

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до вивчення та самостійної роботи з дисципліни

«Основи теорії транспортних процесів і систем»

для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності

275 «Транспортні технології (за видами)»

Методичні вказівки до вивчення та самостійної роботи з дисципліни “Основи теорії транспортних процесів і систем” для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 “Транспортні технології (за видами)” / Укл. проф. Кузькін О.Ф., ст. викл. Райда І.М. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 44 с.

Укладачі: проф., д.т.н. Кузькін О.Ф.
ст. викл. Райда І.М.

Рецензент: проф., д.т.н. Турпак С.М.

Відповідальний за випуск: ст. викл. Лебідь Г.О.

Затверджено на засіданні
кафедри «Транспортні технології»
Протокол № 4
від «07» грудня 2023 р.
Рекомендовано до видання
НМК транспортного факультету
Протокол № 107
від «12» лютого 2024 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Змістовні модулі дисципліни.....	5
1.1 Транспортний процес вантажних і пасажирських перевезень.....	5
1.2 Маршрутизація вантажних перевезень та управління рухомим складом.....	6
1.3 Продуктивність автомобільних транспортних засобів та собівартість перевезень	7
1.4 Нормування витрат паливно-мастильних матеріалів.....	8
1.5 Формування раціональної структури автомобільного парку.....	8
2. Перелік практичних занять та занять для самостійної роботи.....	9
2.1 Перелік практичних занять.....	9
2.2 Перелік занять для самостійної роботи.....	9
3. Контрольні питання.....	10
3.1 Питання, що виносяться на перший модульний контроль.....	10
3.2 Питання, що виносяться на другий модульний контроль.....	15
4. Завдання на контрольну роботу для студентів заочної форми навчання.....	21
4.1 Теоретичні питання.....	22
4.2 Практичні завдання.....	25
Перелік рекомендованої літератури.....	44

ВСТУП

Метою курсу “Основи теорії транспортних процесів і систем” є ознайомлення з теоретичними основами транспортного процесу вантажних та пасажирських перевезень на автомобільному транспорті; оволодіння принципами розрахунку продуктивності рухомого складу та його парків; вивчення методик нормування витрат енергоносіїв для реалізації транспортного процесу перевезення вантажів та пасажирів.

Вивчення дисципліни передбачає:

- знайомство з основами транспортного процесу вантажних та пасажирських перевезень на автомобільному транспорті та оцінкою його ефективності;
- вивчення понять маршрутів і циклів вантажних перевезень;
- надбання навичок з оптимізації партійних перевезень та отримання уявлення про управління запасами;
- вивчення факторів, що впливають на продуктивність автомобіля;
- вивчення методик нормування витрат палива та мастильних матеріалів на автомобільному транспорті;
- надбання навичок з формування раціональної структури парків автомобільних транспортних засобів.

Студент, що вивчив дисципліну, повинен **знати**: теоретичні основи протікання транспортного процесу на різних видах транспорту; методи прогнозування попиту на вантажні та пасажирські перевезення; методи і моделі маршрутизації вантажних перевезень; принципи розрахунку продуктивності окремих одиниць та парків рухомого складу; методи розрахунку необхідної кількості та структури парків рухомого складу для виконання заданих обсягів перевезень.

Студент, що вивчив дисципліну, повинен **вміти**: аналізувати характер та особливості протікання процесу перевезень пасажирів та вантажів як функціонування транспортної системи; формувати та розраховувати маршрути пасажирських та вантажних перевезень; розраховувати показники, що характеризують транспортну роботу

циклу перевезень; визначати продуктивність транспортних засобів і техніко-експлуатаційні показники, що її характеризують, для різних циклів вантажних та пасажирських перевезень; визначати вплив на величину собівартості перевезень експлуатаційних факторів; визначати загальні та питомі норми витрати енергії в залежності від умов експлуатації; виконувати аналіз впливу умов експлуатації на енергоспоживання в залежності від типу рухомого складу; розраховувати показники чисельності рухомого складу та використання часу його перебування в підприємстві; розраховувати показники, що визначають середню продуктивність рухомого складу; розраховувати оптимальну по вантажопідйомності структуру парку рухомого складу для перевезень вантажів за видами відправлень.

Для вивчення дисципліни студент повинен знати дисципліни учбового плану “Транспортні засоби”, «Вантажознавство», «Основи теорії систем і управління»

Для поглибленого вивчення питань теорії транспортних процесів і систем передбачаються практичні заняття.

Студенти заочної форми навчання, крім того, виконують контрольну роботу.

1 ЗМІСТОВНІ МОДУЛІ ДИСЦИПЛІНИ

1.1 Транспортний процес вантажних і пасажирських перевезень

Тема 1. Транспортні системи. Транспортний процес та критерії його ефективності

Основні поняття та визначення транспортних систем. Єдина транспортна система країни. Транспортно-технологічні системи доставки вантажів. Технології доставки та перевезення вантажів. Транспортний процес як інтегрована система.

- лекцій – 2 години;
- практичних занять – 2 години;
- самостійна робота студента – 6 годин.

Література: [1,3,4,6].

Тема 2. Транспортна мережа та показники її роботи

Поняття транспортної мережі. Основні показники, що характеризують транспортну мережу.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота студента – 6 годин.

Література: [1,3].

Тема 3. Критерії ефективності транспортного процесу

Основні принципи оцінювання ефективності транспортного процесу. Показники та критерії ефективності транспортного процесу.

- лекцій – 2 години;
- практичних занять – 2 години;
- самостійна робота студента – 8 годин.

Література: [1,3,4,6].

1.2 Маршрутизація вантажних перевезень та управління рухомим складом

Тема 4. Маршрути та цикли вантажних перевезень.

Поняття маршруту перевезення. Різновиди та принципові відмінності маршрутів перевезення вантажів автомобільним транспортом. Позначення та схеми маршрутів. Цикли перевезень вантажів та їх характеристика.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота студента – 12 годин.

Література: [1,3,6].

Тема 5. Оптимізація партійності перевезень та основи управління запасами.

Поняття масових та партійних перевезень. Поняття управління запасами та його основна мета. Задачі теорії управління запасами. Формули Уілсона.

- лекцій – 2 години;
- практичних занять – 2 години;
- самостійна робота студента – 10 годин.

Література: [1,2,3].

Тема 6. Основні стратегії управління запасами.

Різновиди стратегій управління запасами, їх особливості. Поняття страхового запасу. Визначення розміру страхового запасу.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота студента – 12 годин.

Література: [1,2,3].

1.3 Продуктивність автомобільних транспортних засобів та собівартість перевезень

Тема 7. Продуктивність автомобіля та фактори що на неї впливають.

Поняття продуктивності автомобіля та її важливість. Методики розрахунку продуктивності автомобілів. Продуктивність автомобіля на різних типах маршрутів, особливості розрахунків.

- лекцій – 2 годин;
- самостійна робота студента – 10 годин.

Література: [1,2,3,5,6].

Тема 8. Факторне дослідження продуктивності автомобіля.

Фактори, що впливають на продуктивність автомобіля. Факторне дослідження продуктивності автомобіля на простому циклі перевезень. Факторне дослідження продуктивності автомобіля на розвізних маршрутах.

- лекцій – 2 години;
- практичних занять – 2 години;
- самостійна робота студента – 8 годин.

Література: [1,2,3].

Тема 9. Собівартість автомобільних перевезень та тарифи на перевезення.

Собівартість автомобільних перевезень та її складові. Залежність собівартості перевезень від експлуатаційних факторів. Основи тарифоутворення на автомобільному транспорті.

- лекцій – 2 години;
- практичних занять – 2 години;
- самостійна робота студента – 8 годин.

Література: [1,2,3,5].

1.4 Нормування витрат паливно-мастильних матеріалів

Тема 10. Нормування витрат палива та мастильних матеріалів на автомобільному транспорті.

Види норм витрат палива та мастильних матеріалів. Корегування витрат норм палива в залежності від умов експлуатації. Розрахунок витрат палива для різних типів рухомого складу автомобільного транспорту.

- лекцій – 4 години;
- практичних занять – 2 години;
- самостійна робота студента – 8 годин.

Література: [1,2,3,5,7].

Тема 11. Підвищення паливної економічності автобусів на міських пасажирських перевезеннях.

Загальні положення та структура заходів щодо підвищення паливної економічності автобусів. Паливна економічність при раціональній організації роботи автобусів на маршрутах.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота студента – 10 годин.

Література: [1,2,3,5].

1.5 Формування раціональної структури автомобільного парку

Тема 12. Формування структури і раціональне використання парку автомобільних транспортних засобів.

Умови використання парку автомобільних транспортних засобів. Визначення оптимальної за вантажопідйомністю структури парку автомобілів.

- лекцій – 4 години;
- практичних занять – 2 години;
- самостійна робота студента – 10 годин.

Література: [2,5].

2 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА ЗАНЯТЬ З САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

2.1 Перелік практичних занять*

1	Оперативне і короткострокове прогнозування попиту на перевезення	2 год
2	Моделювання сезонних коливань обсягів вантажопереробки	2 год
3	Маршрутизація перевезень партійних вантажів	2 год
4	Факторний аналіз продуктивності рухомого складу	2 год
5	Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи парку вантажного рухомого складу	2 год
6	Нормування витрат палива та мастильних матеріалів на автомобільному транспорті	2 год
7	Оптимізація структури парку автомобілів за вантажопідйомністю	2 год
	Разом	14 год

* - методичні вказівки до виконання практичних занять видані окремо

2.2 Перелік занять для самостійної роботи *

1	Дослідження стаціонарності попиту на пасажирські перевезення	16 год
2	Розрахунок кількості вимірювачів пасажирських перевезень	16 год
3	Моделювання сезонних коливань обсягів вантажопереробки	16 год
4	Розподіл пасажирського рухомого складу за маршрутами	16 год
5	Графоаналітичне моделювання роботи рухомого складу на маршрутах	28 год
6	Маршрутизація перевезень масових вантажів	16 год
	Разом	108 год

* - методичні вказівки до виконання самостійної роботи видані окремо

3 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

3.1 Питання, що виносяться на перший модульний контроль

Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).

1. Поясніть, у чому полягає та як виробляється продукція транспорту ?
2. У яких одиницях вимірюють продукцію транспорту ?
3. На яких видах транспорту транспортний процес є циклічним, а на яких – неперервним ?
4. Нарисуйте граф варіантів переміщення вантажів та дайте його характеристику.
5. У чому полягає невизначеність стану транспортних систем та що є її джерелами ?
6. Дайте характеристику структурних, організаційних та інформаційних методів зниження невизначеності транспортних систем.
7. Дайте загальну характеристику складових транспортно-технологічної системи доставки вантажів ?
8. Охарактеризуйте множину керованих та некерованих параметрів транспортно-технологічної та транспортно-виробничої системи.
9. Як узгоджують у часі організаційно пов'язані транспортний та виробничий процеси ?
10. Поясніть, у чому полягають особливості транспортної системи як об'єкта управління ?

Транспортний процес вантажних перевезень.

11. Що складає сукупність елементів транспортного циклу ?
12. Які елементи складають цикл перевезень ?
13. Які елементи складають цикл доставки партії вантажу ?
14. Як узгоджуються між собою елементи циклів перевезень і доставки партії вантажу у часі та просторі ?
15. З чого починається та чим закінчується добовий (змінний) цикл експлуатації рухомого складу ?

16. Дайте визначення нульового пробігу та часу перебування рухомого складу в наряді.
17. Зобразіть граф можливих станів рухомого складу в процесі експлуатації.
18. Наведіть структуру критеріїв ефективності транспортного процесу та дайте характеристику кожного з них.
19. Перелічіть методи прогнозування попиту на перевезення вантажів та пасажирів ? За яких умов доцільно застосовувати той чи інший метод ?
20. Дайте визначення тренду.
21. Які види прогнозів розрізняють в залежності від періоду упередження ?
22. Викладіть методику прогнозування методом ковзної середньої.
23. Викладіть методику прогнозування методом експоненціального згладжування. Яким чином визначається константа згладжування ?
24. Викладіть методику прогнозування методом регресійного аналізу.
25. Як моделюються сезонні коливання попиту на перевезення вантажів та пасажирів за допомогою рядів Фур'є ?
26. За якими показниками можна оцінити якість розроблених прогнозних моделей ?

Маршрути вантажних перевезень.

27. Дайте визначення маршруту перевезень вантажів.
28. В залежності від чого обирають маршрути перевезення вантажів ?
29. Накресліть схеми маятникових маршрутів зі зворотним завантаженим пробігом, зворотним порожнім пробігом, зворотним частково завантаженим пробігом.
30. Накресліть схему кільцевого маршруту. З якою метою організовують кільцеві маршрути ?
31. Накресліть схему розвізного, збірною та збірно-розвізного маршруту. За яких умов та з якою метою їх організовують ?
32. Дайте визначення човникового та напівчовникового методу організації руху рухомого складу.

Матриці транспортних зв'язків. Характеристика простого та суміщеного циклу перевезень.

33. Що таке цикл перевезень та оборот рухомого складу ?
34. Дайте визначення графа транспортних зв'язків циклу перевезень. Що таке *базисний вузол* графу ?
35. Які елементи утворюють матрицю транспортних зв'язків циклу перевезень ?
36. Дайте визначення графа транспортної мережі циклу перевезень. Якими властивостями він відзначається ?
37. Які елементи утворюють матрицю суміжності графа транспортної мережі циклу перевезень ?
38. Наведіть класифікацію циклів перевезень. Поясніть, який цикли називають замкненими чи розімкненими, простими та суміщеними, періодичними ?
39. Перелічіть показники, що характеризують транспортну роботу циклу перевезень.
40. Дайте визначення статичного та динамічного коефіцієнтів використання вантажопідйомності автомобіля ? Як вони розраховуються ?

Транспортний процес пасажирських перевезень.

41. У чому полягають відмінності транспортних процесів перевезень вантажів та пасажирів ?
42. З яких елементів складається цикл перевезень пасажирів ?
43. Дайте визначення технічної, експлуатаційної швидкості та швидкості сполучення ?
44. Від чого залежить попит на перевезення пасажирів ?
45. Як розподіляється попит на перевезення пасажирів по місяцях року, дням тижня, годинам доби ?

Маршрути пасажирських перевезень.

46. Дайте визначення пасажирського маршруту. З яких елементів він складається ?
47. За якими ознаками класифікують пасажирські маршрути ?

48. Дайте визначення радіального, діаметрального, тангенціального та кільцевого маршрутів ?
49. Як класифікують пасажирські маршрути за формою траси ? Наведіть схеми маятникового, півкільцевого та кільцевого маршрутів.
50. Які режими руху можливі на пасажирських маршрутах ?

Продуктивність транспортних засобів при вантажних перевезеннях.

51. Як розраховується обсяг перевезень та вантажообіг (транспортна робота) циклу перевезень ?
52. Як визначається середня відстань перевезення тонни вантажу ?
53. Викладіть методику розрахунку транспортної роботи для простого циклу перевезень.
54. Викладіть методику розрахунку транспортної роботи для збірно-розвізного циклу перевезень ?
55. Дайте визначення та формулу розрахунку продуктивності рухомого складу ?
56. З яких елементів складається час, що витрачається на одну їздку ?
57. Дайте визначення технічної швидкості руху автомобіля.
58. Що таке коефіцієнт використання пробігу і як він розраховується ?
59. Перелічіть фактори, які впливають на продуктивність автомобіля на простому циклі перевезень.
60. Перелічіть фактори, що впливають на продуктивність автомобіля на розвізних маршрутах.
61. Як визначається продуктивність вантажного вагону ? Які експлуатаційні фактори впливають на неї ?
62. Як визначається та від чого залежить продуктивність річкових та морських суден ?

Вплив експлуатаційних факторів при вантажних перевезеннях.

63. Викладіть методику факторного дослідження продуктивності автомобіля.

64. Дайте визначення коефіцієнта еластичності ?
65. Зобразіть графічно характер залежності продуктивності автомобіля від експлуатаційних факторів для простого циклу перевезень.
66. Зобразіть графічно характер залежності продуктивності автомобіля від експлуатаційних факторів для розвізного маршруту.
67. Як впливають експлуатаційні фактори на продуктивність автомобіля на розвізних маршрутах ?

Продуктивність транспортних засобів при пасажирських перевезеннях.

68. Чим характеризують наявність рухомого складу та його використання при пасажирських перевезеннях ?
69. Як визначається коефіцієнт використання пробігу при пасажирських перевезеннях ?
70. Як розраховується продуктивність рухомого складу та парку рухомого складу при пасажирських перевезеннях ? Від чого вона залежить ?
71. Наведіть формулу розрахунку динамічного коефіцієнту використання пасажиромісткості рухомого складу.

Вплив експлуатаційних факторів при пасажирських перевезеннях.

72. Які експлуатаційні фактори впливають на продуктивність рухомого складу при пасажирських перевезеннях ?
73. Викладіть методику факторного дослідження продуктивності пасажирського рухомого складу.
74. Як впливають на продуктивність рухомого складу пасажирського транспорту наступні техніко-експлуатаційні показники: коефіцієнт використання пасажиромісткості, коефіцієнт використання пробігу, технічна та експлуатаційна швидкість руху ?
75. Зобразіть графічно характер впливу простою рухомого складу під пасажирообмінними операціями на зупинках та

кінцевих пунктах на продуктивність рухомого складу при пасажирських перевезеннях.

3.2 Питання, що виносяться на другий модульний контроль

Планування маятникових маршрутів перевезень вантажів.

76. Дайте загальну постановку задачі маршрутизації перевезень вантажів.
77. Наведіть схеми маршрутів, що відповідають класифікаційним ознакам задач маршрутизації перевезень.
78. Які критерії оптимальності використовують при рішенні задач маршрутизації перевезень ?
79. Дайте постановку задачі планування маятникових перевезень вантажів.
80. За якими групами ознаками класифікують задачі планування маятникових перевезень ?
81. Які умови процесу перевезень відповідають класифікаційним ознакам задач планування маятникових перевезень вантажів ?
82. Дайте математичну постановку та методику рішення задачі про завантаження транспортного засобу.
83. У чому полягає сутність евристичних методів планування маятникових перевезень вантажів ?
84. Запишіть математичну постановку та вкажіть метод вирішення задачі з відсутністю різновиду, задачі з нежорсткими завданнями на вивезення, задачі з нежорсткою тривалістю робочої зміни.
85. Поясніть сутність методу агрегування при плануванні маятникових перевезень вантажів. В яких умовах і з яких причин доцільно його застосування ?

Планування кільцевих маршрутів перевезень масових вантажів.

86. Які перевезення відносяться до масових помашинних ?

87. Укажіть умови, за яких відбувається планування кільцевих маршрутів при перевезенні вантажів ?
88. Дайте постановку задачі кільцевої маршрутизації перевезень вантажів.
89. З яких етапів складається рішення задачі кільцевої маршрутизації методом попередньої оптимізації порожніх пробігів ?
90. Як виконується процес складання кільцевих маршрутів методом таблиць зв'язків ?
91. Як виконується процес складання кільцевих маршрутів методом суміщених планів ?
92. Поясніть, як коригують результати обчислень за умови накладення обмежень на кількість їздок на маршруті, граничної тривалості робочої зміни водія, найменше допустиме значення коефіцієнту використання пробігу ?

Планування розвізних маршрутів перевезень партійних вантажів.

93. Дайте визначення партійних перевезень.
94. Назвіть основні класи задач маршрутизації партійних перевезень. Наведіть графічну інтерпретацію рішення для кожного з них.
95. У чому полягає сутність методу Кларка-Райта ?
96. Дайте поняття “виграшу” та способи його розрахунку ?
97. Як будується матриця виграшів при складанні маршрутів за методом Кларка-Райта ?
98. За яких умов пара маршрутів може бути об'єднана в один укрупнений маршрут ?
99. В якому випадку розв'язок за методом Кларка-Райта припиняється ?
100. Як визначається послідовність об'їзду вантажних пунктів на отриманих розвізних маршрутах ?

Характеристики парку рухомого складу.

101. Дайте визначення парку рухомого складу.
102. Які фактори характеризують провізну здатність парку рухомого складу та ефективність його використання ?

103. На які дві групи поділяють показники, що визначають транспортну роботу, виконувану парком рухомого складу ?
104. Як розраховується середньосписочна кількість автомобілів парку ?
105. Що таке коефіцієнт використання автомобілів парку та як він розраховується ?
106. Що визначає та як розраховується коефіцієнт технічної готовності автомобілів парку ?
107. Як визначити середній час перебування автомобіля в наряді ?

Продуктивність парку рухомого складу.

108. Наведіть формули для розрахунку продуктивності парку рухомого складу у тоннах та тонно-кілометрах.
109. Як розраховують середні значення коефіцієнтів статичного та динамічного використання вантажопідйомності автомобілів парку ?
110. Що характеризує та як визначається середня відстань завантаженого пробігу автомобіля за одну їздку ?
111. Наведіть формули для розрахунку середньої вантажопідйомності списочного, середньосписочного та середньосписочного робочого автомобіля парку.
112. Що визначає коефіцієнт використання пробігу автомобілів парку та як він розраховується ?
113. Як розраховують технічну та експлуатаційну швидкості рухомого складу парку ?
114. Викладіть методику розрахунку показників продуктивності парку автомобілів, що використовуються на розвізних маршрутах.

Аналіз ефективності використання парку рухомого складу.

115. З якою метою виконують аналіз впливу експлуатаційних показників на економічні результати роботи транспортного підприємства ?
116. Як виконується аналіз транспортної роботи парку рухомого складу ?
117. Як виконується аналіз собівартості перевезень парку рухомого складу ?

118. Як виконується аналіз прибутку від виконання перевезень парком рухомого складу ?
119. Як виконується аналіз ефективності використання автомобільного палива парком рухомого складу ?

Нормування енергоспоживання.

120. Які види норм витрат палива та мастильних матеріалів встановлені на автомобільному транспорті ?
121. Яким чином встановлюється базова лінійна норма витрат палива на пробіг для різних типів рухомого складу ?
122. В яких одиницях виміру встановлені норми витрат палива та мастильних матеріалів ?
123. Як залежать норми витрат палива на виконання транспортної роботи та одну тонну спорядженої маси від виду палива ?
124. Для якого типу рухомого складу і в якому розмірі встановлена норма витрат палива на їзду з вантажем ?
125. У яких випадках дозволяється додаткове споживання палива понад норми ?
126. Як розраховуються витрати палива та мастильних матеріалів для легкових автомобілів та автобусів ?
127. Як розраховуються витрати палива та мастильних матеріалів для бортових вантажних автомобілів та сідельних тягачів у складі автопоїздів ?
128. Як розраховуються витрати палива та мастильних матеріалів для самоскидів та самоскидальних автопоїздів ?
129. Як розраховуються витрати палива та мастильних матеріалів для спеціальних та спеціалізованих автомобілів ?

Вплив умов експлуатації на енергоспоживання.

130. У яких випадках норми витрат палива коригуються у бік збільшення ?
131. У яких випадках норми витрат палива коригуються у бік зменшення ?
132. Як впливає на питомі витрати палива на одиницю транспортної роботи використання причепів і напівпричепів ?

133. Як впливає на питомі витрати палива збільшення вантажопідйомності рухомого складу ?
134. Поясніть, чому область раціонального використання самоскидів визначається відстанню перевезень ?
135. Викладіть методику дослідження паливної економічності організації перевезень на розвізних маршрутах.
136. Які фактори визначають оптимальну вантажопідйомність автомобіля по витратах палива на розвізних маршрутах ?

Структура парку рухомого складу.

137. Яким вимогам повинна задовольняти структура парку автомобілів за вантажопідйомністю ?
138. Як розраховуються імовірності надходження вимоги на перевезення партії вантажу, для якої необхідний автомобіль певної вантажопідйомності ?
139. Що необхідно знати для знаходження імовірності вимог на перевезення автомобілями різної вантажопідйомності ?
140. Як визначається імовірність надходження вимоги на перевезення для експоненціального та нормального розподілу розмірів вантажної партії ?
141. Викладіть методику розрахунку оптимальної за вантажопідйомністю структури парку рухомого складу.

Розподіл рухомого складу при вантажних перевезеннях.

142. Як класифікують об'єкти перевезень в залежності від умов та задовольняння вимог на перевезення ?
143. Як поділяють парки транспортних засобів за умовами використання рухомого складу для обслуговування об'єктів перевезень ?
144. Наведіть схему закріплення та використання парку транспортних засобів.
145. Дайте математичну постановку задачі закріплення рухомого складу за об'єктами перевезень.
146. Які критерії оптимальності використовують в задачі закріплення рухомого складу за об'єктами перевезень ?

147. З якою метод і як визначається відносно збільшення продуктивності автомобіля на маятникових маршрутах ?
148. Як визначається відносно збільшення продуктивності автомобіля на розвізних маршрутах ?

Оптимізація перевізної спроможності вантажного парку.

149. Які складнощі викликає задача транспортного обслуговування об'єктів з сильно варійованим попитом на перевезення ?
150. Яким чином повинен формуватися парк транспортних засобів, що постійно закріплені за обслуговуванням об'єктом ?
151. Якими особливостями відзначається парк транспортних засобів, постійно закріпленим за контейнерним терміналом ?
152. Наведіть схему формування перевізної спроможності транспортних засобів, що обслуговують контейнерний термінал.
153. Що передбачає оптимізація вибору та використання транспортних засобів, постійно закріплених за об'єктом перевезень ?
154. Як розраховуються сумарні зведені витрати на тонну вантажу, що перевозиться парком в умовах обслуговування контейнерного терміналу ?
155. Який характер має цільова функція приведених витрат на тонну перевезеного вантажу у області допустимих значень ?

Структура пасажирського парку рухомого складу.

156. Яким вимогам повинна задовольняти структура пасажирського парку за пасажиромісткістю ?
157. Якими є умови використання автобусів різної пасажиромісткості в залежності від виду маршруту та потужності пасажирських потоків ?
158. Як визначається раціональна структура парку автобусів за пасажиромісткістю в залежності від чисельності населення міста ?

Розподіл рухомого складу при пасажирських перевезеннях.

159. З урахуванням чого визначають розподіл парку автобусів за маршрутами ?
160. З якою метою і яким чином виконується резервування рухомого складу пасажирського транспорту ?
161. За якими принципами виконується розподіл рухомого складу транспортного підприємства за видами перевезень ?

Оптимізація перевізної спроможності пасажирського парку.

162. В яких випадках для збільшення провізної спроможності пасажирського рухомого складу використовують швидкісне та експресне сполучення ?
163. Дайте характеристику та умови використання організації руху транспортних засобів пасажирського парку за системою декількох одиниць та групового руху.
164. Вкажіть умови транспортного обслуговування пасажиро утворюючих пунктів з періодично виникаючим попитом на перевезення.

4 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Учбовими планами спеціальності 275 затвердженими для заочного відділення, передбачено виконання контрольної роботи з дисципліни “Основи теорії транспортних процесів і систем”.

Мета роботи – більш глибоке засвоєння студентами заочної форми навчання учбового матеріалу. Кожна контрольна робота містить два теоретичних питання (див. п. 4.1) та два практичних завдання (див. п. 4.2).

Варіанти питань для контрольної роботи студент вибирає з таблиці 4.1. Студент повинен відповісти на кожне теоретичне питання з посиланнями на літературу. Наприкінці роботи необхідно додати перелік посилань.

Таблиця 4.1 – Варіанти завдань до контрольної роботи

Варіант	Номери питань	Варіант	Номери питань
1	1, 24	16	9, 32
2	41, 35	17	10, 48
3	2, 25	18	11, 33
4	42, 12	19	12, 49
5	3, 26	20	13, 34
6	43, 13	21	14, 50
7	4, 27	22	15, 35
8	44, 17	23	16, 41
9	5, 28	24	17, 36
10	45, 19	25	18, 42
11	6, 29	26	19, 37
12	46, 21	27	20, 43
13	7, 30	28	21, 38
14	47, 24	29	22, 44
15	8, 31	30	23, 39

4.1 Теоретичні питання

1. Критерії оцінки ефективності транспортного процесу.
2. Поняття про масові та партійні перевезення.
3. Управління запасами і оптимізація партійності перевезень.
4. Статистичне моделювання партійності перевезень.
5. Моделювання процесу комплектування об'єднаних партій вантажів.
6. Транспортний процес та його основні елементи.
7. Транспортно-виробничі системи, їх види та характеристики.
8. Особливості транспортної системи як об'єкта управління.
9. Характеристика системних зв'язків у транспортно-технологічних процесах.
10. Структура та організація управління гнучкими транспортними системами.
11. Методи оперативного прогнозування попиту на перевезення.
12. Методи короткострокового прогнозування попиту на перевезення.
13. Методи середньострокового прогнозування попиту на перевезення.

14. Прогнозування транспортно-технологічних показників з періодичними коливаннями методом гармонічного аналізу.
15. Маршрути перевезень вантажів та їх види.
16. Цикли перевезень вантажів та їх структура.
17. Транспортна робота циклу перевезень.
18. Продуктивність рухомого складу та фактори, що на неї впливають на маятниковому маршруті.
19. Продуктивність рухомого складу та фактори, що на неї впливають на розвізному маршруті.
20. Собівартість автомобільних перевезень та її складові.
21. Залежність собівартості перевезень від експлуатаційних факторів.
22. Види норм витрат палива та мастильних матеріалів на автомобільному транспорті.
23. Розрахунок норм витрат палива та мастильних матеріалів для різних типів рухомого складу.
24. Коригування норм витрат палива та мастильних матеріалів за різних умов експлуатації.
25. Аналіз ефективності використання автомобільного палива.
26. Загальна характеристика задач маршрутизації перевезень.
27. Транспортна мережа та моделі її побудови.
28. Методи визначення найкоротших відстаней на транспортних мережах.
29. Постановка задачі маршрутизації масових помашинних перевезень.
30. Розробка оптимальних маршрутів на помашинних перевезеннях методом таблиць зв'язків.
31. Розробка оптимальних маршрутів на помашинних перевезеннях методом суміщених матриць.
32. Основні класи задач маршрутизації дрібнопартійних перевезень.
33. Розв'язання задачі маршрутизації дрібнопартійних перевезень методом відгалужень і меж.
34. Розв'язання задачі маршрутизації дрібнопартійних перевезень методом функцій виграшу.
35. Комплексне календарне планування поставок і маршрутів перевезення партійних вантажів.
36. Загальна постановка задач планування маятникових перевезень масових вантажів.

37. Метод агрегування в плануванні маятникових перевезень масових вантажів.
38. Алгоритм побудови неперервного графіка при плануванні маятникових перевезень масових вантажів.
39. Система показників роботи парку рухомого складу автомобільного транспорту.
40. Показники чисельності рухомого складу і тривалості його перебування у автотранспортному підприємстві.
41. Показники, які визначають продуктивність автомобіля парку для простого циклу перевезень та їх розрахунок.
42. Розрахунок середніх значень показників продуктивності парку автомобілів, які використовуються на розвізних маршрутах.
43. Методика факторного аналізу ефективності використання парку рухомого складу.
44. Методика визначення оптимальної за вантажопідйомністю структури парку рухомого складу.
45. Управління використанням парку рухомого складу автомобільного транспорту.
46. Оптимізація провізної спроможності автомобілів, які закріплені за об'єктом з коливним попитом на перевезення.
47. Комплексне рішення задачі вибору рухомого складу і управління запасами.
48. Визначення оптимальної структури контейнерного парку з статистичними характеристиками розподілів розмірів партій вантажів.
49. Показники ефективності сумісної роботи транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів.
50. Статистичне моделювання роботи автомобілів і навантажувально-розвантажувальних засобів.

4.2 Практичні завдання

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 1

ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ

Стисла теоретична довідка

Продуктивність автомобіля на практиці прийнято оцінювати його виробкою в тоннах та тонно-кілометрах за годину (зміну) роботи.

Годинна продуктивність автомобіля в тоннах за годину визначається за формулою

$$P_{\Gamma} = \frac{q\gamma_c\delta}{\frac{l_{\text{ві}}}{v_{\Gamma}\beta} + t_{\text{нр}}}, \quad (4.1)$$

де q – номінальна вантажопідйомність автомобіля, т;

γ_c – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності автомобіля;

δ – коефіцієнт, що враховує використання часу перебування автомобіля в наряді для роботи безпосередньо на маршруті;

$l_{\text{ві}}$ – довжина вантажної їздки, км;

v_{Γ} – технічна швидкість руху автомобіля, км/год.;

β – коефіцієнт використання пробігу;

$t_{\text{нр}}$ – тривалість виконання навантажувально-розвантажувальних робіт за одну їздку, год.

Коефіцієнт δ розраховується за формулою

$$\delta = \frac{T_{\text{м}}}{T_{\text{н}}} = \frac{T_{\text{н}} - t_{\text{н}}}{T_{\text{н}}} = 1 - \frac{l_{\text{н}}}{v_{\Gamma}T_{\text{н}}}, \quad (4.2)$$

де $T_{\text{м}}$ – тривалість роботи автомобіля на маршрутах, год.;

T_n – час перебування автомобіля в наряді, год.;

l_n – сумарна довжина нульових пробігів, км.

Годинна продуктивність автомобіля в тонно-кілометрах за годину визначається за формулою

$$W_r = \frac{q\gamma_d \delta}{\frac{1}{v_r \beta} + \frac{t_{np}}{l_{vi}}}, \quad (4.3)$$

де γ_d – коефіцієнт динамічного використання вантажопідйомності автомобіля.

З співвідношення $W_r = P_r \cdot l_{vi}$ витікає, що всі фактори, за виключенням відстані перевезень, впливають на виробіток автомобіля у тонах та тонно-кілометрах однаково. Тому у більшості випадків можна обмежитись аналізом годинної продуктивності автомобіля в тонах.

Прийнявши аналізований фактор змінним, а інші – незмінними, шляхом нескладних перетворень можна отримати формули залежності годинної продуктивності автомобіля та її відносної зміни для кожного фактору (таблиця 4.2).

Залежності продуктивності автомобіля від експлуатаційних факторів мають здебільшого лінійний

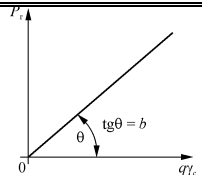
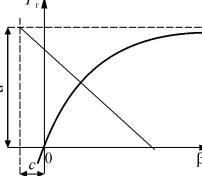
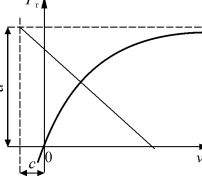
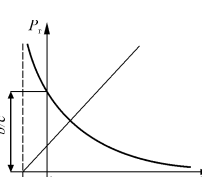
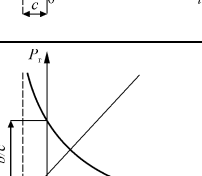
$$y = a + bx, \quad (4.4)$$

та дробово-лінійний

$$y = \frac{ax + b}{x + c} \quad (4.5)$$

характер. Графіком лінійної залежності є пряма, графіком будь-якої дробово-лінійної залежності є рівнобічна гіпербола.

Таблиця 4.2 – Залежність продуктивності автомобіля від експлуатаційних факторів

Експлуатаційний фактор та формула продуктивності	Значення коефіцієнтів	Характер залежності
1. Вантажопідйомність автомобіля та ступінь її використання $q\gamma_c = x$ $P_\Gamma = b \cdot x$	$b = \frac{v_\tau \beta}{l_{\text{ві}} + v_\tau \beta t_{\text{нр}}}$	
2. Коефіцієнт використання пробігу $\beta = x$ $P_\Gamma = \frac{a \cdot x}{x + c}$	$a = \frac{q\gamma_c}{t_{\text{нр}}}$ $c = \frac{l_{\text{ві}}}{v_\tau t_{\text{нр}}}$	
3. Технічна швидкість руху $v_\tau = x$ $P_\Gamma = \frac{a \cdot x}{x + c}$	$a = \frac{q\gamma_c}{t_{\text{нр}}}$ $c = \frac{l_{\text{ві}}}{\beta t_{\text{нр}}}$	
4. Довжина вантажної їздки $l_{\text{ві}} = x$ $P_\Gamma = \frac{b}{x + c}$ $W_\Gamma = \frac{a' \cdot x}{x + c'}$ (графіки 2, 3)	$b = v_\tau \beta q\gamma_c$ $c = v_\tau \beta t_{\text{нр}}$ $a' = v_\tau \beta q\gamma_d$ $c' = v_\tau \beta t_{\text{нр}}$	
5. Тривалість простою під вантажними операціями за їздку $t_{\text{нр}} = x$ $P_\Gamma = \frac{b}{x + c}$	$b = q\gamma_c$ $c = \frac{l_{\text{ві}}}{v_\tau \beta}$	

Проаналізувати взаємопов'язаний вплив експлуатаційних факторів на продуктивність автомобіля можна шляхом побудови характеристичних суміщених графіків.

При аналізі впливу експлуатаційних факторів на продуктивність автомобіля в умовах простого циклу перевезень слід враховувати наступні залежності: $l_{ві} = l_{в} = l$; $\gamma_{с} = \gamma_{д} = \gamma$.

Зміст завдання та вихідні дані до його рішення

По заданих значеннях експлуатаційних факторів роботи автомобіля в умовах простого циклу перевезень визначити годинну продуктивність автомобіля в тонах та тонно-кілометрах.

Побудувати характеристичні суміщені графіки зміни годинної продуктивності автомобіля в тонах при зміні експлуатаційних показників в межах $\pm 50\%$ від заданих.

Вихідні дані для вирішення завдання наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вихідні дані до вирішення завдання 1

Варіант	Значення експлуатаційних показників по варіантах				
	$q\gamma_{с}, \text{ Т}$	β	$v_{т}, \text{ км/год.}$	$l_{ві}, \text{ км}$	$t_{пр}, \text{ год.}$
1	6,9	0,50	15	23	0,75
2	4,5	0,55	20	12	0,35
3	7,0	0,60	29	26	1,28
4	10,8	0,65	27	30	1,35
5	8,3	0,70	26	58	0,18
6	19,6	0,75	29	45	0,43
7	14,7	0,80	15	11	0,33
8	4,3	0,85	20	52	0,63
9	5,8	0,9	21	22	0,48
10	8,2	0,95	19	19	0,28
11	4,1	1,0	21	42	1,42
12	8,0	0,50	15	58	0,97
13	5,5	0,55	15	38	0,98
14	12,3	0,60	25	32	0,63
15	16,4	0,65	25	56	0,97
16	4,3	0,70	27	28	0,88
17	19,5	0,75	19	55	1,27
18	13,7	0,80	17	23	0,23
19	2,8	0,85	26	35	1,45
20	7,3	0,9	28	12	0,37

Продовження таблиці 4.3

Варіант	Значення експлуатаційних показників по варіантах				
	$q\gamma_c, \text{Т}$	β	$v_T, \text{км/год.}$	$l_{\text{ві}}, \text{км}$	$t_{\text{пр}}, \text{год.}$
21	8,4	0,95	25	23	1,50
22	9,1	1,0	22	21	1,00
23	8,6	0,50	15	11	0,65
24	4,6	0,55	16	54	1,02
25	14,6	0,60	21	35	0,73

Приклад рішення завдання.

Розглянемо приклад виконання завдання для таких вихідних даних:

$q\gamma_c, \text{Т}$	β	$v_T, \text{км/год.}$	$l_{\text{ві}}, \text{км}$	$t_{\text{пр}}, \text{год.}$
8,0	0,6	22,5	12,0	0,5

Розв'язок.

Покладаючи $\delta = 1,0$ за формулами (4.1) та (4.3) розраховуємо продуктивність автомобіля за заданих значеннях експлуатаційних факторів:

$$P_r = \frac{8,0 \cdot 1,0}{\frac{12,0}{22,5 \cdot 0,6} + 0,5} = 5,76 \text{ т/год.};$$

$$W_r = \frac{8,0 \cdot 1,0}{\frac{1}{22,5 \cdot 0,6} + \frac{0,5}{12,0}} = 69,12 \text{ ткм/год.}$$

Для побудови характеристичного суміщеного графіка визначимо постійні коефіцієнти у формулах впливу кожного з експлуатаційних факторів на продуктивність автомобіля (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Вихідні дані для побудови характеристичного суміщеного графіка

Експлуатаційний фактор	Значення коефіцієнтів	Формула залежності
1. Вантажопідйомність автомобіля та ступінь її використання $q\gamma_c = x$	$b = \frac{22,5 \cdot 0,6}{12,0 + 22,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5} = 0,72$	$P_r = 0,72 \cdot x$
2. Коефіцієнт використання пробігу $\beta = x$	$a = \frac{8,0}{0,5} = 16,0$ $c = \frac{12,0}{22,5 \cdot 0,5} = 1,07$	$P_r = \frac{16x}{x + 1,07}$
3. Технічна швидкість руху $v_r = x$	$a = \frac{8,0}{0,5} = 16,0$ $c = \frac{12,0}{0,6 \cdot 0,5} = 40,0$	$P_r = \frac{16x}{x + 40}$
4. Довжина вантажної їздки $l_{вї} = x$	$b = 22,5 \cdot 0,6 \cdot 8 = 108$ $c = 22,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 6,75$	$P_r = \frac{108}{x + 6,75}$
5. Тривалість простою під вантажними операціями за їздку $t_{пр} = x$	$b = 8,0$ $c = \frac{12,0}{22,5 \cdot 0,6} = 0,91$	$P_r = \frac{8}{x + 0,91}$

При побудові характеристичного суміщеного графіка задаємось довільним масштабом для продуктивності, а окремі експлуатаційні фактори змінюємо в інтервалах $\pm 50\%$ від заданих. Характеристичний суміщений графік зображений на рисунку 4.1. Відзначимо деякі його властивості:

– всі графіки перетинаються у одній точці, ордината якої відповідає фактичній продуктивності автомобіля при заданих значеннях експлуатаційних факторів (у нашому випадку $P_r = 5,76$ т/год.);

– вплив на продуктивність автомобіля коефіцієнту використання пробігу β та технічної швидкості руху v_T носить однаковий характер та зображується на графіку співпадаючими рівнобічними гіперболами.

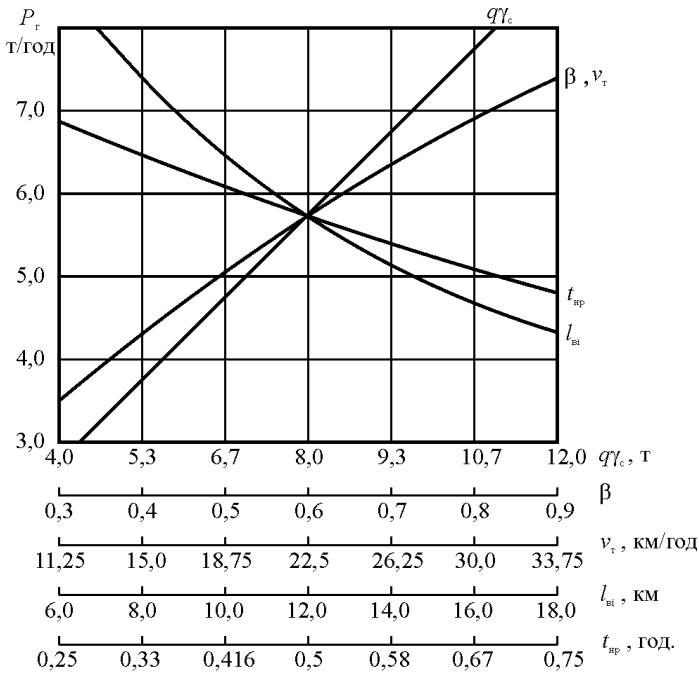


Рисунок 4.1 – Характеристичний графік залежності продуктивності автомобіля від експлуатаційних факторів

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 2

МАРШРУТИЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДРІБНОПАРТІЙНИХ ВАНТАЖІВ

Стисла теоретична довідка

До *партійних* перевезень відносять такі, за яких перевезень автомобіль протягом однієї їздки виконує доставку вантажів відразу декільком одержувачам (або збирає вантаж від декількох відправників на адресу одного одержувача, або водночас розвозить і збирає вантаж). Така, наприклад, технологія перевезень більшості вантажів торгівлі, пошти, деяких промислових виробів з баз постачання.

Один з методів, що використовується для рішення задач розвезення з одним відправником є метод Кларка-Райта. Він відноситься до евристичних (наближених) методів та його ідея побудована на понятті „виграшу” (вигоди) від об’єднання маршруту, що закінчується останньою їзdkою в i -му пункті з маршрутом, що розпочинається першою їзdkою в j -му пункті (рис. 4.2).

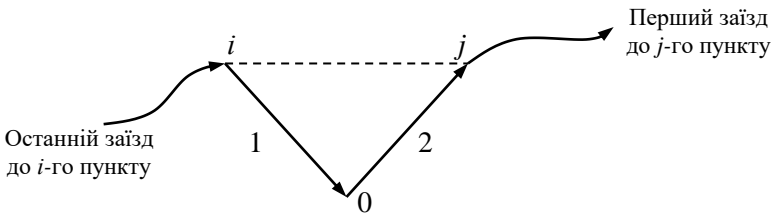


Рисунок 4.2 – Схема об’єднання маршрутів

Очевидно, якщо об’єднати ці маршрути ланкою (i, j) , то „виграш” від цього об’єднання буде дорівнювати

$$f_{ij} = l_{i,0} + l_{0,j} - l_{ij}, \quad (4.6)$$

де $l_{i,0}$ – відстань від i -го пункту до пункту-відправника вантажу;

$l_{0,j}$ – відстань від пункту-відправника вантажу до j -го пункту;

l_{ij} – відстань між пунктами (i, j) .

„Виграш” досягається за рахунок того, що введення ланки (i, j) виключає необхідність використовувати ланки $(i, 0)$ для замикання першого маршруту і $(0, j)$ для початку другого. Звідси випливає логічний крок до розв’язання всієї задачі: *якщо є деякі початкові маршрути, то їх можна „укрупнювати”, об’єднуючи у відповідності з величиною виграшу*. Якщо в першу чергу використати найбільше значення виграшів для всіх можливих об’єднань, то інтуїтивно можна сподіватись на отримання непоганого розв’язку. Розв’язок закінчується тоді, коли подальше об’єднання маршрутів буде неможливим. Це може бути у двох випадках:

– не залишається жодного позитивного значення „виграшу” – об’єднання маршрутів є не вигідним;

– для виконання об’єданого маршруту не знаходиться автомобіля необхідної вантажомісткості.

Формально постановка задачі виглядає наступним чином. Потрібно доставити вантаж від одного відправника 0 до n одержувачів, причому кожному j -му одержувачу ($j=1, 2, \dots, n$) у кількості q_j одиниць. Для перевезень виділено m автомобілів, з яких кожен k -й автомобіль має вантажомісткість P_k , а нумерація автомобілів виконана так, що справедливі відношення

$$P_1 \leq P_2 \leq \dots \leq P_m.$$

Задачу зручно розв’язувати табличним способом у такій послідовності.

1. Для заданої транспортної мережі будується матриця найкоротших відстаней.

2. Для всіх пар пунктів (i, j) за формулою (4.6) визначаються значення „функцій виграшу” f_{ij} і подаються у вигляді матриці виграшів.

3. Формується початкова розрахункова таблиця (таблиця 4.5). В таблиці відображують:

– в гр. 1 – порядковий номер маршруту ($M=1, 2, \dots, n$);

– в гр. 2 – схему маршруту. Спочатку це будуть маятникові маршрути між початковим пунктом 0 і кожним одержувачем $(0-B_1-0, 0-B_2-0, \dots, 0-B_n-0)$.

– в гр. 3 – „завантаження” маршруту, тобто кількість вантажу, що перевозиться на маршруті, який починається в j -му пункті. Спочатку для всіх маятникових маршрутів $b_{0j} = q_j$;

– в гр. 4 проставляється найменший номер автомобіля з вантажомісткістю, достатньою для виконання маршруту (спочатку $k = 1$ для всіх маршрутів);

– в наступних $4 + (1, 2, \dots, m)$ графах проставляється умовна оцінка використання k -го автомобіля. Оцінка „використання автомобіля” встановлюється з умови забезпечення кожного маршруту окремою одиницею рухомого складу. Тоді для першого за порядком автомобіля ця оцінка буде дорівнювати $\alpha = m - n$. Від’ємне значення величини α по суті буде означати неможливість обслуговування прийнятої системи маршрутів. Інші типи автомобілів будуть включатися до роботи послідовно за потребою. Тому для цих автомобілів ($k=2, 3, \dots, m$) у відповідних графах розрахункової таблиці проставляється **одиниця**, яка фіксує факт незайнятості k -го типу автомобіля на деякому етапі розрахунків.

Таблиця 4.5 – Форма розрахункової таблиці

Номер маршруту	Схема маршруту	Завантаження маршруту	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів			
				1	2	...	m
1	2	3	4	5	6	...	$4+m$
1	$0-1-0$	q_1	1				
2	$0-2-0$	q_2	1	α	1	...	1
...				
n	$0-n-0$	q_n	1				

4. З матриці виграшів вибираємо пару пунктів (i_0, j_0) з максимальним значенням „функції виграшу” f_{ij} і перевіряємо її на допустимість введення до розв’язку. При цьому виходять з таких умов. Пункти i та j в об’єднаному маршруті повинні бути суміжними, тобто належати одному і тому же маршруту (одній лінії). Якщо у вибраній парі один з пунктів є *внутрішнім* в прийнятому маршруті, то

у подальшому при пошуку нових варіантів об'єднань такий пункт не розглядається, а вибрана на цьому етапі пара (i_0, j_0) до розв'язку не включається і вважається переглянutoю.

У вибраній для розгляду парі пункт i_0 визначає номер маятникового маршруту, який приймається для об'єднання. Номер пункту (за виключенням початкового і кінцевого, позначених 0) вибраного маятникового маршруту включається до шуканого кільцевого маршруту. Новий пункт приєднується або до першого (за виключенням початкового з позначкою 0), або до останнього (за виключенням кінцевого з позначкою 0) пунктів утвореного на попередніх етапах фрагменту кільцевого маршруту.

Якщо номери i_0 та j_0 вибраної пари вже присутні в раніше утвореному на попередньому етапі маршруті, то така пара до розв'язку не включається і вважається переглянutoю.

5. Введення пари (i_0, j_0) до розв'язку призводить до утворення нового маршруту, за яким необхідно перевезти $Q = \sum_m q_i$ одиниць вантажу. Якщо $Q > P_m$, то маршрут заздалегідь не може бути виконаний і пара (i_0, j_0) не повинна бути включена до розв'язку. У цьому випадку необхідно згенерувати нову пару. При $Q \leq P_m$ продовжується перевірка для вибору автомобіля, здатного виконати заново утворений маршрут. Очевидно це повинен бути автомобіль вантажомісткості, не менше ніж P_k^* , яка визначається з умови

$$P_k^* = \min_k P_k \quad \text{для } k = k_2, k_2+1, \dots, m \text{ і } P_k > Q,$$

тобто вибирається автомобіль мінімальної вантажомісткості, здатний виконати знову утворений маршрут.

6. Фіксування знову утвореної системи маршрутів. В гр. 1 розрахункової таблиці виконується перенумерація маршрутів. В гр. 2, 3, 4 фіксуються: схеми нової системи маршрутів; зміна завантаження маршрутів і зміна в нумерації типів автомобілів на маршрутах. В гр. 5 величина α зменшується на одиницю, в інших графах по мірі введення автомобіля до роботи на маршруті значення оцінки 1 замінюється на 0.

Зміст завдання та вихідні дані до його вирішення

Вантаж від одного ($m = 1$) відправника θ доставляється восьми ($n = 8$) одержувачам ($I-8$) у кількості відповідно q_j ($j = 1, 2, \dots, n$) вантажних одиниць. Для перевезень використовуються автомобілі двох типів – вантажомісткістю P_1 та P_2 вантажних одиниць. Задана матриця найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі $L = \|l_{ij}\|$. Методом Кларка-Райта побудувати раціональні маршрути розвезення вантажів. Вихідні дані по варіантах прийняти з таблиці 4.5 та рисунку 4.2.

Таблиця 4.5 – Вихідні дані до вирішення завдання 2

Вар.	m	n	P_1	P_2	Обсяги заводу вантажів одержувачам, в.о.							
					1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	16	18	2	5	4	1	6	3	7	6
2	2	5	16	30	4	5	4	7	7	6	9	4
3	3	4	11	20	8	3	1	5	2	6	4	2
4	4	1	15	24	5	4	1	7	8	2	8	4
5	5	2	14	17	4	7	1	3	1	6	4	5
6	2	1	20	30	9	5	9	6	8	4	6	3
7	5	5	12	15	5	5	1	2	4	2	1	7
8	4	3	20	29	1	8	6	7	6	8	7	6
9	1	1	20	25	7	9	8	6	1	2	3	9
10	6	3	18	21	2	2	7	4	2	9	7	6
11	5	1	14	16	9	4	3	2	6	2	1	3
12	3	1	18	23	4	6	1	3	8	8	6	5
13	6	1	14	20	2	2	5	6	2	8	8	1
14	3	5	14	17	5	4	6	3	1	9	1	2
15	2	2	16	19	5	4	6	2	3	1	7	7
16	4	6	20	28	9	5	4	8	6	2	5	9
17	3	2	14	20	6	3	6	8	1	2	2	6
18	3	6	16	25	6	8	8	7	5	2	1	4
19	1	3	20	24	4	9	5	6	1	9	8	2
20	4	4	14	19	1	3	2	3	7	6	7	4
21	1	6	18	22	7	3	2	2	8	3	6	9
22	2	3	15	21	1	9	5	6	7	5	1	2
23	5	3	20	22	8	5	1	4	3	7	9	5
24	4	2	12	15	2	2	6	3	8	1	2	3

Продовження таблиці 4.5

Вар.	m	n	P_1	P_2	Обсяги заводу вантажів одержувачам, в.о.							
					1	2	3	4	5	6	7	8
25	1	4	18	21	5	1	4	8	4	5	3	9
26	2	4	15	20	7	1	9	5	8	2	2	1
27	3	3	15	20	4	9	3	2	1	3	8	5
28	1	5	14	20	5	8	7	4	1	5	2	2
29	5	4	20	25	5	9	7	4	7	8	2	3
30	4	5	14	18	2	4	5	2	7	8	3	1

0												
0		1										
1	$2n+5$		2									
2	14	3		3								
3	12	4	1		4							
4	$2m+5$	6	3	5		5						
5	15	8	5	7	2		6					
6	16	9	6	8	n	1		7				
7	$3n+1$	10	9	8	7	5	4		8			
8	14	5	4	$m+1$	7	7	9	$m+n$				

Рисунок 4.2 – Матриця найкоротших відстаней між пунктами

Приклад вирішення завдання 2

Вантаж від одного ($m=1$) відправника 0 доставляється восьми ($n=8$) одержувачам в кількості відповідно $q_1=2, q_2=5, q_4=3, q_3=7, q_5=4, q_6=8, q_7=3, q_8=1$ вантажних одиниць. Для перевезень використовуються автомобілі двох типів – вантажомісткістю $P_1=15, P_2=20$ вантажних одиниць. Матриця найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі $L = \|l_{ij}\|$ задана в таблиці 4.6.

Необхідно методом Кларка-Райта побудувати раціональні маршрути розвезення вантажів для цих автомобілів. Зауважимо, що задана матриця найкоротших відстаней є несиметричною, тобто $l_{ij} \neq l_{ji}$.

Таблиця 4.6 – Матриця найкоротших відстаней між пунктами

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0		10	7	9	4	2	4	3	8
1	7		3	5	6	8	11	10	5
2	4	3		2	3	5	8	7	5
3	2	4	1		4	4	6	5	3
4	4	6	3	5		2	8	7	8
5	2	8	5	7	2		6	5	10
6	4	9	6	8	3	1		4	9
7	3	10	9	8	7	5	4		5
8	5	5	4	3	7	7	9	6	

Розв'язок.

1. Розраховуємо значення "виграшів" для всіх елементів матриці за формулою $f_{ij} = l_{i0} + l_{0j} - l_{ij}$. Результати розрахунку матриці виграшів наведені у таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Матриця виграшів

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		11	11	5	1	0	0	10
2	11		11	5	1	0	0	7
3	8	8		2	0	0	0	7
4	8	8	8		4	0	0	4
5	4	4	4	4		0	0	0
6	5	5	5	5	5		3	3
7	3	5	4	0	0	3		6
8	10	8	11	2	0	0	2	

2. Будемо початкову систему (таблиця 4.8) маятникових маршрутів, на кожному з яких передбачається обслуговування одного споживача. Таким чином, маємо $n = 8$ маятникових маршрутів. На кожний такий маршрут призначається автомобіль мінімально необхідної вантажомісткості. Необхідна кількість автомобілів обраної вантажомісткості для виконання перевезень на даних маршрутах складе

$$A_1^n = m - n = 2 - 8 = -6.$$

Таблиця 4.8 – Початкова система маятникових маршрутів

Номер маршруту	Схема маршруту	Кількість вантажу на маршруті	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів	
				1	2
1	0–1–0	2	1	– 6	1
2	0–2–0	5	1		
3	0–3–0	7	1		
4	0–4–0	3	1		
5	0–5–0	4	1		
6	0–6–0	8	1		
7	0–7–0	3	1		
8	0–8–0	1	1		

Наявність від’ємного числа (–6) у стовпчику 5 свідчить про неприпустимість даної системи маршрутів, тобто наявної кількості автомобілів недостатньо для забезпечення перевезень на маршрутах.

3. Для подальшого об’єднання маршрутів вибираємо пару пунктів (i, j) з максимальним значенням виграшу. Такою парою є пара $(2, 1)$ з виграшем $f_{21} = 11$.

За початковий у новому маршруті приймається маршрут, у якому є пункт, що відповідає *номеру першого з пунктів обраної пари*, тобто $i = 2$. Таким маршрутом є маршрут $0 - 2 - 0$. Цей маршрут об’єднується з маршрутом, у якому є пункт, що відповідає *номеру другого пункту обраної пари*, тобто $j = 1$. Таким маршрутом є маршрут $0 - 1 - 0$. Таким чином, об’єднуємо два маятникових маршрути $0 - 1 - 0$ та $0 - 2 - 0$ у один кільцевий маршрут $0 - 2 - 1 - 0$ та фіксуємо його у новій таблиці. Для отриманого об’єднаного маршруту сумарна кількість вантажу, який перевозиться, складає $2 + 5 = 7$ одиниць. Це не перевищує вантажомісткості автомобіля першого типу.

Об’єднання маршрутів приводить до підвищення ступені їх „використання”, яке виражається у зменшенні числа необхідних для виконання перевезень автомобілів. Це можна врахувати додаванням до від’ємного числа в стовпчику 5 одиниці або обчислити за виразом $\alpha = t - n$, тобто кількість автомобілів, необхідна для освоєння системи маршрутів дорівнює $A_1^m = -6 + 1 = -5$ або $A_2^m = 2 - 7 = -5$.

Отриманий стан системи маршрутів фіксуємо в таблиці 4.9. Пара $(2, 1)$ з подальшого розгляду виключається.

Таблиця 4.9 – Система маршрутів після першого об'єднання

Номер маршруту	Схема маршруту	Кількість вантажу на маршруті	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів	
				1	2
1	0–2–1–0	7	1	–5	1
3	0–3–0	7	1		
4	0–4–0	3	1		
5	0–5–0	4	1		
6	0–6–0	8	1		
7	0–7–0	3	1		
8	0–8–0	1	1		

4. Наступною парою у відповідності з максимальним вигрaшем вибирається пара (1,2) з $f_{12} = 11$. Однак, пункти 1 та 2 уже належить одному і тому ж маршруту №1 (таблиця 4.9). Тому ця пара до подальшого розгляду не приймається і виключається з числа не переглянутих.

5. Вибираємо пару (1,3) з $f_{13} = 11$. Діючи за вищеописаними правилами, об'єднуємо маршрут №1 (0–2–1–0) і №3 (0–3–0). У результаті отримуємо маршрут (0–2–1–3–0), на якому необхідно перевезти $7+7=14$ одиниць вантажу автомобілем першого типу. Отримуємо нову систему маршрутів (таблиця 4.10).

Таблиця 4.10 – Система маршрутів після другого об'єднання

Номер маршруту	Схема маршруту	Кількість вантажу на маршруті	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів	
				1	2
1	0–2–1–3–0	14	1	–4	1
4	0–4–0	3	1		
5	0–5–0	4	1		
6	0–6–0	8	1		
7	0–7–0	3	1		
8	0–8–0	1	1		

6. Розглядаємо пару (2,3) з $f_{23} = 11$. Вона не вводиться до розв'язку, оскільки пункти 2 і 3 уже входять до одного й того ж маршруту №1 (таблиця 4.10).

7. Вибираємо пару (8,3). Згідно зі значенням $i=8$ та $j=3$ встановлюємо (таблиця 4.10), що можна об'єднати маршрут № 1 (0–2–1–3–0) і маршрут № 8 (0–8–0). Після об'єднання отримаємо розвізний маршрут 0–2–1–3–8–0 з обсягом перевезень $14+1=15$ вантажних одиниць, який фіксуємо в таблиці 4.8.

8. Послідовно розглядаємо пари (8,1) та (1,8) і доходимо висновку, що вони не можуть бути включені до розв'язку, бо пункти 1 і 8 уже входять в один і той же маршрут № 1 (таблиця 4.11).

Таблиця 4.11 – Система маршрутів після третього об'єднання

Номер маршруту	Схема маршруту	Кількість вантажу на маршруті	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів	
				1	2
1	0–2–1–3–8–0	15	1	–3	1
4	0–4–0	3	1		
5	0–5–0	4	1		
6	0–6–0	8	1		
7	0–7–0	3	1		

9. Наступною розглядається пара (4,2) з вигрaшем $f_{42} = 8$ кілометрів. Ця пара вводиться в розв'язок і дозволяє об'єднати (таблиця 4.11) маршрути №1 і №4. При такому об'єднанні для виконання маршруту 0–2–1–3–8–4–0 необхідно використати автомобіль типу 2, так як обсяг перевезень на маршруті складає $15+3=18$ одиниць.

На даному етапі розрахунків до роботи на знову утвореному маршруті включається автомобіль типу 2, решта маршрутів як і раніше обслуговується автомобілем типу 1. Заміна оцінки „використання автомобіля” в стовпчиках 5 і 6 нової таблиці здійснюється таким чином: для автомобіля типу 1 – до від'ємної оцінки додається одиниця; для автомобіля типу 2 – від позитивної оцінки віднімається одиниця. Утворений новий маршрут фіксуємо в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Система маршрутів після четвертого об'єднання

Номер маршруту	Схема маршруту	Кількість вантажу на маршруті	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів	
				1	2
1	0-2-1-3-8-4-0	18	2	-2	0
5	0-5-0	4	1		
6	0-6-0	8	1		
7	0-7-0	3	1		

10. З матриці виграшів вибираємо пару (6,5), що приводить до об'єднання маршрутів №5 і №6 (таблиця 4.12). Отриману систему маршрутів фіксуємо в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Система маршрутів після п'ятого об'єднання

Номер маршруту	Схема маршруту	Кількість вантажу на маршруті	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів	
				1	2
1	0-2-1-3-8-4-0	18	2	-1	0
2	0-6-5-0	12	1		
7	0-7-0	3	1		

11. Вибрана у подальшому пара (5,4) з $f_{54} = 4$ кілометрів не може бути включена до розв'язку з двох причин: по-перше серед маятникових маршрутів в таблиці 4.13 немає таких, що включають пункти, зазначені у цієї пари; по-друге – об'єднання маршрутів №1 і №2, де є такі пункти, в маршрут 0-2-1-3-8-4-5-6-0 неможливе, так як обсяг перевезень на ньому перевищує максимальну вантажомісткість наявних типів автомобілів ($18+12=30>20$).

12. До розв'язку вводиться пара (7,6) з $f_{76} = 3$ одиниці. Цією парою можна об'єднати маршрути №2 і №8, що зафіксовано в таблиці 4.14.

На цьому розрахунки закінчуються, оскільки більше немає можливості об'єднати маршрути. Загальний пробіг автомобілів складає:

- система маятникових маршрутів – 76 км;
 - система об'єднаних розвізних маршрутів – 33 км.
- Скорочення пробігу складає $76-33=43$ км.

Таблиця 4.14 – Остаточна система маршрутів

Номер маршруту	Схема маршруту	Кількість вантажу на маршруті	Номер автомобіля на маршруті	Використання автомобілів	
				1	2
1	0-2-1-3-8-4-0	18	2	0	0
2	0-7-6-5-0	15	1		

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. М.Ф.Дмитриченко, Л.Ю.Яцківський, С.В.Ширяєва, В.З.Докуніхін. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник для ВНЗ. - К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. - 336 с.
2. Лащених О.А., Кузькін О.Ф. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2006.– 435 с.
3. Горбачов П.Ф. Основи теорії транспортних систем: навч. посіб. / П.Ф. Горбачов, І.А. Дмитрієв; ХНАДУ – Х.: 2002. – 202 с.
4. Системологія на транспорті: підручник у 5 кн. / за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005. – Кн. 1: Основи теорії систем і управління / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. – 344 с.
5. Турченко М.О. Планування діяльності автотранспортного підприємства: підручник / М.О. Турченко, М.Д. Швець, М.Є. Кристопчук. – Рівне: НУВГП, 2013. – 299 с.
6. Вовк Ю.Я., Вовк І.П. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 104 с.
7. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті.– К.: Міністерство транспорту України. Державний департамент автомобільного транспорту, 1998.– 80 с.