

1. Загальні положення

Методичні вказівки призначені для студентів заочної форми навчання спеціальностей 7.100401 – “Організація та регулювання дорожнього руху”, 7.100402 – “Транспортні системи” та 7.100403 – “Організація та управління автомобільними перевезеннями”, що виконують курсову роботу по дисципліні “Введення в дослідження операцій в транспортних системах.” У них надана структура та порядок виконання курсової роботи, наведені вихідні дані за варіантами та методика розробки роботи. Студенти мають можливість виконувати курсову роботу і за реальними виробничими ситуаціями, попередньо погодивши їх із керівником.

Курсова робота включає маршрутизацію перевезень вантажів та розрахунок сіткової моделі виробничого процесу. Вихідна інформація для індивідуальних завдань надана у вигляді схеми транспортної мережі, характеристики вантажопотоків.

Мета і задачі курсової роботи.

Метою роботи є закріплення знань, отриманих у процесі вивчення дисципліни “Введення в дослідження операцій в транспортних системах”, на основі самостійно виконаних розрахунків з маршрутизації вантажних перевезень, розвиток практичних навичок при розв’язуванні транспортних задач.

Курсова робота складається з окремих розділів, зразкова структура та трудомісткість яких наведена у табл.1. Зміст пояснювальної записки повинен відповідати наведеній структурі.

Методичні вказівки укладено відповідно до затвердженої програми курсу “Введення в дослідження операцій в транспортних системах”

Тема 1. Математичне програмування та основні принципи дослідження операцій.

Загальна задача математичного програмування. Основні етапи операційного дослідження. Системний підхід до аналізу проблеми: безперервність дослідження та послідовність переходу від однієї задачі до іншої; комплексність операційного дослідження за різними напрямками з метою досягти оптимального рішення.

Література: [1,2,3].

Запитання для самоперевірки

1. Загальна задача математичного програмування.
2. Класифікація задач математичного програмування.
3. Основні етапи операційного дослідження.

4. Основні методологічні принципи дослідження операцій.
5. Суть системного аналізу.
6. Побудова математичної моделі.
7. Що таке оптимальне рішення?
8. Безперервність та послідовність операційного дослідження.
9. Структура математичної моделі оптимізаційних задач.

Тема 2. Прийняття рішень у задачах дослідження операцій.

Типові класи задач дослідження операцій на транспорті. Прийняття рішень в умовах повної визначеності, стохастичної невизначеності, повної невизначеності. Критерії Вальда, Севіджа та Гурвіца. Розробка математичних моделей задач дослідження операцій.

Література: [1,2,3,4].

Запитання для самоперевірки

1. Основні класи задач дослідження операцій.
2. Прийняття рішення в умовах повної визначеності.
3. Прийняття рішення в умовах ризику.
4. Прийняття рішення в умовах невизначеності.
5. Вибір оптимальної стратегії за критеріями Вальда, Севіджа та Гурвіца.

Тема 3. Характеристика математичних методів розв'язання задач дослідження операцій на транспорті

Методи розв'язання задач математичного програмування (лінійного, дискретного, нелінійного, динамічного, стохастичного), сітьового планування та управління, масового обслуговування, комбінаторного аналізу.

Література: [5,6,7,8,9,10].

Запитання для самоперевірки

1. Методи розв'язання задач лінійного програмування.
2. Методи поступового поліпшення плану.
3. Методи розв'язання транспортної задачі лінійного програмування.
4. Характеристика систем СПУ.
5. Характеристика систем погодинного обслуговування.
6. Що означають терміни „лінійне програмування”, „нелінійне програмування”?
7. Умови, які характеризують задачі лінійного програмування.

8. Характеристика динамічного програмування та комбінаторного аналізу.

Тема 4. Загальна та транспортна задачі лінійного програмування.

Загальна задача лінійного програмування (ЛП). Симплекс-метод розв'язання задач ЛП за допомогою спеціальних симплекс-таблиць. Транспортна задача (ТЗ) ЛП. Розподільчий метод розв'язання ТЗ. Спосіб апроксимації Фогеля. Метод розв'язуючих доданків. Способи Хічкока та Креко розв'язання ТЗ. ТЗ у сітьовій постановці. ТЗ за критерієм часу.

Література: [1,2,3,4,5,6,7,11,13].

Запитання для самоперевірки

1. Сформулювати загальну задачу лінійного програмування та транспортну задачу.
2. Яку транспортну задачу називають відкритою, закритою? Як відкриту транспортну задачу звести до закритої?
3. Що таке допустимий план?
4. Знаходження припустимого опорного плану способом мінімуму по рядку, по стовпцю, апроксимації Фогеля.
5. Алгоритм розподільчого методу.
6. Визначення циклу. Дії при переносі по циклу.
7. Як знаходять потенціали рядків та стовпців?
8. Ознака досягнення оптимального рішення.
9. Алгоритм розв'язання транспортної задачі на сіті.
10. Алгоритм методу розв'язуючих доданків.
11. Алгоритм розв'язання транспортної задачі за критерієм часу.

Тема 5. Транспортна мережа.

Транспортне мікрорайонування. Центр транспортного мікрорайонування. Графічна модель транспортної мережі. Методи знаходження найкоротших відстаней між вершинами (центрами) мікрорайонів. Задача про максимальний потік. Алгоритм Форда-Фалькенсона.

Література: [4,5,6,13,15,16,17,19].

Запитання для самоперевірки

1. Що значить задати транспортну мережу?
2. Як складається графічна модель транспортної мережі?
3. Алгоритм методу потенціалів оптимізації транспортної мережі.

4. Алгоритм методу „Мітли”.
5. Оптимізація транспортної мережі динамічним методом.
6. Задача про максимальний потік.
7. Алгоритм Форда-Фалькенсона.

Тема 6. Розробка раціональних маршрутів перевезень вантажів

Розробка раціональних маршрутів перевезень масових сумісних вантажів за допомогою таблиць сполучень та сумісної таблиці. Розробка раціональних розвізних маршрутів перевезень партійних вантажів. Найкоротша зв'язуюча мережа. Метод „Сум” визначення послідовності об'їзду пунктів заводу.

Література: [8,9,10,11,12,14,15].

Запитання для самоперевірки

1. Критерій складання раціональних маршрутів перевезень масових сумісних вантажів.
2. Критерій складання раціональних маршрутів перевезень партійних вантажів.
3. Розробка раціональних маршрутів перевезень масових сумісних вантажів за допомогою таблиць сполучень та сумісної таблиці.
4. Розробка раціональних маршрутів перевезень масових сумісних вантажів за допомогою найкоротшої зв'язуючої мережі та методу віток та границь..
5. Метод „Сум” визначення послідовності об'їзду пунктів заводу.

Тема 7. Розробка годинних графіків роботи рухомого складу навантажувального (розвантажувального) механізму

Постановка задачі, розрахунок початкових даних, складання матриці прибуття. Розподіл рухомого складу за маршрутами та побудова графіків їх роботи.

Література: [9,13,15,17].

Запитання для самоперевірки

1. Постановка задачі.
2. Умова безперервної роботи навантажувально-розвантажувального засобу.
3. Складання матриці прибуття.

4. Розподіл рухомого складу за маршрутами перевезень.
5. Побудова графіків роботи рухомого складу.

Тема 8. Теорія масового обслуговування

Основні визначення. Класифікація систем масового обслуговування (СМО). Основні характеристики. Система рівнянь Колмогорова, яка описує стан системи. Вхідний потік вимог. Простіший потік вимог. Диференціальні рівняння, які описують імовірності надходження „К”-вимог. Закон розподілу вхідного потоку вимог. Час обслуговування. Показниковий закон розподілу часу обслуговування. СМО без чекання, СМО з чеканням, СМО з чеканням та обмеженням черги, їх основні характеристики. Застосування теорії масового обслуговування (ТМО) в організації та плануванні перевезень.

Література: [16].

Запитання для самоперевірки

1. Основні типи СМО.
2. Вхідний потік вимог, простіший потік.
3. Як знайти імовірність надходження „К”-вимог за термін t ?
4. Що таке СМО без чекання? Її основні характеристики.
5. Як знайти імовірність стану одноканальної СМО без черги?

Тема 9. Сітьове планування та управління

Набуття практичних навичок побудування сітьових моделей. Проведення розрахунків сітьових моделей та побудування календарних графіків виконання робіт.

При підготовці розглянути способи сітьового планування, основні методи розрахунку сітьових моделей та побудування календарного графіка. Для цього ознайомитися з рекомендованою літературою [9,10], а також з відповідними розділами конспекту лекцій.

Загальні положення. Історія розвитку СПУ. Склад системи СПУ. Елементи сітьових графіків. Правила їх побудови. Сітьова модель. Характеристики часових подій та робіт. Критичний шлях. Напруженість шляхів у сітьовому графіку. Резерв часу подій та робіт. Розрахунок сітьових графіків аналітично та табличним способом. Оптимізація сітьових моделей.

Література: [9,10,19,15].

Запитання для самоперевірки

1. Елементи сітьового графіка.

2. Що таке критичний шлях?
3. Як знайти ранні та пізні терміни наставання подій?
4. Як знайти ранній та пізній початок роботи?
5. Як знайти повний, ранній, пізній та незалежний резерви робіт?

Вказівки до виконання курсової роботи

Студент для виконання курсової роботи визначає вихідні дані індивідуального завдання відповідно до номера залікової книжки за даними схеми транспортної мережі населеного пункту та розмірів вантажопотоків (див. Рисунок 1 і табл.2.) або за узгодженням із керівником розглядає реальну ситуацію.

Довжина ланок транспортної мережі визначається з урахуванням останньої (i) і передостанньої (j) цифр залікової книжки. Наприклад для №995093 маємо $i=3$; $j=9$, тоді довжина ланки 4-7: $l_{4,7}=1+3+9=13$ км

У процесі виконання курсової роботи буде потрібна додаткова інформація, що є в різноманітних джерелах. У цих випадках у методичних вказівках є посилання на літературу.

У вступі варто показати актуальність розв'язуваних у роботі задач, які забезпечують ефективність транспортного процесу вантажоруху та виробничого процесу, а також місце операційних досліджень на транспорті.

Таблиця 1.

Структура курсової роботи

| Найменування етапів | Обсяг, стор. | Трудомісткість, % |
|---|-----------------|----------------------|
| Вступ | 1-2 | 4 |
| 1.Визначення найкоротших відстаней між центрами транспортних районів. | 1-3 | 15 |
| 2.Розробка маршрутів перевезень вантажів. | | |
| 2.1.Знаходження оптимального плану повернення порожнього рухомого складу. | 5 | 17 |
| 2.2.Складання маршрутів перевезень вантажів за допомогою таблиць зв'язків і сумісної матриці. | 5 | 20 |
| 3.Розрахунок сітьової моделі виробничого процесу аналітичним та табличним способами | | |
| 3.1.Знаходження критичного шляху сітьової моделі | 5 | 15 |
| 3.2. Знаходження резервів часу наставання подій та виконання робіт | 5 | 25 |
| Висновки | 1 | 4 |
| Разом | 23-26 | 100 |

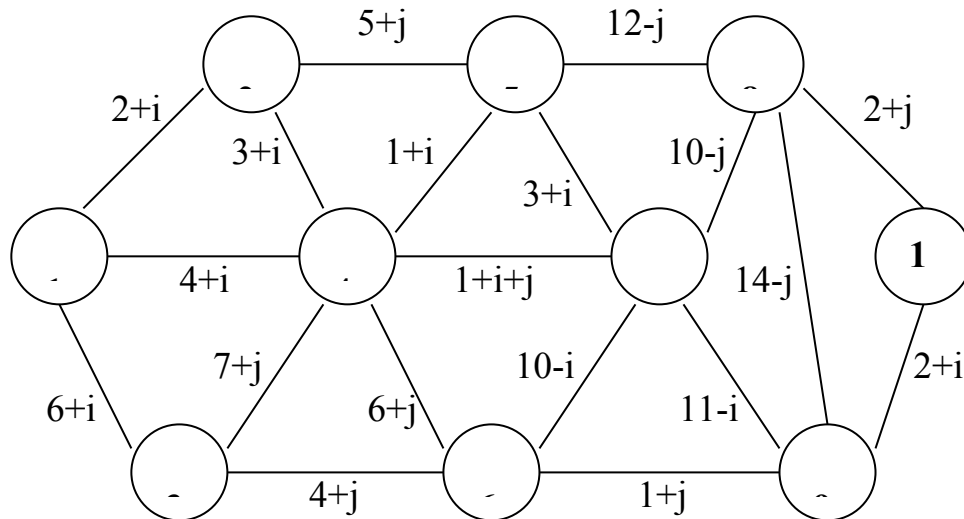


Рисунок 1.- Схема транспортної мережі.

Примітка: i та j - відповідно остання та передостання цифри залікової книжки.

Таблиця 2.

Розмір вантажопотоків на мережі.

| Напрямок | Кореспонденція вантажопотоку, сотні т/добу | | | | | | | | | |
|-----------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| | 1-10 | 1-5 | 2-9 | 2-7 | 4-10 | 4-9 | 8-3 | 8-4 | 9-3 | 10-2 |
| Прямий | 2,0- -0,1j | - | 2,7+ +0,2i | 3,7- -0,3i | - | 7+ +0,1j | 6+ +0,1i | - | - | 4+ +0,3j |
| Зворотній | - | 3,4- -0,3i | - | - | 0,2+ +0,3j | - | - | 5+ +0,2j | 1,5+ +0,2i | - |

Примітка: i та j - відповідно остання та передостання цифри залікової книжки.

2.Методика виконання курсової роботи

2.1.Визначення найкоротших відстаней.

Найкоротші зв'язки поміж центрами транспортних районів населеного пункту можуть бути знайдені різноманітними методами [4], як вручну, так і за допомогою ПЕОМ. Вихідні дані для визначення довжини ланок наведені на рисунку. Результати розрахунків зводять у таблицю 3 – “Матриця найкоротших відстаней”.

Приклад:

Знайдемо найкоротші шляхи методом потенціалів.

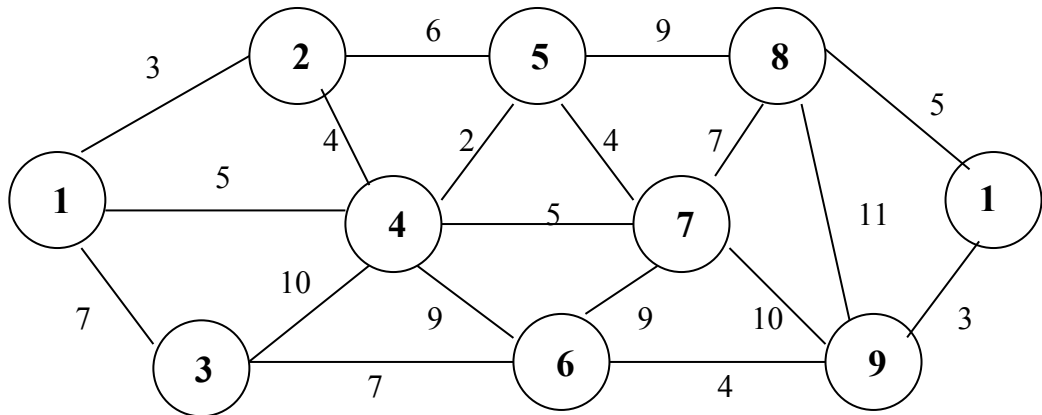


Рисунок 2.- Схема транспортної мережі.

Одну з вершин приймаємо за початкову і привласнюємо їй значення рівне 0, наприклад $V_1=0$. Вершина 1 є початковою для ланок (1-2),(1-3),(1-4). Потім знаходимо значення потенціалів кінцевих вершин цих ланок:

$$V_2^1 = V_1 + l_{12} = 0 + 3 = 3;$$

$$V_3^1 = V_1 + l_{13} = 0 + 7 = 7;$$

$$V_4^1 = V_1 + l_{14} = 0 + 5 = 5;$$

Вибираємо з потенціалів кінцевих вершин найменший. Це $V_2^1=3$, тому вершині 2 привласнюємо потенціал $V_2=3$, ланку (1-2) позначаємо стрілкою (див. рис.3) і вершина 2 стає початковою для ланок (2-5), (2-4). Знаходимо значення потенціалів кінцевих вершин цих ланок:

$$V_5^2 = V_2 + l_{25} = 3 + 6 = 9;$$

$$V_4^2 = V_2 + l_{24} = 3 + 4 = 7.$$

Серед усіх знайдених потенціалів вибираємо найменший: $V_4=5$ (ланку (1-4) позначаємо стрілкою)

Вважаємо вершину 4 за початкову, знаходимо сусідні вершини, для яких не визначені значення потенціалів.

$$V_5^4 = V_4 + l_{45} = 5 + 2 = 7;$$

$$V_7^4 = 10;$$

$$V_6^4 = 14;$$

$$V_3^4 = 15.$$

Серед усіх знайдених значень потенціалів знаходимо найменший: $V_3=7$ (ланку (1-3) позначаємо стрілкою)

Далі за початкову беремо вершину 3 і знаходимо потенціали для сусідньої вершини 6.

$$V_6^3 = V_3 + l_{36} = 7 + 7 = 14.$$

Серед знайдених значень потенціалів кінцевих вершин знаходимо найменший: $V_5=7$ (ланку (4-5) позначаємо стрілкою).

Вважаємо вершину 5 за початкову, знаходимо сусідні вершини, для яких ще не визначені значення потенціалів.

$$V_7^5 = V_5 + l_{57} = 7 + 4 = 11;$$

$$V_8^5 = 16.$$

Далі, $V_7=10$ (ланку (4-7) позначаємо стрілкою), знаходимо потенціали сусідніх з вершиною 7 вершин.

$$V_6^7 = 19;$$

$$V_9^7 = 20.$$

Вершині 6 привласнюємо потенціал $V_6=14$ (ланки (3-6),(4-6) позначаємо стрілками). Знаходимо потенціал кінцевої вершини для ланки (6-9).

$$V_9^6 = 18$$

Вершині 8 привласнюємо потенціал $V_8=16$ (ланку (5-8) позначаємо стрілкою). Знаходимо потенціали кінцевих вершини для ланок (8-9),(8-10).

$$V_9^8 = 27;$$

$$V_{10}^8 = 21.$$

Вершині 9 привласнюємо потенціал $V_9=18$ (ланку (6-9) позначаємо стрілкою). Знаходимо потенціал кінцевої вершини для ланки (9-10).

$$V_{10}^9 = 21$$

Вершині 10 привласнюємо потенціал $V_{10}=21$ (ланки (8-10),(9-10) позначаємо стрілками).

Умовні позначення: $\boxed{3}$ – потенціал, який приймає участь у подальшому розгляданні;

$\boxed{V_5^2 = V_2 + l_{25} = 3 + 6 = 9}$ - потенціал, який вже не потрібен.

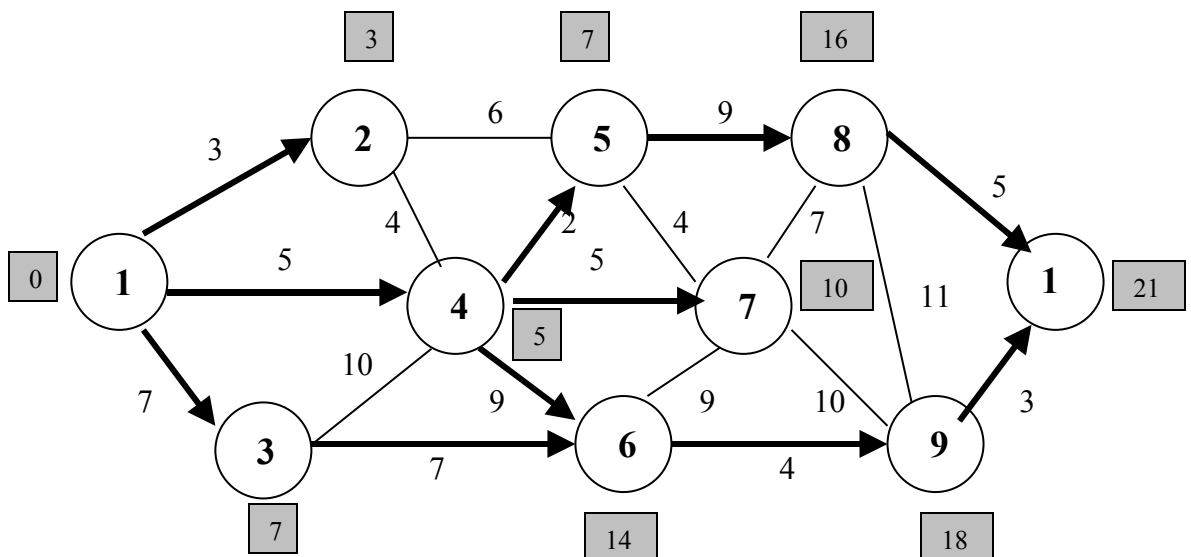


Рисунок 3.- Найкоротші відстані від вершини 1 до всіх інших.

Далі виконуємо аналогічні дії, приймаючи по черзі кожну з вершин за початкову і привласнюючи їй значення рівне 0.

Всі данні зводимо у таблицю 3.

Таблиця 3.

Матриця найкоротших відстаней.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | - | 3 | 7 | 5 | 7 | 14 | 10 | 16 | 18 | 21 |
| 2 | 3 | - | 10 | 4 | 6 | 13 | 9 | 15 | 17 | 20 |
| 3 | 7 | 10 | - | 10 | 12 | 7 | 15 | 19 | 11 | 14 |
| 4 | 5 | 4 | 10 | - | 2 | 9 | 5 | 11 | 13 | 16 |
| 5 | 7 | 6 | 12 | 2 | - | 11 | 4 | 9 | 14 | 14 |
| 6 | 14 | 13 | 7 | 9 | 11 | - | 9 | 12 | 4 | 7 |
| 7 | 10 | 9 | 15 | 5 | 4 | 9 | - | 7 | 10 | 12 |
| 8 | 16 | 15 | 19 | 11 | 9 | 12 | 7 | - | 8 | 5 |
| 9 | 18 | 17 | 11 | 13 | 14 | 4 | 10 | 8 | - | 3 |
| 10 | 21 | 20 | 14 | 16 | 14 | 7 | 12 | 5 | 3 | - |

2.2. Розробка маршрутів перевезень вантажів.

Для масових перевезень вантажів використовуються маятникові та колові маршрути. Маршрут коловий вважається раціональним, якщо коефіцієнт використання пробігу $\beta > 0,53$. Проектування раціональних колових маршрутів перевезень вантажів вирішується у два етапи. На першому етапі робиться оптимізація повернення рухомого складу, а на другому етапі формуються колові маршрути за допомогою таблиць зв'язків і сумісної матриці.

2.3. Знаходження оптимального плану повернення порожнього рухомого складу.

На підставі вихідних даних обсягів вивозу та завезення вантажів (табл.2) і найкоротших відстаней (табл.3) складають вихідний припустимий план повернення порожнього рухомого складу способом апроксимації Фогеля [4]. Оптимальний план повернення порожнього рухомого складу знаходять розподільчим методом.

Приклад:

Таблиця 4

План перевезень.

| Постачальник | Споживач | Кількість вантажу |
|--------------|----------|-------------------|
| A_1 | B_{10} | 120 |
| A_2 | B_9 | 410 |
| | B_7 | 160 |
| A_3 | B_9 | 290 |
| A_4 | B_9 | 780 |
| | B_8 | 660 |
| A_5 | B_1 | 550 |
| A_8 | B_3 | 670 |
| A_{10} | B_2 | 640 |
| | B_4 | 260 |

Складаємо вихідний припустимий план повернення порожнього рухомого складу методом апроксимації Фогеля, а оптимальний план повернення порожнього рухомого складу знаходимо розподільчим методом.

Складаємо початковий план повернення порожнього рухомого складу:

1. У матрицю вихідних даних додаємо рядок та стовпчик різниці;
2. Для кожного рядка та стовпчика визначаємо різницю між двома найменшими значеннями цільового елемента;
3. Вибираємо найбільшу різницю i у рядку або у стовпчику, де різниця сама велика, знаходимо клітку з мінімальним значенням цільового елемента i завантажуюмо її з обліку наявності та потреби вантажу вибираючи найменше значення. (Якщо таких різниць декілька – знаходимо сідлову клітку);
4. Клітка завантажуюється. Далі етапи 2, 3 повторюється.

Таблиця 5.

Вихідний припустимий план.

| | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | B ₇ | B ₈ | B ₉ | B ₁₀ | Наявн. вант. | Стовпчик Різниць |
|--------------------|----------------|------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| A ₁ | 0 120 | 9 x | 13 x | 11 x | 25 x | 23 x | 29 x | 33 x | 120 | 9,9,9 к |
| A ₂ | 9 x | 0 570 | 22 x | 10 x | 19 x | 17 x | 23 x | 27 x | 570 | 9,9,9 к |
| A ₃ | 13 x | 22 x | 0 290 | 15 x | 15 x | 17 x | 19 x | 27 x | 290 | 13 к |
| A ₄ | 11 430 | 10 70 | 15 380 | 0 260 | 14 x | 12 x | 18 300 | 22 x | 1440 | 10,10,1,12, 4,1,4 |
| A ₅ | 19 x | 13 x | 23 x | 8 x | 6 150 | 4 x | 10 400 | 14 x | 550 | 2,2,2,2,2,4, 4,4 |
| A ₈ | 23 x | 17 x | 17 x | 12 x | 2 10 | 0 660 | 6 x | 10 x | 670 | 2,2,2,2,2,4 к |
| A ₁₀ | 33 x | 27 x | 27 x | 22 x | 12 x | 10 x | 9 780 | 0 120 | 900 | 9,9,1,1,1,3, 3,3 |
| Потреба у вант. | 550 | 640 | 670 | 260 | 160 | 660 | 1480 | 120 | 4540 | |
| Рядок різниць | 9,9,9,8 к | 9,9,9,3 3,3 к | 13,2,2, 2,2,2,1 2к | 8,8, к | 4,4,4,4, 4,4,6,6 к | 4,4,4, 4,4 к | 3,3,3,3, 3,1,1 | 10, 10 к | | |

Далі перевіряємо план на оптимальність розподільчим методом.

Потенціал рядка та стовпчика розраховується за формулою:

$$U_i = 0, \quad V_j - U_i = C_{ij}, \quad (2.3.1)$$

де U_i – потенціал рядка;

V_j – потенціал стовпчика;

C_{ij} – цільовий елемент;

P_{ij} – потенціал незавантаженої клітини.

План буде оптимальний тоді, коли всі потенціали незавантажених клітин негативні або нулі:

$$V_j - U_i - C_{ij} \leq 0.$$

Таблиця 6.

Оптимальний план повернення порожнього рухомого складу.

| | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_7 | B_8 | B_9 | B_{10} | Наявність вантажу | U_i |
|-------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-------------------|-------|
| A_1 | 0 120 | 9 - | 13 - | 11 - | 25 - | 23 - | 29 - | 33 - | 120 | 0 |
| A_2 | 9 - | 0 570 | 22 - | 10 - | 19 - | 17 - | 23 - | 27 - | 570 | -1 |
| A_3 | 13 - | 22 - | 0 290 | 15 - | 15 - | 17 - | 19 - | 27 - | 290 | 4 |
| A_4 | 11 430 | 10 70 | 15 380 | 0 260 | 14 +0 | 12 +0 | 18 300 | 22 - | 1440 | -11 |
| A_5 | 19 - | 13 - | 23 - | 8 - | 6 150 | 4 +0 | 10 400 | 14 - | 550 | -3 |
| A_8 | 23 - | 17 - | 17 - | 12 - | 2 10 | 0 660 | 6 +0 | 10 - | 670 | 1 |
| A_{10} | 33 - | 27 - | 27 - | 22 - | 12 - | 10 - | 9 780 | 0 120 | 900 | -2 |
| Потреба у вантажу | 550 | 640 | 670 | 260 | 160 | 660 | 1480 | 120 | 4540 | |
| V_j | 0 | -1 | 4 | -11 | 3 | 1 | 7 | -2 | | |

Висновок: План оптимальний

2.4.Складання маршрутів перевезень вантажів.

Формування маршрутів перевезень вантажів виконують двома способами: таблиць зв'язків і сумісної матриці [4].

Комплектування раціональних маршрутів способом таблиць зв'язків (ТЗ) виконується наступним чином. Складають дві таблиці зв'язків: ТЗ-1 і ТЗ-2. Перша відображає план перевезень, а друга – оптимальний план повернення порожнього рухомого складу. На першому етапі комплектують однокільцеві маршрутні ланцюжки, послідовно вибираючи транспортні зв'язки A_iV_j та V_jA_i із ТЗ-1 і ТЗ-2. При цьому індекси пункту розвантаження в їздках із вантажем та без нього повинні збігатися. Кількість їздок (X) вирішується із умови $X = \min(X_{ij}; X_{ji})$. Однокільцевий маршрутний ланцюжок є замкнутим, тобто отриман маятниковий маршрут із зворотнім порожнім пробігом, коли крайні індекси пунктів збігаються. На другому етапі складають двокільцеві ланцюжки, використовуючи однокільцеві незамкнуті ланцюжки. На цьому етапі є можливість скласти колові маршрути з двома їздками. Далі із залишившихся незамкнутих маршрутних ланцюжків комплектують трьох- та чотирьохкільцеві маршрути. Ознакою закінчення комплектування маршрутів є відсутність незамкнутих маршрутних ланцюжків.

Приклад:

| ТС-1 | |
|-------------|------|
| A_1B_{10} | 190 |
| A_2B_9 | 290 |
| A_2B_7 | 340 |
| A_3B_9 | 170 |
| A_4B_9 | 710 |
| A_4B_8 | 520 |
| A_5B_1 | 310 |
| A_8B_3 | 610 |
| $A_{10}B_2$ | 430 |
| $A_{10}B_4$ | 50 |
| Усього | 3620 |

| ТС-2 | |
|----------------|------|
| B_1A_1 | 190 |
| B_1A_2 | 120 |
| B_2A_2 | 430 |
| B_3A_2 | 80 |
| B_3A_3 | 170 |
| B_3A_4 | 360 |
| B_4A_4 | 50 |
| B_7A_4 | 30 |
| B_9A_4 | 790 |
| B_7A_5 | 310 |
| B_8A_8 | 520 |
| B_9A_8 | 90 |
| B_9A_{10} | 290 |
| $B_{10}A_{10}$ | 190 |
| Усього | 3620 |

Після того як побудовано дві таблиці ТС-1 та ТС-2 , складаємо однокільцеві маршрутні ланцюжки і перевіряємо їх на наявність маятникового маршруту, це буде маршрут: $A_4B_9B_9A_4-330M$.(див. 1 етап)

1 етап

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| $A_4B_9B_9A_4 - 710$ маятниковий (М) | |
| $A_1B_{10}B_{10}A_{10} - 190$ | $A_5B_1B_1A_1 - 190$ |
| $A_2B_9B_9A_4 - 290$ | $A_5B_1B_1A_2 - 120$ |
| $A_2B_7B_7A_5 - 310$ | $A_{10}B_2B_2A_2 - 430$ |
| $A_2B_7B_7A_4 - 30$ | $A_8B_3B_3A_4 - 360$ |
| $A_3B_9B_9A_8 - 90$ | $A_8B_3B_3A_3 - 170$ |
| $A_3B_9B_9A_4 - 80$ | $A_8B_3B_3A_2 - 80$ |
| $A_4B_8B_8A_8 - 520$ | $A_{10}B_4B_4A_4 - 50$ |

Більше немає маятникових маршрутів. Переходимо до 2 етапу.

2 етап

$A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_2 - 120$ кільцевий (К)
 $A_3B_9B_9A_8A_8B_3B_3A_3 - 90$ К
 $A_2B_9B_9A_{10}A_{10}B_2B_2A_2 - 290$ К
 $A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_4 - 360$ К
 $A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_2B_2A_2 - 140$
 $A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_4B_4A_4 - 50$
 $A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_1 - 190$
 $A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_3 - 80$
 $A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_2 - 80$
 $A_2B_7B_7A_4 - 30$
 $A_3B_9B_9A_4 - 80$

Визначили чотири кільцевих маршрутів з двома їздками.

3 етап

$A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_3A_3B_9B_9A_4 - 80$ К
 $A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_2A_2B_7B_7A_4 - 30$ К
 $A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_2B_2A_2A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_1 - 140$ К
 $A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_1 - 50$
 $A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_4B_4A_4 - 50$
 $A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_2 - 50$

Визначили два кільцевих маршрутів з трьома їздками та один - з чотирма їздками.

4 етап

$A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_1A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_4B_4A_4A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_2 - 50$ К
Визначили кільцевий маршрут з шістьма їздками.

Отже маємо 1 маятниковий маршрут та 8 кільцевих маршрутів.

Суть метода сумісних планів полягає в тому, що план перевезень вантажів поєднують із оптимальним планом повернення порожнього рухомого складу в одній таблиці (сумісній матриці). На першому етапі вибирають маятникові маршрути, тобто клітини сумісної матриці, в яких є одночасно завантаження X_{ij} та X_{ji} (їздки з вантажем і без нього). Кількість їздок вирішується із умови $X = \min(X_{ij}; X_{ji})$.

Після цього комплектують двокільцеві колові маршрути. Для цього у сумісній матриці будують чотирикутні контури, усі вершини котрого знаходяться у завантажених клітинах. При цьому вершини із вантажними їздками повинні чергуватися з вершинами із порожніми їздками. На наступному етапі будують трьохкільцеві маршрути (шестикутні контури) і так далі, поки не будуть вибрані з матриці усі їздки.

Приклад:

Таблиця 7.

Сумісна матриця.

| | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | B ₇ | B ₈ | B ₉ | B ₁₀ | Наявність |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------|
| A ₁ 0 | 3 190 | 7 | 5 | 8 | 17 | 14 | 17 | 190 | 190 |
| A ₂ 3 | 0 120 | 10 430 | 4 80 | 7 340 | 16 | 13 | 16 290 | | 630 |
| A ₃ 7 | 10 | 0 | 8 170 | 11 | 13 | 7 | 10 170 | | 170 |
| A ₄ 5 | 4 | 8 | 0 360 | 3 50 | 12 30 | 9 520 | 12 790 | | 1230 |
| A ₅ 7 | 6 310 | 10 | 2 | 4 | 11 310 | 11 | 14 | | 310 |
| A ₈ 17 | 16 | 13 | 12 610 | 9 | 0 | 6 520 | 3 90 | | 610 |
| A ₁₀ 17 | 16 | 10 430 | 12 | 12 50 | 3 | 3 | 0 290 | 190 | 480 |
| Потреб. | 310 | 430 | 610 | 50 | 340 | 520 | 1170 | 190 | 3620 |

$A_4B_9B_9A_4 - 710$ – маятниковий (М). (В клітині A_4B_9 : $710 - 710 = 0$ – їздок з вантажем вже немає, $790 - 710 = 80$ – лишилися їздки без вантажу)

$A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_2 - 120$ кільцевий (К). (В усіх клітинах контуру віднімаємо 120 одиниць)

$A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_4 - 360$ К. (В усіх клітинах контуру віднімаємо 360 одиниць)

$A_8B_3B_3A_3A_3B_9B_9A_8 - 90$ К. (В усіх клітинах контуру віднімаємо 90 одиниць)

$A_2B_9B_9A_{10}A_{10}B_2B_2A_2 - 290$ К. (В усіх клітинах контуру віднімаємо 290 одиниць)

Таблиця 8.

Сумісна матриця.

| | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_7 | B_8 | B_9 | B_{10} | Наявність |
|-------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| A_1 0 | 3 190 | 7 | 5 | 8 | 17 | 14 | 17 | 190 | 190 |
| A_2 3 | 0 | 10 | 4 80 | 7 16 | 220 | 13 | 16 | | 630 |
| A_3 7 | 10 | 0 | 8 80 | 11 | 13 | 7 | 10 | 80 | 170 |
| A_4 5 | 4 | 8 | 0 | 3 50 | 12 30 | 9 160 | 12 80 | | 1230 |
| A_5 7 | 6 190 | 10 | 2 | 4 | 11 190 | 11 | 14 | | 310 |
| A_8 17 | 16 | 13 | 12 160 | 9 | 0 | 6 160 | 3 | | 610 |
| A_{10} 17 | 16 | 10 140 | 12 | 12 50 | 3 | 3 | 0 | 190 | 480 |
| Потреб. | 310 | 430 | 610 | 50 | 340 | 520 | 1170 | 190 | 3620 |

$A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_3A_3B_9B_9A_4 - 80$ К. (В усіх клітинах контуру віднімаємо 80 одиниць)

$A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_2A_2B_7B_7A_4 - 30$ К. (В усіх клітинах контуру віднімаємо 30 одиниць)

$A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_2B_2A_2A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_1 - 140$ К. (В усіх клітинах контуру віднімаємо 140 одиниць)

Таблиця 9.

Сумісна матриця.

| | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_7 | B_8 | B_9 | B_{10} | Наявність |
|-------------|---------|-------|----------|----------|----------|---------|-------|----------|-----------|
| A_1 0 | 3 50 | 7 | 5 | 8 | 17 | 14 | 17 | 50 | 190 |
| A_2 3 | 0 | 10 | 4 50 | 7 16 | 50 | 13 | 16 | | 630 |
| A_3 7 | 10 | 0 | 8 | 11 | 13 | 7 | 10 | | 170 |
| A_4 5 | 4 | 8 | 0 | 3 50 | 12 50 | 9 50 | 12 | | 1230 |
| A_5 7 | 6 50 | 10 | 2 | 4 | 11 50 | 11 | 14 | | 310 |
| A_8 17 | 16 | 13 | 12 50 | 9 | 0 | 6 50 | 3 | | 610 |
| A_{10} 17 | 16 | 10 | 12 | 12 50 | 3 | 3 | 0 | 50 | 480 |
| Потреб. | 310 | 430 | 610 | 50 | 340 | 520 | 1170 | 190 | 3620 |

$A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_1A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_4B_4A_4A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_2 - 50 \text{ К.}$ (В усіх клітинах контуру віднімаємо 50 одиниць)

Результати рішення задачі способами таблиць зв'язків і сумісної матриці збігаються.

Після цього колові маршрути треба перевірити за коефіцієнтом використання пробігу ($\beta > \beta_{\min}$), не враховуючи нульовий пробіг $\beta_{\min} = 0.53$, а також за часом оборту ($t_{об} < T_n$). T_n прийняти 9 годин.

Для визначення часу оборту прийняти експлуатаційну швидкість рухомого складу: $v_1 = 20 \text{ км/год}$

Якщо для окремих колових маршрутів ці обмеження не виконуються, то їх треба розформувати на маятникові маршрути із порожнім зворотнім пробігом.

2.5. Розрахунок сітьової моделі виробничого процесу.

Вихідними даними буде таж сама схема транспортної мережі, але вершини її тепер будуть події, а довжина ланок – це витрати часу на виконання відповідних робіт у годинах.

В результаті розрахунків визначають значення тривалісті критичного шляху, резерви часу наступу подій і резерви часу виконання робіт, котрі не лежать на критичному шляху.

Для цього треба розрахувати терміни ранні та пізні наступу подій ($t_i^{(0)}$; $t_i^{(1)}$); ранні та пізні терміни початку та закінчення робіт ($t_{ij}^{(0)поч.}$; $t_{ij}^{(1)поч.}$; $t_{ij}^{(0)зак.}$; $t_{ij}^{(1)зак.}$) довжину критичного шляху; резерви часу наступу подій (R_i) та резерви часу виконання робіт (повний резерв – $R_{ij}^{пов.}$; резерви по раннім термінам початку та закінчення робіт – $R_{ij}^{ран.}$; резерви по пізнім термінам початку та закінчення робіт – $R_{ij}^{піз.}$ та незалежний резерв виконання робіт – $R_{ij}^{нез.}$).

Розрахунки виконати аналітично та табличним способом.

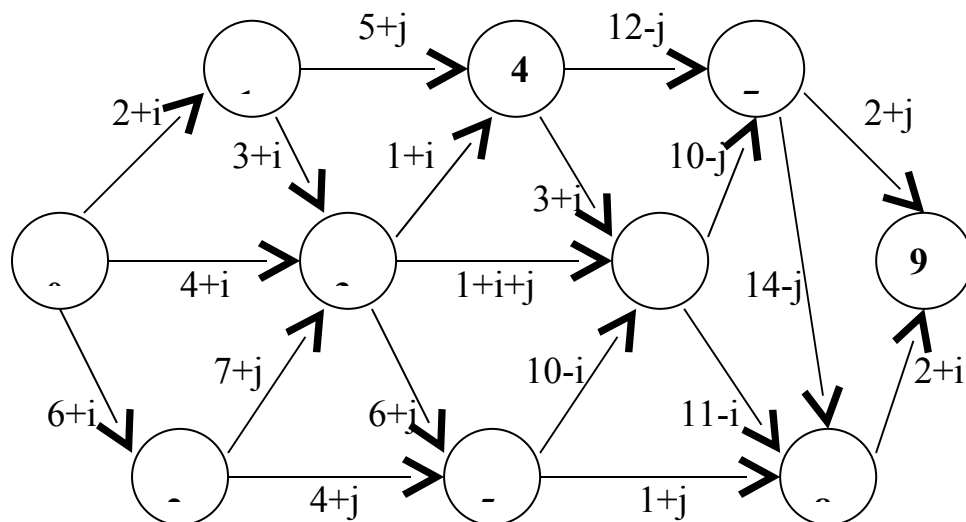


Рисунок 4. - Сітьова модель виробничого процесу.

Примітка: і та j - відповідно остання та передостання цифри залікової книжки.

2.5.1. Розрахунок аналітичним способом:

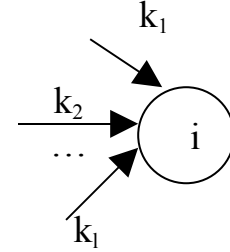
1) ранні терміни наступу подій $t_i^{(0)}$

$$t_1^{(0)} = 0$$

при $i \geq 2$

$$t_i^{(0)} = \max\{t_i^{(0)}(k_1), \dots, t_i^{(0)}(k_l)\}, \quad (2.5.1)$$

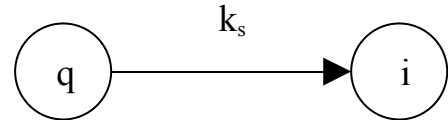
якщо



або

$$t_i^{(0)}(k_s) = t_q^{(0)} + k_s, \quad (2.5.2)$$

якщо



$\lambda_k = t_n^{(0)}$, n - кінцева подія

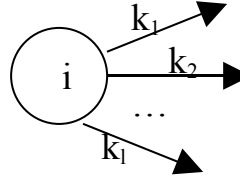
2) ранні терміни наступу подій при зворотньому відліку $t_i^{(0)звор.}$

$t_n^{(0)звор.} = 0$ - для кінцевої події

для інших подій

$$t_i^{(0)звор.} = \max\{t_i^{(0)звор.}(k_1), \dots, t_i^{(0)звор.}(k_l)\}, \quad (2.5.3)$$

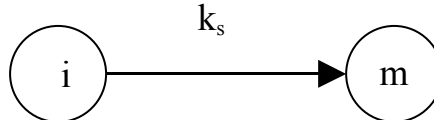
якщо



або

$$t_i^{(0)звор.}(k_s) = t_m^{(0)звор.} + k_s, \quad (2.5.4)$$

якщо



3) пізні терміни наступу подій $t_i^{(1)}$

$$t_i^{(1)}(k_s) = \lambda_k - t_i^{(0)звор.} \quad (2.5.5)$$

4) резерви наступу подій

$$R_i = t_i^{(1)} - t_i^{(0)} \quad (2.5.6)$$

Для роботи № l , якщо вона виходить з події № i і веде в подію № j і має тривалість t_l

$$t_{ij}^{(0)\text{поч.}} = t_i^{(0)}; \quad t_{ij}^{(1)\text{поч.}} = t_j^{(1)} - t_l; \quad t_{ij}^{(0)\text{зак.}} = t_i^{(0)} + t_l; \quad t_{ij}^{(1)\text{зак.}} = t_j^{(1)}$$

5) резерви виконання робіт:

повний резерв виконання роботи

$$R_{ij}^{\text{повн}} = t_j^{(1)} - t_{ij} - t_i^{(0)} \quad (2.5.7)$$

резерв по раннім термінам наступу події

$$R_{ij}^{\text{ран}} = t_j^{(0)} - t_{ij} - t_i^{(0)} \quad (2.5.8)$$

резерв по пізнім термінам наступу події

$$R_{ij}^{\text{пізн}} = t_j^{(1)} - t_{ij} - t_i^{(1)} \quad (2.5.9)$$

незалежний резерв виконання роботи

$$R_{ij}^{\text{нез}} = t_j^{(0)} - t_{ij} - t_i^{(1)} \quad (2.5.10)$$

Приклад:

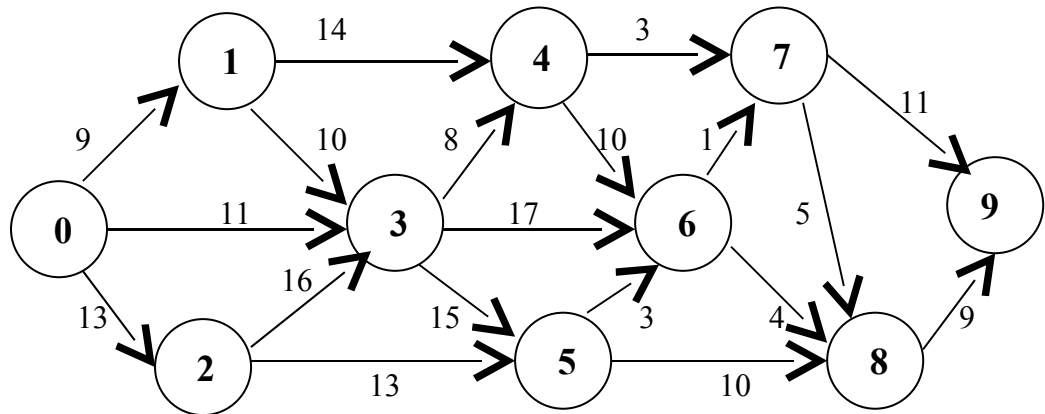


Рис 5. - Мережевий граф

Ранні терміни наступу подій:

$$t_0^0 = 0;$$

$$t_1^0 = t_0^0 + t_{01} = 0 + 9 = 9;$$

$$t_2^0 = t_0^0 + t_{02} = 0 + 13 = 13;$$

$$t_3^0 = \max \left\{ \begin{array}{l} t_1^0 + t_{13} = 9 + 10 = 19 \\ t_0^0 + t_{03} = 0 + 11 = 11 \\ t_2^0 + t_{23} = 13 + 16 = 29 \end{array} \right\} = 29$$

$$t_4^0 = \max \left\{ \begin{array}{l} t_1^0 + t_{14} = 9 + 14 = 23 \\ t_3^0 + t_{34} = 29 + 8 = 37 \end{array} \right\} = 37$$

$$t_5^0 = \max \left\{ \begin{array}{l} t_3^0 + t_{35} = 29 + 15 = 44 \\ t_2^0 + t_{25} = 13 + 13 = 26 \end{array} \right\} = 44$$

$$t_6^0 = \max \left\{ \begin{array}{l} t_5^0 + t_{56} = 44 + 3 = 47 \\ t_4^0 + t_{46} = 37 + 10 = 47 \\ t_3^0 + t_{36} = 29 + 17 = 46 \end{array} \right\} = 47$$

$$t_7^0 = \max \left\{ \begin{array}{l} t_4^0 + t_{47} = 37 + 3 = 40 \\ t_6^0 + t_{67} = 47 + 1 = 48 \end{array} \right\} = 48$$

$$t_8^0 = \max \left\{ \begin{array}{l} t_6^0 + t_{68} = 47 + 4 = 51 \\ t_5^0 + t_{58} = 44 + 10 = 54 \end{array} \right\} = 54$$

$$t_9^0 = \max \left\{ \begin{array}{l} t_7^0 + t_{79} = 48 + 11 = 59 \\ t_8^0 + t_{89} = 54 + 9 = 63 \end{array} \right\} = 63$$

$$\lambda_{кр} = t_9^0 = 63.$$

Розрахунок пізніх термінів наступу подій:

Розрахунок ранніх термінів наступу подій при зворотньому відліку:

$$t_9^{(0)звор} = 0;$$

$$t_8^{(0)звор} = t_9^{(0)звор} + t_{89} = 0 + 9 = 9;$$

$$t_7^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_9^{(0)звор} + t_{79} = 0 + 11 = 11 \\ t_8^{(0)звор} + t_{78} = 9 + 5 = 14 \end{array} \right\} = 14$$

$$t_6^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_7^{(0)звор} + t_{67} = 14 + 1 = 15 \\ t_8^{(0)звор} + t_{68} = 9 + 4 = 13 \end{array} \right\} = 15$$

$$t_5^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_6^{(0)звор} + t_{56} = 15 + 3 = 18 \\ t_8^{(0)звор} + t_{58} = 9 + 10 = 19 \end{array} \right\} = 19$$

$$t_4^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_7^{(0)звор} + t_{47} = 14 + 3 = 17 \\ t_6^{(0)звор} + t_{46} = 15 + 10 = 25 \end{array} \right\} = 25$$

$$t_3^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_4^{(0)звор} + t_{34} = 25 + 8 = 33 \\ t_6^{(0)звор} + t_{36} = 15 + 17 = 32 \\ t_5^{(0)звор} + t_{35} = 19 + 15 = 34 \end{array} \right\} = 34$$

$$t_2^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_3^{(0)звор} + t_{23} = 34 + 16 = 50 \\ t_5^{(0)звор} + t_{25} = 19 + 13 = 32 \end{array} \right\} = 50$$

$$t_1^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_3^{(0)звор} + t_{13} = 34 + 10 = 44 \\ t_4^{(0)звор} + t_{14} = 25 + 14 = 39 \end{array} \right\} = 44$$

$$t_0^{(0)звор} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_1^{(0)звор} + t_{01} = 44 + 9 = 53 \\ t_3^{(0)звор} + t_{03} = 34 + 11 = 45 \\ t_2^{(0)звор} + t_{02} = 50 + 13 = 63 \end{array} \right\} = 63$$

Пізні терміни наступу подій:

$$\begin{aligned} t_0^1 &= 63 - t_0^{(0)звор} = 63 - 63 = 0; \\ t_1^1 &= 63 - t_1^{(0)звор} = 63 - 44 = 19; \\ t_2^1 &= 63 - t_2^{(0)звор} = 63 - 50 = 13; \\ t_3^1 &= 63 - t_3^{(0)звор} = 63 - 34 = 29; \\ t_4^1 &= 63 - t_4^{(0)звор} = 63 - 25 = 38; \\ t_5^1 &= 63 - t_5^{(0)звор} = 63 - 19 = 44; \\ t_6^1 &= 63 - t_6^{(0)звор} = 63 - 15 = 48; \\ t_7^1 &= 63 - t_7^{(0)звор} = 63 - 14 = 49; \\ t_8^1 &= 63 - t_8^{(0)звор} = 63 - 9 = 54; \\ t_9^1 &= 63 - t_9^{(0)звор} = 63 - 0 = 63. \end{aligned}$$

Резерв часу наступу подій:

$$\begin{aligned} R_0 &= t_0^{(1)} - t_0^{(0)} = 0 - 0 = 0; \\ R_1 &= t_1^{(1)} - t_1^{(0)} = 19 - 9 = 10; \\ R_2 &= t_2^{(1)} - t_2^{(0)} = 13 - 13 = 0; \\ R_3 &= t_3^{(1)} - t_3^{(0)} = 29 - 29 = 0; \\ R_4 &= t_4^{(1)} - t_4^{(0)} = 38 - 37 = 1; \\ R_5 &= t_5^{(1)} - t_5^{(0)} = 44 - 44 = 0; \\ R_6 &= t_6^{(1)} - t_6^{(0)} = 48 - 47 = 1; \\ R_7 &= t_7^{(1)} - t_7^{(0)} = 49 - 48 = 1; \\ R_8 &= t_8^{(1)} - t_8^{(0)} = 54 - 54 = 0; \\ R_9 &= t_9^{(1)} - t_9^{(0)} = 63 - 63 = 0; \\ 0 - 2 - 3 - 5 - 8 - 9 &- \text{ критичний шлях.} \end{aligned}$$

Розрахунок резервів часу виконання робіт.

$$R_{14}^{повн} = t_4^{(1)} - t_{14} - t_1^{(0)} = 38 - 14 - 9 = 15$$

$$R_{14}^{ран} = t_4^{(0)} - t_{14} - t_1^{(0)} = 37 - 14 - 9 = 14$$

$$R_{14}^{ніз} = t_4^{(1)} - t_{14} - t_1^{(1)} = 38 - 14 - 19 = 5$$

$$R_{14}^{нез} = t_4^{(0)} - t_{14} - t_1^{(1)} = 37 - 14 - 19 = 4$$

$$R_{13}^{повн} = t_3^{(1)} - t_{13} - t_1^{(0)} = 29 - 10 - 9 = 10$$

$$R_{13}^{ран} = t_3^{(0)} - t_{13} - t_1^{(0)} = 29 - 10 - 9 = 10$$

$$R_{13}^{ніз} = t_3^{(1)} - t_{13} - t_1^{(1)} = 29 - 10 - 19 = 0$$

$$R_{13}^{нез} = t_3^{(0)} - t_{13} - t_1^{(1)} = 29 - 10 - 19 = 0$$

і т.д.

2.5.2. Розрахунок сіткової моделі табличним способом.

- 1) ранні терміни наступу подій , $t_i^{(0)}$
- 2) ранні терміни наступу подій при зворотньому відліку, $t_i^{(0)звор.}$
- 3) пізні терміни наступу подій, $t_i^{(1)}$
- 4) резерви наступу подій , R_i
- 5) резерви виконання робіт:
 повний резерв виконання роботи, $R_{ij}^{повн.}$;
 резерв по раннім термінам наступу події, $R_{ij}^{ран.}$;
 резерв по пізнім термінам наступу події, $R_{ij}^{пізн.}$;
 незалежний резерв виконання роботи, $R_{ij}^{нез.}$.

Таблиця 10.

Модель виробничого процесу.

| $t_i^{(0)}$ | i \ j | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | $t_j^{(0)звор.}$ |
|-------------|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|-----|------------------|
| | 0 | – | 2+i | 6+i | 4+i | | | | | | | |
| | 1 | | – | | 3+i | 5+j | | | | | | |
| | 2 | | | – | 7+j | | 4+j | | | | | |
| | 3 | | | | – | 1+i | 6+j | 1+i+j | | | | |
| | 4 | | | | | – | | 3+i | 12-j | | | |
| | 5 | | | | | | – | 10-i | | 1+j | | |
| | 6 | | | | | | | – | 10-j | 11-i | | |
| | 7 | | | | | | | | – | 14-j | 2+j | |
| | 8 | | | | | | | | | – | 2+i | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|
| | 9 | | | | | | | | | | – | |
| $t_i^{(1)}$ | | | | | | | | | | | | – |
| R_i | | | | | | | | | | | | – |

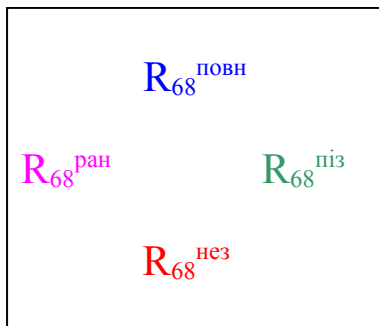
Приклад: Розрахунок табличним методом

Таблиця 11.

Розрахунок сітьової моделі.

| $t_i^{(0)}$ | i | j | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | $t_j^{(0)}$ звор |
|-------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|----|------------------|
| 0 | 0 | | – | 9 | 13 | 11 | | | | | | | 63 |
| 9 | 1 | | | – | | 10 | 14 | | | | | | 44 |
| 13 | 2 | | | | – | 16 | | 13 | | | | | 50 |
| 29 | 3 | | | | | – | 8 | 15 | 17 | | | | 34 |
| 37 | 4 | | | | | | – | | 10 | 3 | | | 25 |
| 44 | 5 | | | | | | | – | | 3 | | 10 | 19 |
| 4 | 6 | | | | | | | | – | | 1 | 4 | 15 |
| 48 | 7 | | | | | | | | | – | | 5 | 11 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|---|---|
| 54 | 8 | | | | | | | | | – | 9 | 9 |
| 63 | 9 | | | | | | | | | | – | 0 |
| $t_i^{(1)}$ | 0 | 19 | 13 | 29 | 38 | 44 | 8 | 49 | 54 | 63 | | – |
| R_i | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | – |

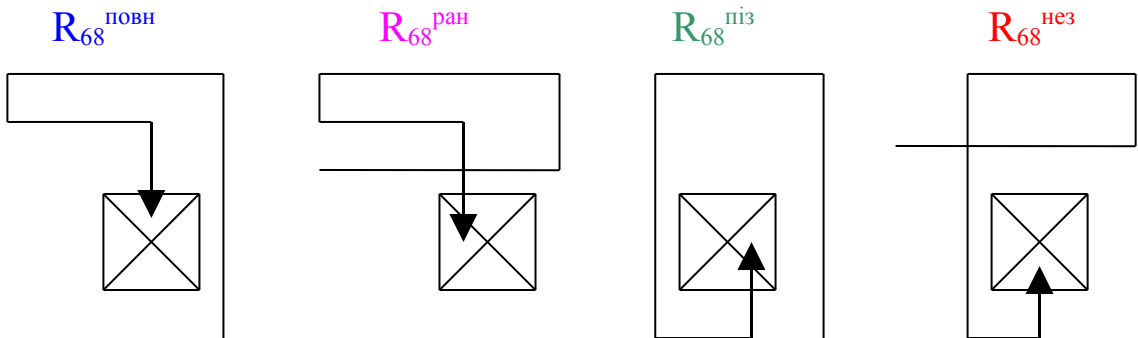


$$R_{68}^{\text{повн}} = 54 - 4 - 47 = 3$$

$$R_{68}^{\text{ран}} = 54 - 4 - 47 = 3$$

$$R_{68}^{\text{піз}} = 54 - 4 - 48 = 2$$

$$R_{68}^{\text{нез}} = 54 - 4 - 48 = 2$$



3. Оформлення курсової роботи.

Пояснювальна записка оформляється відповідно до вимог стандартів: Держстандарт 2.104 – 68 (СТ.СЕВ365-76 і СТ.СЕВ140-74), Держстандарт 2.105 – 79, Держстандарт 2.106 – 68 і Держстандарт 2.319 – 81.

Виклад повинен бути чітким і стислим, що виключає можливість кількоразового тлумачення. Терміни, визначення, умовні позначення розмірів – бути єдиними і відповідати стандартам, а при їх відсутності - звичайними для науково-технічної літератури.

Скорочення слів у тексті і підписуваних підписах не припускається, за винятком звичайних, установлених Держстандарт 2.136 – 68 (СЕВ856-78).

При визначенні числових значень необхідно навести розрахункову формулу, дати розшифрування вхідних до неї символів і коефіцієнтів, а

потім – саме рішення. Формули нумерувати арабськими цифрами у круглих дужках із правої сторони запису.

Наприкінці пояснювальної записки навести перелік використаної літератури. Посилання на літературу давати у тексті пояснювальної записки у виді номерів, заключених у квадратні дужки.

4.Захист курсової роботи.

Керівник перевіряє курсову роботу і вирішує питання про допуск до захисту перед комісією, складеної з викладачів кафедри. Студент викладає зміст роботи, обгрунтовує прийняті рішення, аналізує результати, після цього відповідає на питання членів комісії. Відповіді студента повинні показати знання предмета, уміння орієнтуватися в прикладних аспектах роботи, вміння доказово й аргументовано відстоювати свою точку зору.

Література.

1. Акулич И.Д. Математическое программирование в примерах и задачах: Учеб. пособие для студентов экономич. спец. вузов.- М: Высш. шк., 1986.-319 с.
2. Зайченко Ю.П. Исследование операций.- 3-е изд., перераб. и доп.- К.: Вища шк., 1988.-552 с.
3. Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория.- М.: Прогресс, 1975.- 606 с.
4. Карманов В.Г. Математическое программирование.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Наука, 1986. – 288 с.
5. Крушевский А.В., Швецов К.И. Математическое программирование и моделирование в экономике.- К.: Вища шк., 1979.- 456 с.
6. Ларіонов Ю.І. Математичні методи системного аналізу і дослідження операцій: Навч. Посібник.- К.: ІСДО, 1994.- 128 с.
7. Ляшенко И.Н. Линейное и нелинейное программирование.- К.: Вища шк., 1975.- 371 с.
8. Кузнецов А.В. и др. Высшая математика: Математическое программирование: Учеб. пособие для студентов экономич. спец. вузов.
9. Конюховский Б.В. Математические методы исследования операций в экономике.- Санкт-Петербург: Питер, 2002.- 207 с.
10. Степанюк В.В. Методи математичного програмування.- 2-е вид., перероб. і доп.,- К.: Вища шк., 1984.- 272 с.
11. Кузнецов Д.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Е. Математическое программирование.- М: Высш. шк., 1980.
12. Глушков В.М. Введение в АСУ.- Киев: Техника, 1974.
13. Кожин А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками: Учебное пособие для студентов экон. спец. вузов.- М.: Высш. школа, 1979.- 304 с.
14. Перельман М.А. Исследование операций в задачах автомобильного транспорта. Учебное пособие.- Харьков.: ХГАДТУ, 1995.- 135 с.

15. Громовой Э.П. Математические методы и модели в планировании и управлении на морском транспорте: Учебник для вузов мор. трансп.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1979.
16. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения.- М.: Сов. радио, 1971.
17. Линейное и нелинейное программирование /Под. ред. И.Н.Ляшенко.- К.: Высш.шк. Головное изд-во, 1975.
18. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки.- 2-е изд., перераб. и доп.- К.: Высш.шк. Головное изд-во, 1986.
19. Бобарыкин В.А., Тимошин Е.Ф. Математические методы на автотранспорте.- Л., 1969.
20. Справочник по организации и планированию грузовых автомобильных перевозок /И.Г.Крамаренко, Е.Б.Решетников, Г.Л.Рыбанов и др. Под ред. И.Г.Крамаренко.- К.:Техника, 1991.-208 с.

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами заочної форми навчання
з дисципліни “Введення в дослідження
операцій в транспортних системах”
спеціальностей 7.100401-7.100403

Харків-2004

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами заочної форми навчання
з дисципліни “Введення в дослідження
операцій в транспортних системах”
спеціальностей 7.100401-7.100403

Затверджено методичною
радою університету
протокол №
від 200 р.

Харків-2004

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

До друку і в світ дозволяю
Проректор

проф. Гладкий І.П.

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами заочної форми навчання
з дисципліни “Введення в дослідження
операцій в транспортних системах”
спеціальностей 7.100401-7.100403

Усі цитати, цифровий, фактичний
матеріал та бібліографічні
відомості перевірені, написання

Затверджено методично
радою університету,
протокол №

одиниць відповідає стандартам

від

200 р.

Укладачі:

Г.Л.Рибанов
Н.О.Семченко

Відповідальний за випуск:

Є.Б.Решетніков

Харків ХНАДУ 2004

Програма та методичні вказівки до виконання курсової роботи студентами заочної форми навчання з дисципліни “Введення в дослідження операцій в транспортних системах” спеціальностей 7.100401-7.100403

Укладачі: Рибанов Г.Л
Семченко Н.О.

Кафедра транспортних систем

Навчальне видання

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами заочної форми навчання
з дисципліни “Введення в дослідження
операцій в транспортних системах”
спеціальностей 7.100401-7.100403
напрямку 1004 – “Транспортні технології”

Укладачі: Рибанов Григорій Леонідович
Семченко Наталія Олександрівна

Відповідальний за випуск Є.Б. Решетніков

Підп. по друку
Друковано на ризографі.
Замовлення №

Формат
Умовн. друк. арк.
Тираж прим.

Папір офсетний
Обл. – вид. арк.
Ціна договірна

Адреса редакції видавництва і поліграфічного підприємства
ХНАДУ 61002, м. Харків – МСП, вул. Петровського, 25

Надруковано видавництвом Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету