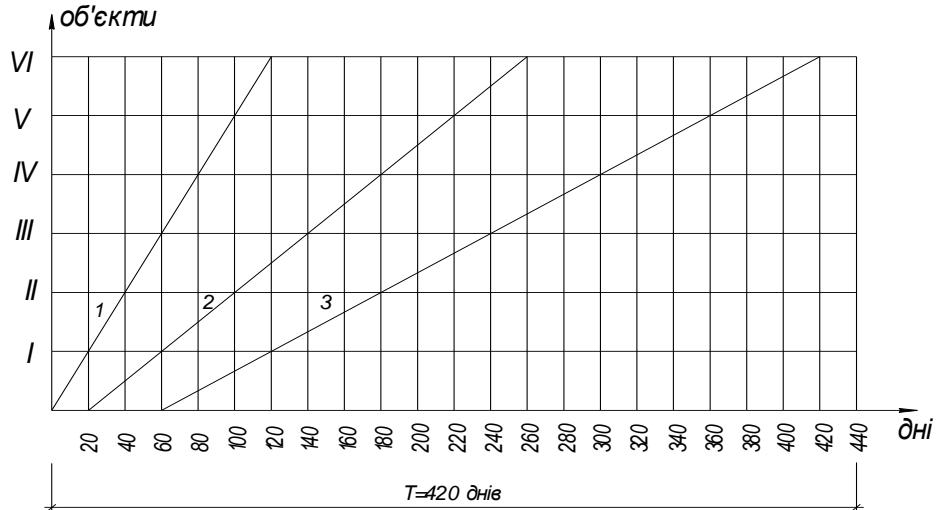


Рисунок 8 – Кратноритмічні будівельні потоки

б) У другому випадку має місце кратноритмічний будівельний потік. Загальна чисельність бригад, зайнятих на будівництві, $n = 1+2+3=6$, найменший ритм роботи бригади $k=20$ дн. Тривалість будівництва визначається за формулою: $T=(N+n-1)k$, тоді $T=(6+6-1)20=220$ дн.

Графічне зображення показано на рисунку 9

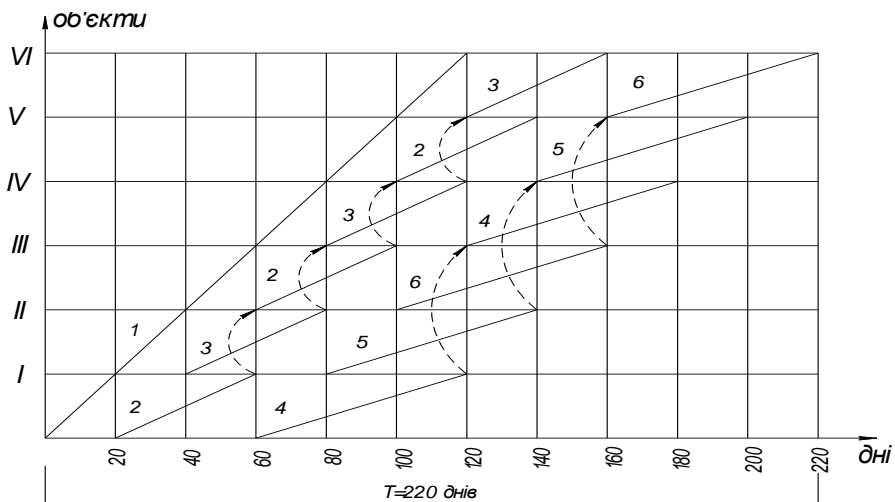


Рисунок 9 – Тривалість будівництва житлових будинків

Застосування кратноритмічних потоків дозволяє значно скоротити строки будівництва: з 420 днів у першому випадку до 220 днів до другому випадку.

Варіанти завдань (Додаток А).

3.2 Розрахунок ритмічних будівельних потоків з нерівними і некрatними ритмами

3.2.1 Якщо у будівництві беруть участь декілька бригад, що виконують свій комплекс робіт по захватках ритмічно, а між бригадами ритми на одних і тих же захватках не рівні і не кратні, то такі потоки називають **ритмічними з нерівними і некрatними ритмами**. Визначення усіх параметрів таких потоків може здійснюватись або графічно, або аналітично, тобто за формулами [4].

3.2.2 Графічна побудова проводиться таким чином. На координатну сітку наносять лінію роботи першої бригади. Для того щоб побудувати лінію роботи другої бригади, необхідно зробити аналіз ритмів роботи першої і другої бригад. Можливі такі два варіанти.

- Якщо за бригадою з меншим ритмом вступає у роботу бригада з більшим ритмом, то побудову починають з першої захватки. Початок роботи другої бригади відповідає моменту закінчення роботи першої бригади на першій захватці.
- Якщо за бригадою з більшим ритмом у роботу вступає бригада з меншим ритмом, то побудову починають з останньої захватки. Початок роботи другої бригади на останній захватці відповідає моменту закінчення роботи першої бригади на останній захватці. На усі попередні захватки, до першої включно, продовжуємо лінію роботи другої бригади. Точка перетину цієї лінії з віссю тривалості покаже початок роботи другої бригади на першій захватці.

3.2.3 Проміжок часу між початком роботи наступної бригади і закінченням роботи попередньої у межах однієї і тієї ж захватки називають **розривом**. Для ритмічних потоків з нерівними і некрatними ритмами розрив визначається за формулою:

$$a=(t_{n-1}-t_n)(N-1), \quad (3.5)$$

де t_{n-1} – ритм роботи попередньої бригади;

t_n – ритм роботи наступної бригади;

N – кількість захваток.

Зміщення – проміжок часу між початками роботи для двох суміжних бригад на даній захватці:

$$S = t_{\Pi-1} + a_{\max}, \quad (3.6)$$

де $t_{\Pi-1}$ – ритм роботи попередньої бригади;

a_{\max} – розрив між двома суміжними бригадами на першій захватці.

Для кожної пари бригад необхідно обрахувати свої значення a_{\max} і S . Потрібно пам'ятати, що розрив на першій захватці є у випадку, коли за бригадою з більшим ритмом вступає у роботу бригада з меншим ритмом, якщо навпаки, то зміщення чисельно дорівнює ритму роботи попередньої бригади, оскільки $a=0$, то $S = t_{\Pi-1}$

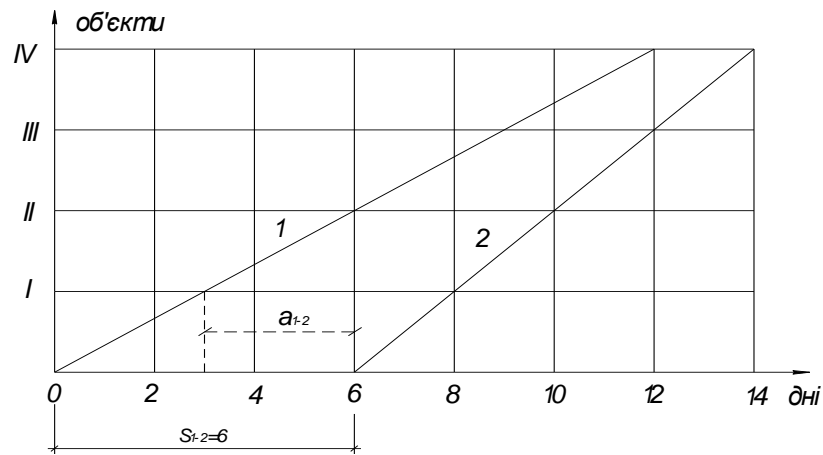


Рисунок 10 – Ритмічні будівельні потоки з нерівними та некратними ритмами

Тривалість будівництва при роботі ритмічного потоку з нерівними і некратними ритмами визначається за формулою:

$$T = \sum_1^{\Pi-1} S + T_{\Pi}, \quad (3.7)$$

де $\sum_1^{\Pi-1} S$ – сума зміщень;

T_{Π} – тривалість роботи бригади, що завершує даний цикл робіт

При графічному визначенні зміщення на координатні осі з початку наносять лінію роботи попередньої бригади з більшим ритмом, потім наступну з меншим ритмом роботи, яка починає роботу з першої захватки,

після того, як її звільнить попередня бригада. Для визначення величини розриву аналізують роботу наступної бригади. Визначають усі розриви в часі бригад і найбільше значення приймають за розрив a_{\max} . А саме: на скільки потрібно змістити початок роботи наступної бригади, щоб ліквідувати простої (рис. 11).

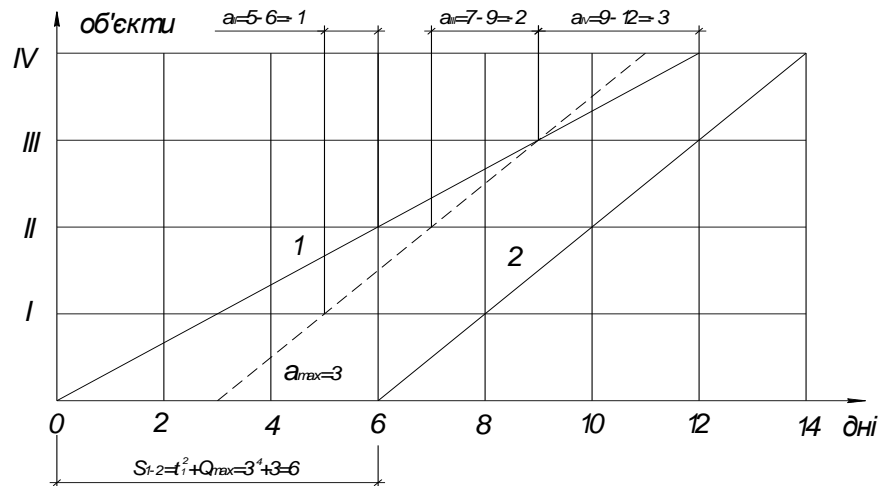


Рисунок 11 – Графічне визначення зміщення в роботі двох суміжних бригад

Приклад 1. Здійснюється будівництво трьох об'єктів соціального призначення. Роботи виконуються трьома спеціалізованими потоками з такими ритмами: $t_1=2$ міс., $t_2=3$ міс., $t_3=2$ міс.

Визначити тривалість будівництва комплексу об'єктів соціального призначення, зміщення, розриви в часі та побудувати циклограму.

Рішення.

$$N=3$$

$$n=3$$

$$t_1=2 \text{ міс.},$$

$$t_2=3 \text{ міс.},$$

$$t_3=2 \text{ міс.}$$

$$T-? \quad S-? \quad a-?$$

Для побудови циклограми використаємо п.3.2.2.

Графічне зображення показано на рисунку 12.

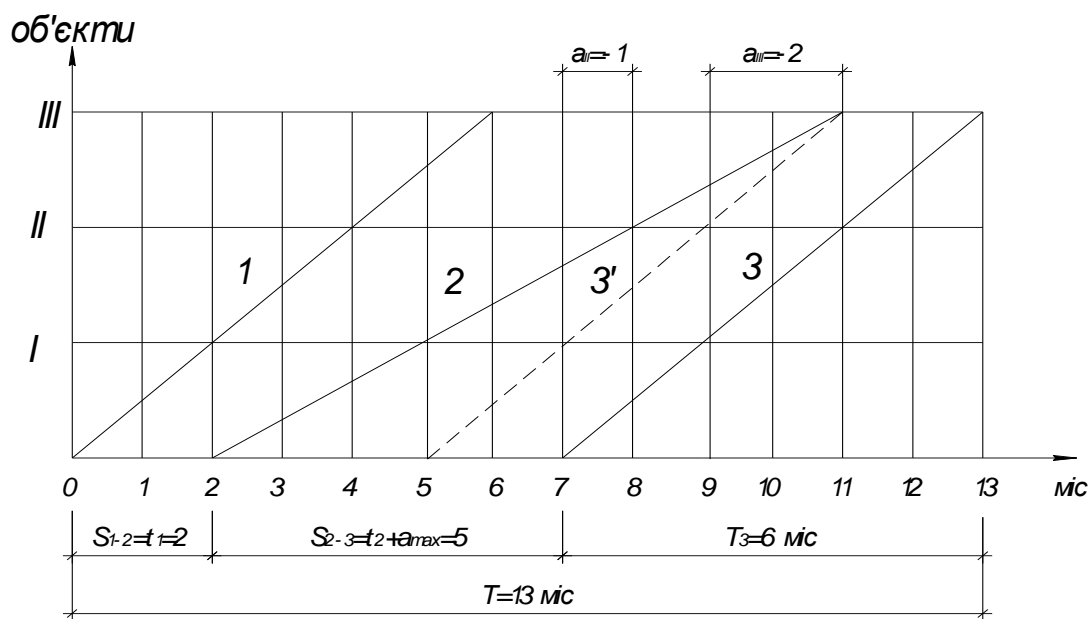


Рисунок 12 – Тривалість будівництва об'єктів соціального призначення

Оскільки ритм роботи бригади другої більший за ритм роботи бригади першої, то початок роботи бригади другої буде починатися після закінчення роботи бригади першої на першій захватці, тоді зміщення між першою та другою будівельними бригадами буде дорівнювати 2 міс.

Аналізуємо роботу бригад другої та третьої. Ритм роботи бригади третьої менший, ніж ритм роботи бригади другої, а тому побудову починаємо з останньої захватки. На координатну сітку наносимо лінію роботи бригади третьої і продовжуємо її до перетину з віссю тривалості будівництва (T). Зміщення між другою та третьою будівельними бригадами, використовуючи формули розрахунку, буде дорівнювати 5 міс. Тривалість роботи будівельної бригади третьої, що завершує цикл робіт дорівнює 6 міс., а тому тривалість будівництва об'єктів соціального призначення $T=13$ міс.

Приклад 2. Проектується будівництво промислового комплексу, що складається з п'яти об'єктів. Роботи здійснюються чотирма спеціалізованими потоками з такими ритмами: $t_1=1$ міс., $t_2=4$ міс., $t_3=2$ міс., $t_4=3$ міс. Визначити тривалість будівництва промислового комплексу Побудувати циклограму. Вирахувати простой на третьому об'єкті і тривалість його будівництва.

Рішення.

$$N=5$$

$$n=4$$

$$t_1=1 \text{ міс.}$$

$$t_2=4 \text{ міс.}$$

$$t_3=2 \text{ міс.}$$

$$t_4=3 \text{ міс.}$$

$$T=?$$

Тривалість будівництва промислового комплексу визначаємо за формулою (3.7)

$$T = \sum_1^{n-1} S + T_n \quad \text{або}$$

$$T = S_{1-2} + S_{2-3} + S_{3-4} + T_n.$$

Визначаємо S_{1-2} ; S_{2-3} ; S_{3-4} ; T_n ; $T_n = t_4 * N = 3 * 5 = 15 \text{ міс.}$

Щоб визначити зміщення, необхідно скористатись формулою (3.6)

$S_{1-2} = t_1 + a_{1-2}$; $a_{1-2} = (t_1 - t_2)(N - 1) = (1 - 4)(5 - 1) = -12 \text{ міс.}$; в такому випадку a_{1-2} приймають рівним нулю. $S_{1-2} = 1 \text{ міс.}$

$S_{2-3} = t_2 + a_{2-3}$; $a_{2-3} = (4 - 2)(5 - 1) = 8 \text{ міс.}$; $S_{2-3} = 4 + 8 = 12 \text{ міс.}$

$S_{3-4} = t_3 + a_{3-4}$; $a_{3-4} = (t_3 - t_4)(N - 1) = (2 - 3)(5 - 1) = -8 \text{ міс.}$; $a_{3-4} = 0$;

$S_{3-4} = t_3 = 2 \text{ міс.}$

Тривалість будівництва дорівнює

$$T = \sum_1^{n-1} S + T_n = (1 + 12 + 2) + 15 = 30 \text{ міс.}$$

Циклограма зображена на рисунку 13. По циклограмі знаходимо простої на третьому об'єкті. Вони складають $\Pi = 6 + 4 + 2 = 12 \text{ міс.}$, а тривалість його будівництва $T''' = 22 \text{ міс.}$

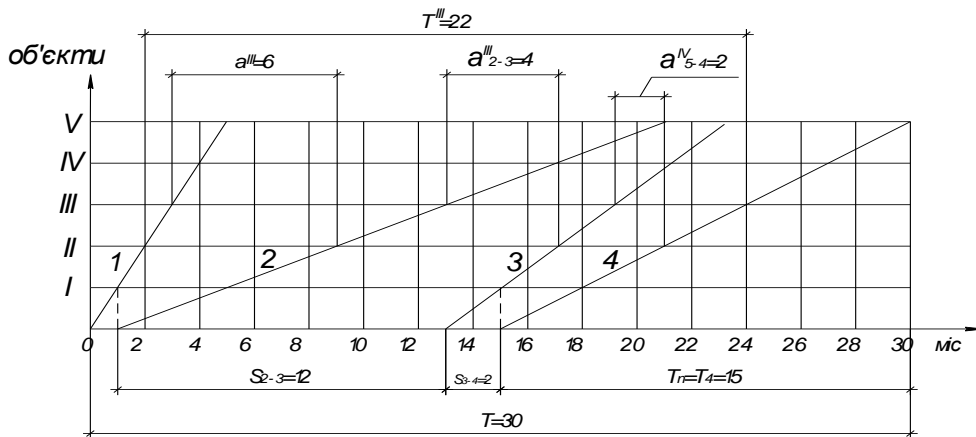


Рисунок 13 – Тривалість будівництва промислового комплексу

Варіанти завдань (Додаток Б).

4 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ НЕРИТМІЧНОГО БУДІВЕЛЬНОГО ПОТОКУ

Якщо бригада, переходячи з захватки на захватку, змінює тривалість роботи, то кажуть, що вона працює неритмічно. Лінія роботи бригади на графіку буде ламаною (рис. 14). Неритмічні потоки більше всього зустрічаються у промисловому будівництві, коли неможливо розчленити об'єкт на рівновеликі за трудомісткістю захватки і досягти однакового ритму. Основна складність розрахунку таких потоків полягає у визначенні величини зміщення, тобто моменту вступу у роботу кожної наступної бригади [5].

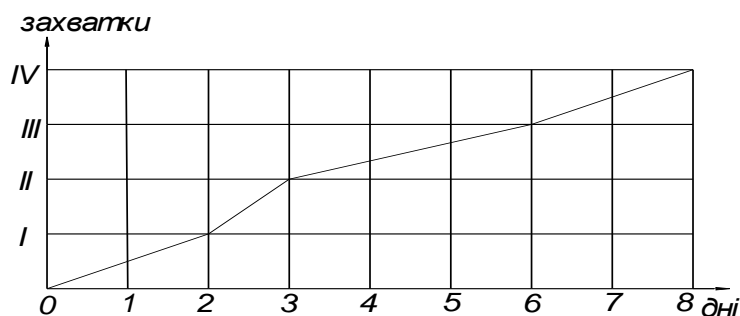


Рисунок 14 – Неритмічний будівельний потік

Якщо у будівництві беруть участь декілька бригад, кожна із якої працює неритмічно, але всі вони мають однаковий ритм на одних і тих же

захватках, то такі потоки називають **неритмічними з однорідною зміною ритму**.

На рисунку 15 показано, ритм роботи кожного бригади на однойменних захватках однаковий, а в середині потоку ритми роботи не рівні і не кратні.

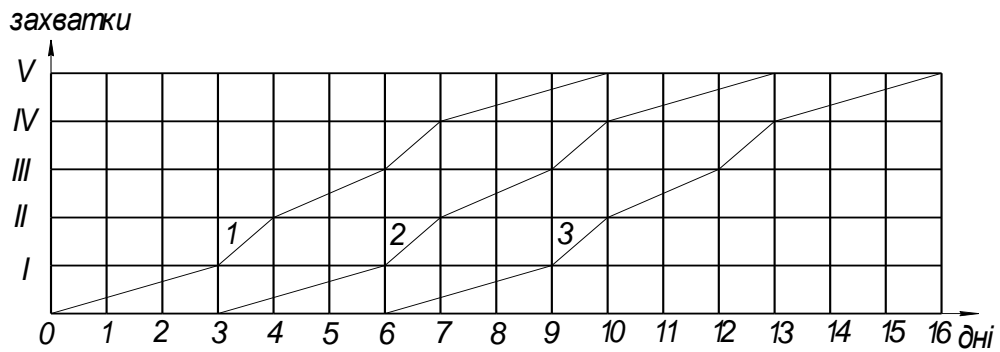


Рисунок 15 – Неритмічні будівельні потоки з однорідною зміною ритму

Графічний метод розрахунку полягає у нижчевикладеному. На координатну вісь наносять лінію роботи першої бригади. За початок роботи другої бригади беруть час, коли перша бригада звільнить першу захватку. Наносять пунктиром лінію роботи другої бригади (рисунку 16). Аналізуючи роботу двох бригад на однойменних захватках, визначають величини розривів або простоїв бригад. Найбільше значення (a_{\max}) вкаже, на скільки необхідно змістити початок роботи другої бригади, щоб запобігти простоїв. Наносимо наступні лінії роботи бригад через інтервал a_{\max} .

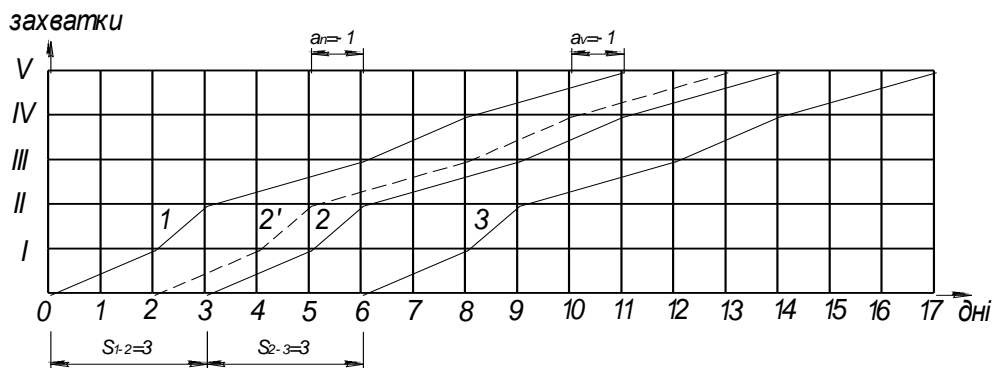


Рисунок 16 – Графічний метод розрахунку неритмічних будівельних потоків з однорідною зміною ритму

За даними рисунку 16 величина зміщення між першою і другою бригадами дорівнює трьом одиницям часу, що також можна визначити аналітично, використовуючи формулу

$$S_{1-2}=t_1+a_{\max}=2+1=3 \text{ міс.},$$

де t_1 – тривалість роботи першої бригади на першій захватці;

a_{\max} – максимальний розрив, визначений за графіком.

Оскільки третя та всі решта бригад у точності повторюють ритми роботи попередніх, то можна стверджувати, що зміщення між бригадами будуть однакові і чисельно дорівнювати трьом одиницям часу:

$$S = S_{1-2} = S_{2-3} = 3 \text{ міс.}$$

Відповідно до вищевказаного, формула розрахунку тривалості будівництва для неритмічного потоку з неоднорідними змінами ритму у наступному вигляді:

$$T=(n-1)S+T_{\text{п}}, \quad (4.1)$$

де n – кількість потоків;

S – зміщення;

$T_{\text{п}}$ – тривалість роботи бригади, що завершує даний цикл робіт

Якщо зробити аналіз заданих ритмів роботи бригад по захватках, то виконується така закономірність: величина зміщення чисельно дорівнює найбільшому із заданих ритмів. Так, у розглянутому прикладі найбільший ритм – це тривалість роботи бригади на третій захватці, що дорівнює трьом одиницям часу. Тому формула (5.1) може бути видозмінена так:

$$T=(n-1)t_{\max}+T_{\text{п}}, \quad (4.2)$$

де t_{\max} – максимальний ритм роботи бригади на будь-якій із захваток.

Якщо у будівництві беруть участь декілька бригад, кожна із яких працює неритмічно і всі вони мають неоднаковий ритм роботи на одних і тих же захватках, то такі потоки називають **неритмічними з неоднорідною зміною ритму** (рис. 17).

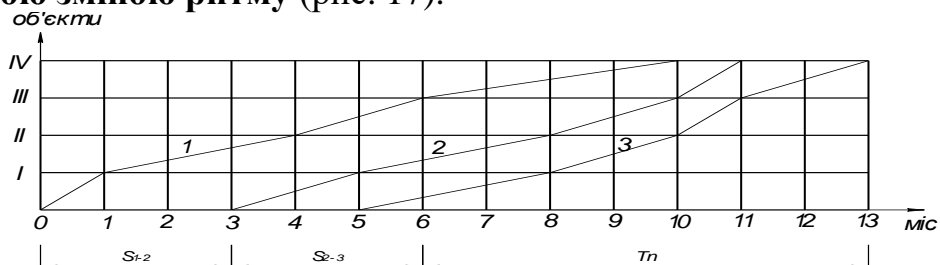


Рисунок 17 – Неритмічні будівельні потоки з неоднорідною зміною ритму

Розрахунок неритмічних будівельних потоків з неоднорідною зміною ритму виконують у табличній формі, яка має такі етапи [6,7].

Перший етап табличного розрахунку – заповнення у відповідній формі ритмів роботи бригад.

Захватки				
бригади (потоки)	I	II	III	IV
1	2	3	5	2
2	4	1	3	2
3	2	5	3	2
4	3	1	4	3

Другий етап – визначення тривалості роботи кожної з бригад на кожній хватці від моменту вступу її у роботу до завершення роботи на даній хватці. Для цього потрібно наростаючим підсумком записати суми ритмів роботи бригади послідовно по усіх хватках. Так, для першої бригади сума наростаючим підсумком запишеться так: $0+2=2$, $2+3=5$, $5+5=10$, $10+2=12$. Аналогічно для решти бригад. Результати записуються в таблицю.

Захватки				
бригади (потоки)	I	II	III	IV
Загальна тривалість роботи бригад від початку їх вступу до закінчення роботи на даній хватці				
1	2	5	10	12
2	4	5	8	10
3	2	7	10	12
4	3	4	8	11

Сумарна тривалість роботи всіх бригад $\sum T_{бр}=45$.

Третій етап – установлення розривів часу між кінцем роботи попередньої і початком роботи наступної бригади на одній хватці. Максимальний розрив відповідає зміщенню початків роботи суміжних бригад. Розрив між 1 та 2 бригадами визначається: $2-0=2$ – на першій хватці, $5-4=1$ – на другій хватці, $10-5=5$ – на третій і $12-8=4$ – на четвертій.

Захватки	I	II	III	IV	Максимальне значення
бригади (потoki)					
Розрив у часі між кінцем роботи попередньої і початком роботи наступної бригади					
Між першою і другою бригадами	2	1	5	4	5
Між другою і третьою бригадами	4	3	1	0	4
Між третьою і четвертою бригадами	2	4	6	4	6

Четвертий етап – визначення простоїв захваток між суміжними бригадами. Для цього послідовно від максимального розриву віднімаються розриви і отримані, за модулем значення записуються у відповідні графи таблиці.

Простій першої захватки між першою та другою бригадами дорівнює $2-5 = -3$, між 2 та 3 – $4-4=0$ і т. д.

Захватки	I	II	III	IV
бригади (потoki)				
Простій захваток				
Між першою і другою бригадами	-3	-4	0	-1
Між другою і третьою бригадами	0	-1	-3	-4
Між третьою і четвертою бригадами	-4	-2	0	-2
Сумарний простій	-7	-7	-3	-7

Вирахувані значення зміщень дозволяють побудувати циклограму $\sum P_3 = -24$ неритмічного потоку з неоднорідними змінами ритму.

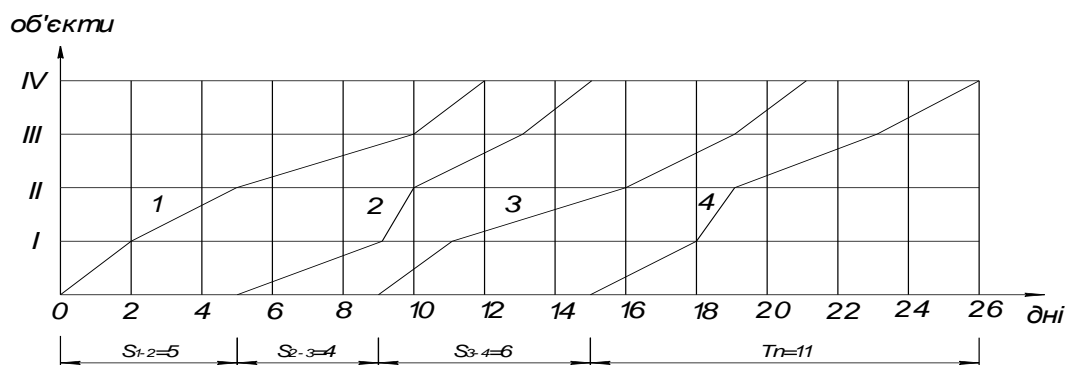


Рисунок –18 Тривалість будівництва неритмічного будівельного потоку з неоднорідною зміною ритму

Із циклограми видно, що тривалість роботи потоку дорівнює сумі зміщень між суміжними бригадами і тривалість роботи бригади, що завершує даний цикл робіт, тобто для розрахунку використана формула 4.3

$$T = \sum_1^{n-2} S + T_n; \quad (4.3)$$

$$T = (5 + 4 + 6 + 11) = 26 \text{ міс.}$$

Щільність потоку – це відношення сумарної тривалості роботи бригад до суми простоїв захваток і тривалості роботи усіх бригад.

$$K = \frac{\sum T_{бр}}{\sum T_{бр} + \sum П_3} \quad (4.4)$$

де $\sum T_{бр}$ – сумарний час роботи усіх бригад (див. II етап розрахунку);
 $\sum П_3$ – сумарний час простою усіх захваток (див. IV етап розрахунку).

Підставимо значення та вирахуємо K:

$$K = \frac{45}{45 + 24} = 0,65.$$

Щільність потоку вказує на наявність організаційних простоїв захваток, які впливають на збільшення тривалості будівництва.

Варіанти завдань (Додаток В).

5 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Час роботи бригади на одній захватці це:

- 1) крок потоку;
- 2) ритм потоку;
- 3) тривалість будівництва;
- 4) тривалість часткового потоку.

2. Сукупність технологічно ув'язаних часткових потоків, об'єднаних єдиною системою параметрів і схемою потоку називають:

- 1) спеціалізований потік;
- 2) частковий потік;
- 3) комплексний потік;
- 4) об'єктний потік.

3. Потік, в якому кожна бригада працює на кожній захватці протягом однакового часу і має однаковий ритм роботи називають:

- 1) неритмічними потоками;
- 2) неритмічними потоками з однорідною зміною ритму;
- 3) ритмічними потоками;
- 4) ритмічними потоками з однорідною зміною ритму.

4. Тривалість для неритмічного потоку з однорідною зміною ритму визначається за формулою:

- 1) $T = S + T_n$;
- 2) $T = (n-1) S + T_n$;
- 3) $T = (n-1) t_{max} - T_n$;
- 4) $T = (n-1) t_{max} + T_n$.

5. Умовне розділення об'єкта будівництва по висоті, викликане технологічною необхідністю, називають:

- 1) захваткою;
- 2) ярусом;
- 3) поверхом;
- 4) технологічною перервою.

6. Для рівноритмічних потоків тривалість будівництва визначають за формулою:

- 1) $T_n = N \times k$;
- 2) $T = T_{об} + (N-1)k$;
- 3) $T = N \times K_{хп}$;
- 4) $T = (N+n-1)k$.

7. Якщо у будівництві беруть участь декілька бригад, що виконують свій комплекс робіт по захватках ритмічно, а між

бригадами ритми на одних і тих же захватках не рівні і не кратні, то такі потоки називають:

- 1) ритмічними з нерівними ритмами;
- 2) ритмічними з некрatними ритмами;
- 3) ритмічними з нерівними і некрatними ритмами;
- 4) неритмічними з нерівними ритмами.

8. Для ритмічних потоків з нерівними і некрatними ритмами розрив визначається за формулою:

1) $a = (t_n + t_{n-1}) (N-1)$,
де t_{n-1} – ритм роботи попередньої бригади;
 t_n – ритм роботи наступної бригади;
 N – кількість захваток;

- 2) $a = (t_n - t_{n+1}) (N+1)$;
- 3) $a = (t_{n-1} + t_n) (N-1)$;
- 4) $a = (t_{n-1} - t_n) (N+1)$.

9. Тривалість роботи бригади на відведеній їй захватці називають:

- 1) тривалість потоку;
- 2) крок потоку;
- 3) ритм роботи бригади;
- 4) ритм роботи потоку.

10. Нормативний термін будівництва визначається за формулою:

1) $T_{об.} = N \times k$;
де N – кількість захваток;
 k – крок потоку;
 n – кількість потоків;

- 2) $T_{об.} = N + k$;
- 3) $T_{об.} = N \times (k-1)$;
- 4) $T_{об.} = n \times k$.

11. Перший етап табличного розрахунку:

- 1) визначення тривалості роботи кожної бригади на кожній захватці від моменту початку її роботи до завершення роботи на даній захватці;
- 2) визначення простоїв захваток між суміжними бригадами;
- 3) заповнення у відповідній формі ритмів робіт бригад по захватках.

12. Тривалість для неритмічних будівельних потоків з неоднорідною зміною ритмів визначається за формулою:

- 1) $T = S + T_N$;
- 2) $T = (n-1) S + T_n$;
- 3) $T = S + T_n$;
- 4) $T = (n-1) S - T_n$.

13. Зміщення в неритмічних потоках з однорідною зміною ритмів дорівнює:

- 1) ритму роботи бригади на першій захватці;
- 2) найменшому із заданих ритмів роботи бригади;
- 3) найбільшому із заданих ритмів роботи бригади;
- 4) тривалості будівництва.

14. Неритмічними потоками з однорідними ритмами називають потоки, у яких:

- 1) ритми роботи бригад на одних і тих же захватках однакові, а кожна бригада працює неритмічно;
- 2) ритми роботи бригад на одних і тих же захватках неодинакові, а кожна бригада працює неритмічно;
- 3) ритми роботи бригад на одних і тих же захватках залишаються постійними, а кожна бригада працює неритмічно;
- 4) ритми роботи бригад на одних і тих же захватках залишаються непостійними, а кожна бригада працює неритмічно.

15. Третій етап табличного розрахунку:

- 1) заповнення у відповідній формі ритмів роботи бригад по захватках;
- 2) встановлення розривів в часі між кінцем роботи попередньої і початком роботи наступної бригади на одній захватці;
- 3) визначення простоїв захваток між суміжними бригадами;
- 4) визначення тривалості роботи кожної бригади на кожній захватці від моменту початку її роботи до завершення роботи на даній захватці.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН А.3.1-5- 2009 “Організація будівельного виробництва”
2. Ушацький С. А. Організація будівництва / С. А. Ушацький, Ю. П. Шейко, Г. М. Тригер та ін.; За редакцією С. А. Ушацького: підручник. – К. : Кондор, 2007. – 521 с.
3. Дикман Л. Г. Організація строительного производства : учебн. для строит. вузов / Л. Г. Дикман – М. : Издательство АСВ, 2006. – 608 с.
4. Мельман В. О. Тексти лекцій з курсу “Організація будівництва” / В. О. Мельман, О. І. Голуб, Т. Г. Молодченко-Серебрякова – Харків : ХНАМГ, 2006. – 70 с.
5. Якимчук Б. Н. Організація і планування будівництва : Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / Б. Н. Якимчук – Рівне : НУВГП, 2008. – 161 с.
6. Варежкин В. А. Организация, планирование и управление проектированием и строительством : учебн. для вузов / В. А. Варежкин, П. С. Нанасов – М. : Стройиздат, 1980. – 213 с.
7. Білецький А. А. Організація і технологія будівельних робіт : навчальний посібник / А. А. Білецький – Рівне : НУВГП, 2007. – 202 с.

Додаток А

Завдання.

Визначити тривалість будівництва мікрорайону, побудувати циклограму, визначити коефіцієнт стабільності при наступних вихідних даних.

Таблиця А.1 – Ритмічні будівельні потоки з рівними ритмами

№ варіанта	Житлові будинки, шт.	Норм. тривал. будівництва одного будинку, міс.	Спеціалізовані потоки, шт.
1	8	8	8
2	9	10	5
3	7	9	3
4	5	8	4
5	6	5	4
6	8	6	5
7	5	8	4
8	7	7	7
9	6	8	5
10	7	9	4

Завдання.

Визначити річну програму будівництва сучасних житлових будинків БМУ «Будівельник», побудувати циклограму, за нижченаведених вихідних даних.

Таблиця А.2 – Ритмічні будівельні потоки з рівними ритмами

№ вар.	Спеціалізовані потоки, шт.	Норм. тривал. будівництва одного будинку, міс.	№ вар.	Спеціалізовані потоки, шт.	Норм. тривал. будівництва одного будинку, міс.
1	4	8	6	2	6
2	3	6	7	3	12
3	3	9	8	4	16
4	2	4	9	4	12
5	3	9	10	2	10

Завдання.

Визначити загальну тривалість будівництва житлового мікрорайону, побудувати циклограму, за таких вихідних даних.

Таблиця А.3 – Ритмічні будівельні потоки з рівними ритмами

№ варіанта	Крок потоку, міс.	Житлові будинки, шт.	Норм. тривал. будівництва одного будинку, міс.
1	2	9	10
2	2	10	10
3	1	8	9
4	2	10	9
5	1	8	12
6	2	7	10
7	2	10	7
8	1	8	8
9	2	6	8
10	1	7	9

Завдання.

Домобудівельний комбінат працює методом дворічного планування. Визначити виробничу програму будівництва сучасних житлових будинків, побудувати циклограму, при наступних вихідних даних:

Таблиця А.4 – Ритмічні будівельні потоки з рівними ритмами

№ вар.	Спеціалізовані потоки, шт.	Норм. тривал. будівництва одного будинку, міс.	№ вар.	Спеціалізовані потоки, шт.	Норм. тривал. будівництва одного будинку, міс.
1	4	12	6	3	12
2	3	9	7	3	6
3	4	16	8	2	10
4	2	6	9	4	8
5	3	15	10	2	8

Завдання.

Визначити тривалість роботи потоку, що завершує даний цикл робіт, побудувати циклограму за таких вихідних даних.

Таблиця А.5 – Ритмічні будівельні потоки з рівними ритмами

№ вар.	Загальна тривалість будівництва, дн.	Спеціалізовані потоки, шт.	Крок потоку, дн.
1	100	8	10
2	150	4	15
3	200	5	10
4	120	6	12
5	180	9	18

Завдання.

Визначити тривалість будівництва та побудувати циклограму за таких вихідних даних.

Таблиця А.6 – Ритмічні будівельні потоки з рівними ритмами

№ вар.	Житлові будинки, шт.	Спеціалізовані потоки, шт.	Крок першого потоку, міс.	Крок другого потоку, міс.
1	6	2	2	4
2	6	2	3	6
3	4	2	3	6
4	8	2	2	4
5	5	2	2	4

Додаток Б

Завдання.

Визначити тривалість будівництва об'єктів та простої на об'єкті, побудувати циклограму за таких вихідних даних.

Таблиця Б.1 – Ритмічні будівельні потоки з нерівними ритмами

№ варіанта	Об'єкти, шт.	Спеціалізовані потоки, шт.	Ритми роботи першої бригади, міс.	Ритми роботи другої бригади, міс.	Ритми роботи третьої бригади, міс.	Простої на об'єкті, міс.
1	5	3	2	3	1	2
2	6	3	3	1	2	3
3	4	3	4	2	3	4
4	7	3	3	4	1	6
5	5	3	4	1	2	3
6	7	3	1	3	4	5
7	6	3	2	5	1	4
8	8	3	1	4	2	7
9	4	3	2	1	2	3
10	7	3	1	4	3	6
11	5	3	1	3	4	4
12	6	3	2	5	1	5
13	4	3	1	4	2	3
14	7	3	2	1	2	6
15	5	3	1	4	3	2
16	7	3	2	3	1	5
17	6	3	3	1	2	4
18	8	3	4	2	3	3
19	4	3	3	4	1	2
20	7	3	4	1	2	6
21	8	3	1	3	4	7
22	4	3	2	5	1	3
23	7	3	1	4	2	5
24	5	3	2	1	2	3
25	6	3	1	4	3	6

Додаток В

Завдання.

Визначити тривалість будівництва об'єкта, якщо будівництво здійснюється неритмічними будівельними потоками з неоднорідною зміною ритму.

Таблиця В.1 – Неритмічні будівельні потоки

Варіант	Захватки	I	II	III	IV
	Потоки				
Варіант 1	1	2	3	5	2
	2	4	1	3	2
	3	2	5	3	2
	4	3	1	4	3
Варіант 2	1	3	2	4	2
	2	4	1	2	1
	3	3	3	3	2
	4	3	1	4	1
Варіант 3	1	4	2	4	1
	2	3	1	3	3
	3	2	3	2	2
	4	3	2	3	1
Варіант 4	1	4	2	3	4
	2	4	1	2	1
	3	2	4	3	2
	4	2	1	1	2
Варіант 5	1	2	2	1	3
	2	3	1	3	2
	3	2	3	2	1
	4	1	2	3	3
Варіант 6	1	1	3	5	2
	2	4	3	2	1
	3	4	1	3	2
	4	3	1	2	2
Варіант 7	1	3	3	4	1
	2	5	2	3	2
	3	1	4	2	1
	4	3	1	4	3
Варіант 8	1	4	3	5	2
	2	4	2	1	2
	3	3	1	3	3
	4	3	5	4	3
Варіант 9	1	2	3	4	1
	2	4	2	3	1
	3	2	2	3	1
	4	4	1	4	3
Варіант 10	1	4	1	4	2
	2	3	2	3	4
	3	2	3	2	3
	4	1	4	2	1
Варіант 11	1	2	3	5	2
	2	2	3	2	3
	3	2	3	3	2

	4	2	3	4	4
Варіант 12	1	4	1	4	2
	2	4	1	4	2
	3	3	5	3	2
	4	3	1	3	2
Варіант 13	1	5	3	4	1
	2	5	1	3	3
	3	5	5	2	1
	4	5	1	1	3
Варіант 14	1	3	3	5	1
	2	3	1	3	2
	3	4	2	3	3
	4	4	1	2	4
Варіант 15	1	3	3	4	4
	2	4	5	2	2
	3	5	5	1	2
	4	1	1	4	4
Варіант 16	1	2	2	1	3
	2	3	2	3	2
	3	2	3	2	1
	4	1	2	3	3
Варіант 17	1	1	3	5	2
	2	4	3	2	1
	3	4	2	3	2
	4	3	1	2	2
Варіант 18	1	3	3	4	1
	2	5	2	3	2
	3	3	4	2	1
	4	3	1	4	3
Варіант 19	1	4	3	5	2
	2	4	3	1	2
	3	3	1	3	3
	4	3	5	4	3
Варіант 20	1	2	3	4	1
	2	4	2	3	1
	3	2	1	3	1
	4	4	1	4	3
Варіант 21	1	4	1	4	2
	2	3	2	3	4
	3	2	3	1	3
	4	1	4	2	1
Варіант 22	1	4	2	3	4
	2	3	1	2	1
	3	2	3	4	1
	4	2	1	1	2
Варіант 23	1	2	2	1	3
	2	2	1	3	2
	3	2	3	2	1
	4	1	2	3	3
Варіант 24	1	1	3	5	2
	2	4	3	2	1
	3	4	2	3	2
	4	3	1	2	2

Навчальне видання

ПОТОКОВІ МЕТОДИ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Методичні вказівки
до виконання практичних завдань
з дисципліни “Організація будівництва”
для студентів денної, заочної
форм навчання спеціальностей
„Промислове та цивільне будівництво” та
„Міське будівництво та господарство”

Редактор В. Дружиніна

Укладачі: Сердюк Василь Романович
Ровенчак Тетяна Гаврилівна

Оригінал-макет підготовлено Т. Ровенчак

Підписано до друку
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад ... пр. Зам. № 2015-

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32,

publish.vntu.edu.ua; [email: kivc.vntu@gmail.com](mailto:kivc.vntu@gmail.com).

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.