

1. Загальні положення

Методичні вказівки призначені для студентів денної 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”

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

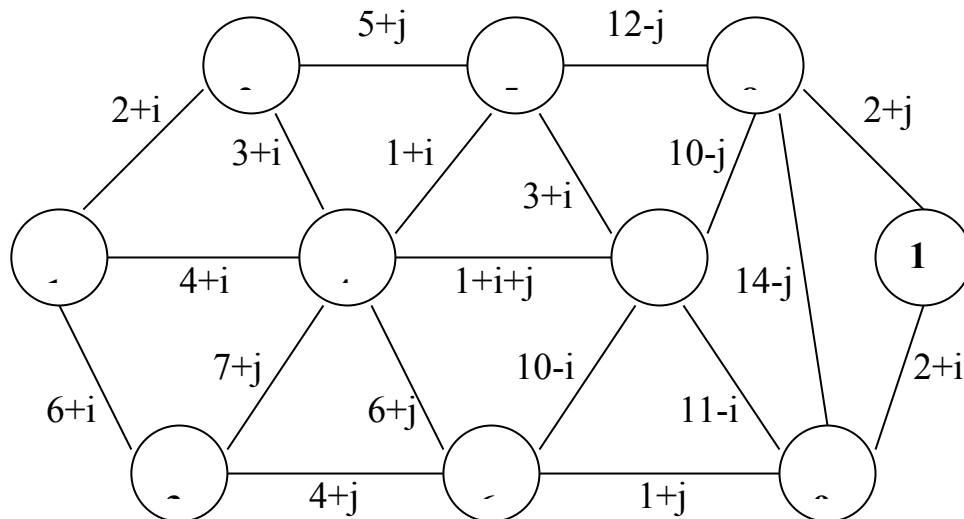


Рисунок 1.- Схема транспортної мережі.

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

2.Методика виконання курсової роботи

2.1.Визначення найкоротших відстаней.

Найкоротші зв'язки між центрами транспортних районів населеного пункту можуть бути знайдені різноманітними методами, 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.

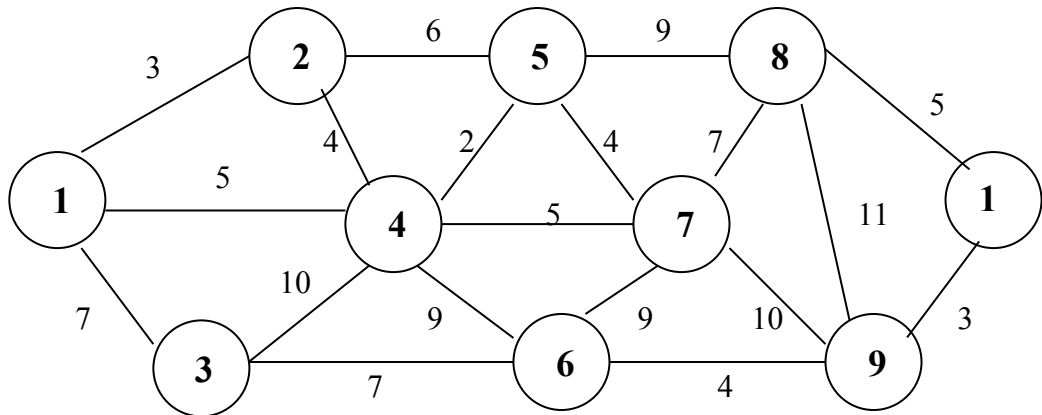


Рисунок 2. - Схема транспортної мережі.

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.

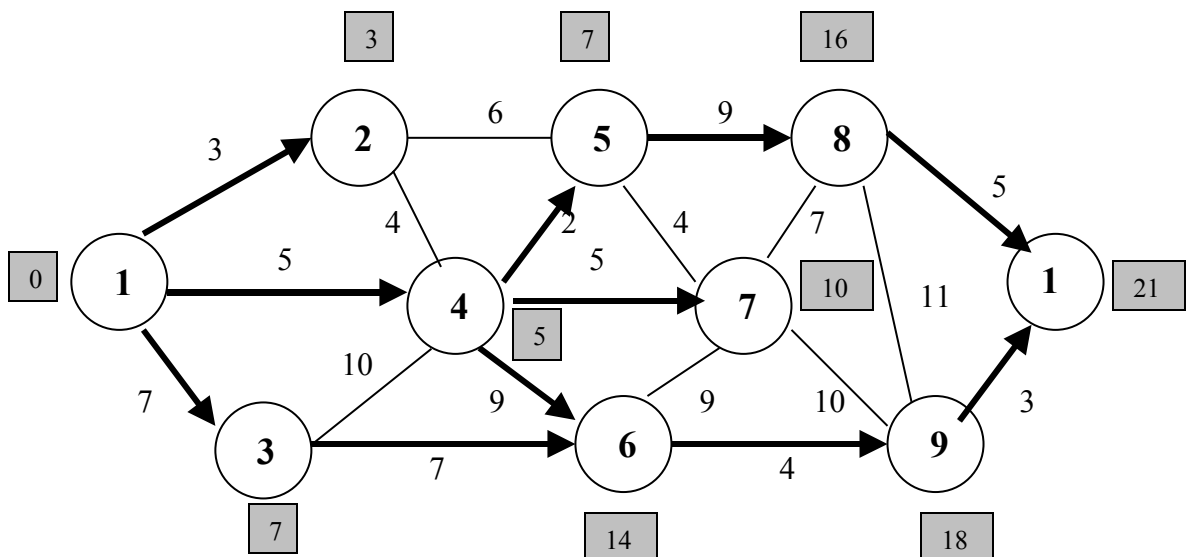


Рисунок 3.- Найкоротші відстані від вершини 1 до всіх інших.

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

Всі дані 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 завантажується. 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 оптимальним 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	710	1230
A ₅ 7	6 310	10	2	4	11 310	11	14		310
A ₈ 17	16	13	12 610	9	0	6	3 90	520	610
A ₁₀ 17	16	10 430	12	12	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
A ₂ 3	0	10 140	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		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

$A_2B_7B_7A_5A_5B_1B_1A_1A_1B_{10}B_{10}A_{10}A_{10}B_4B_4A_4A_4B_8B_8A_8A_8B_3B_3A_2 - 50$ 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 оберту ($t_{об} < T_n$). T_n прийняти 9 годин.

Для визначення часу оберту прийняти експлуатаційну швидкість рухомого складу: $v_1 = 20$ 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.

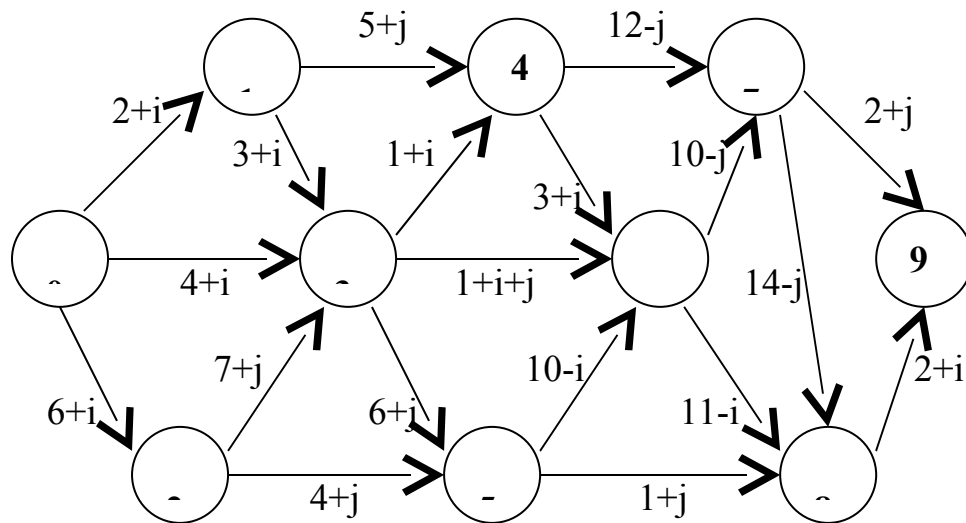


Рисунок 4.- Сітьова модель виробничого процесу.

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

2.5.1. Розрахунок аналітичним способом:

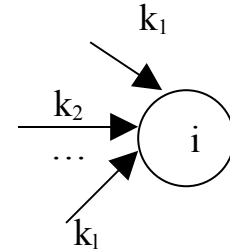
1) ранні терміни наступу подій $t_i^{(0)}$

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

при $i \geq 2$

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

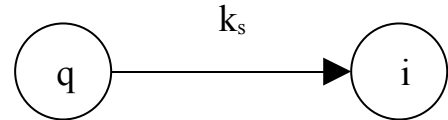
якщо



або

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

якщо



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

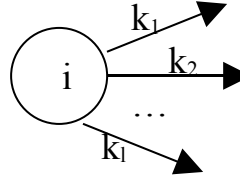
2) ранні терміни наступу подій при зворотньому відліку $t_i^{(0)звор.}$

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

для інших подій

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

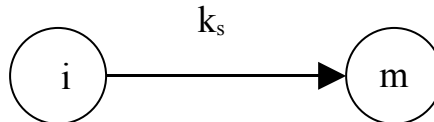
якщо



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

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

5) резерви виконання робіт:

повний резерв виконання роботи

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

резерв по раннім термінам наступу події

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

резерв по пізнім термінам наступу події

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

незалежний резерв виконання роботи

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

Приклад:

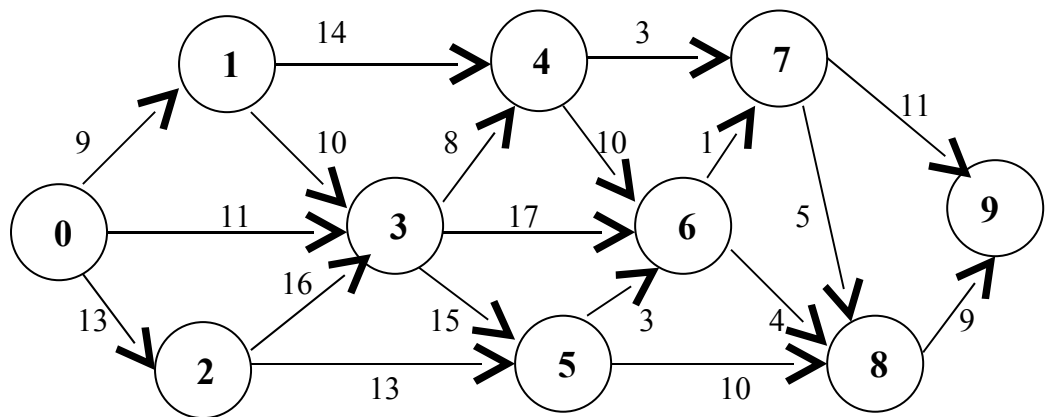


Рис 5. - Мережевий граф

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 раних 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												-

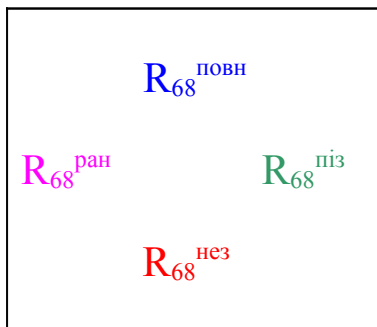
Приклад: Розрахунок табличним методом

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	14
54	8										-	9	9

63	9										–	0
$t_i^{(1)}$	0	19	13	29	38	44	$\begin{matrix} 4 \\ \underline{8} \\ - \end{matrix}$	49	54	63		–
R_i	0	10	0	0	1	0	1	1	0	0		–

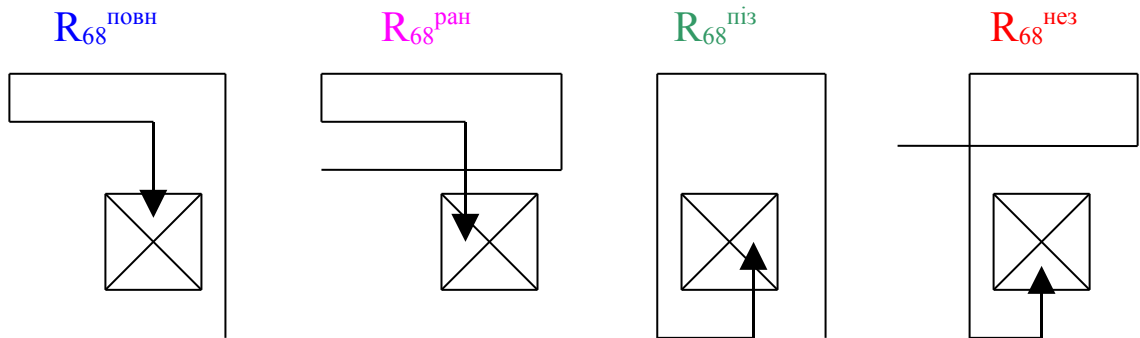


$$R_{68}^{\text{повн}} = 54 - 4 - 47 = 3$$

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

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

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



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 підписуноків 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. Зайченко Ю.П. Исследование операций.- 3-е изд., перераб. и доп.- К.: Вища шк., 1988.-552 с.
2. Ларіонов Ю.І. Математичні методи системного аналізу і дослідження операцій: Навч. Посібник.- К.: ІСДО, 1994.- 128 с.
3. 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.
4. Перельман М.А. Исследование операций в задачах автомобильного транспорта. Учебное пособие.- Харьков.: ХГАДТУ, 1995.- 135 с.
5. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки.- 2-е изд., перераб. и доп.- К.: Высш.шк. Головное изд-во, 1986.
6. 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-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами денної 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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами денної 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-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

До друку і в світ дозволяю
Проректор

проф. Гладкий І.П.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами денної 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
одиниць відповідає стандартам

Затверджено методично
радою університету,
протокол №
від 200 р.

Укладачі:

Г.Л.Рибанов
Н.О.Семченко

Відповідальний за випуск:

Є.Б.Решетніков

Харків ХНАДУ 2004

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
студентами денної 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