

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Транспортні технології»

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)



ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. ректора

С.Т. Яримбаш

08 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 22 Дослідження операцій в транспортних системах

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціалізація 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

освітня програма «Організація перевезень і логістичне управління на залізничному транспорті»

спеціалізація 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

освітня програма «Організація перевезень і логістичне управління на автомобільному транспорті»

інститут, факультет машинобудівний інститут, транспортний факультет

мова навчання українська

Робоча програма з дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)», освітні програми (спеціалізації): «Організація перевезень і логістичне управління на залізничному транспорті» (275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)») та «Організація перевезень і логістичне управління на автомобільному транспорті» (275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»).

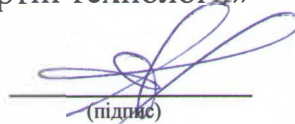
19 серпня 2021 року. - 16 с.

Розробник: Кузькін О.Ф., професор кафедри «Транспортні технології»,
д-р техн. наук, доцент.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри «Транспортні технології».
Протокол від 19 серпня 2021 року № 1.

Завідувач кафедри «Транспортні технології»

19 серпня 2021 року



(підпис)

С.М. Турпак

Схвалено науково-методичною комісією транспортного факультету
Національного університету «Запорізька політехніка».
Протокол від 19 серпня 2021 року № 97.

19 серпня 2021 року

Голова НМК



(підпис)

О.Ф. Кузькін

19 серпня 2021 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни		
		денна форма навчання	заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 8	Галузь знань <u>27 Транспорт</u>	нормативна		
Модулів – 2	Спеціальність: <u>275 «Транспортні технології (за видами)»</u>	Рік підготовки		
Змістових модулів – 6		3-й	3-й	
		Семестр		
		5-й, 6-й	5-й, 6-й	
Загальна кількість годин – 240 год.	Освітній ступінь: <u>бакалавр</u>	Лекції		
		45 год. 30 год.	10 год. 6 год.	
		Практичні, семінарські		
		30 год. 15 год.	4 год. 4 год.	
Лабораторні				
–		–		
Самостійна робота				
75 год. 45 год.		136 год. 80 год.		
Вид контролю залік (5 семестр), екзамен (6 семестр)				
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 (5 семестр), 3 (6 семестр); самостійної роботи студента – 6 (5 семестр), 5,57 (6 семестр)				

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

- для денної форми навчання – 1:1;
- для заочної форми навчання – 1:9.

1. Мета навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» є ознайомлення з принципами, методологією та методами дослідження операцій і набуття навичок з використання математичних методів для обґрунтування рішень у задачах, що постають у транспортній галузі; підготування студентів до вивчення дисциплін «Взаємодія видів транспорту», «Логістика», «Вантажні автомобільні перевезення», «Вантажні залізничні перевезення», «Пасажирські перевезення».

У результаті вивчення дисципліни здобувач освіти повинен отримати **загальну компетентність**: ЗК 6: здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Очікувані програмні результати навчання:

РН-6: досліджувати транспортні процеси, експериментувати, аналізувати та оцінювати параметри транспортних систем та технологій;

РН-18: досліджувати види і типи транспортних систем. Знаходити рішення оптимізації параметрів транспортних систем. Оцінювати ефективність інфраструктури та технології функціонування транспортних систем.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1 Лінійне програмування

Тема 1. Вступ, предмет, задачі та зміст дисципліни.

Загальна уява та історія розвитку дослідження операцій. Основні поняття та визначення дослідження операцій. Загальна математична постановка задач дослідження операцій та їх класифікація. Класифікація методів розв'язання задач дослідження операцій. Структура проектів та принципи побудови математичних моделей дослідження операцій.

Тема 2. Постановка та графічна інтерпретація задач лінійного програмування.

Застосування задач лінійного програмування на транспорті. Формулювання задачі лінійного програмування в загальному вигляді. Канонічна форма запису задачі лінійного програмування. Геометрична інтерпретація задач лінійного програмування.

Тема 3. Симплекс-метод розв'язування задач лінійного програмування.

Загальна схема симплекс-методу. Симплекс-таблиця. Симплекс-метод за умови наявності початкового припустимого базисного розв'язку. Використання симплекс-алгоритму для породження припустимого базисного розв'язку. М-задача.

Тема 4. Двоїстість у лінійному програмуванні.

Поняття двоїстості у лінійному програмуванні. Прямі і двоїсті задачі лінійного програмування, правила їх побудови. Симетричні та несиметричні двоїсті задачі. Теорема двоїстості. Двоїстий симплекс-метод.

Тема 5. Постановка та приклади задач цілочислового програмування.

Постановка задачі цілочислового програмування. Приклади застосування задач цілочислового програмування на транспорті. Геометрична інтерпретація задачі цілочислового лінійного програмування.

Тема 6. Методи розв'язування задач цілочислового програмування.

Класифікація методів розв'язування задач цілочислового програмування. Алгоритми Гоморі. Метод «відгалужень і меж». Задача про призначення.

Тема 7. Постановка та методи розв'язування транспортної задачі лінійного програмування.

Постановка транспортної задачі лінійного програмування за критерієм вартості перевезень. Методи складання початкового плану транспортної

задачі. Метод потенціалів для розв'язання транспортної задачі. Проблеми виродження базисного плану задачі. Транспортна задача за критерієм часу на транспортування.

Тема 8. Модифікації транспортної задачі лінійного програмування.

Незбалансована транспортна задача (відкрита модель). Транспортна задача з обов'язковими та забороненими поставками, з обмеженням на пропускну здатність. Багатоетапна транспортна задача.

Змістовий модуль 2

Динамічне програмування

Тема 9. Постановка задачі динамічного програмування. Принцип оптимальності.

Загальні принципи та область застосування методу динамічного програмування. Принцип оптимальності Белмана. Математична постановка та алгоритм розв'язування задач методом динамічного програмування.

Тема 10. Розв'язування окремих класів задач методом динамічного програмування.

Задача розподілу ресурсів. Задача про завантаження транспортного засобу. Дискретна детермінована задача управління запасами. Задачі динамічного програмування з мультиплікативним критерієм.

Змістовий модуль 3

Теорія масового обслуговування

Тема 11. Основні визначення теорії масового обслуговування. Класифікація систем масового обслуговування.

Основні поняття про системи масового обслуговування. Структура і класифікація систем масового обслуговування. Основні елементи систем масового обслуговування. Найпростіший потік вимог та його властивості. Показники ефективності обслуговуючих систем.

Тема 12. Системи масового обслуговування з очікуванням.

Системи масового обслуговування з необмеженим джерелом вимог (розімкнені системи). Системи масового обслуговування з обмеженим джерелом вимог (замкнені системи). Системи масового обслуговування з очікуванням та груповим надходженням вимог.

Тема 13. Системи масового обслуговування з втратами вимог.

Система масового обслуговування з відмовами. Формули Ерланга. Системи масового обслуговування з обмеженою довжиною черги, обмеженим часом очікування обслуговування, обмеженим часом перебування вимоги у системі.

Тема 14. Системи масового обслуговування з пріоритетами.

Моделі систем масового обслуговування з пріоритетами. Види пріоритетів. Розрахунок показників обслуговуючих систем з пріоритетами.

Змістовий модуль 4

Теорія графів

Тема 15. Основні поняття та визначення теорії графів.

Визначення графа та способи його подання. Основні визначення теорії графів. Поняття про транспортну мережу. Приклади застосування теорії графів у транспортних системах.

Тема 16. Оптимізаційні задачі на графах.

Задача про пошук найкоротшого шляху. Задача про пошук остійного дерева мінімальної ваги (найкоротшої зв'язуючої мережі). Задача про максимальний потік у транспортній мережі. Транспортна задача на мережі.

Змістовий модуль 5

Мережеве планування і управління комплексами робіт

Тема 17. Поняття про мережевий графік та правила його побудови.

Мережева модель комплексу операцій. Основні елементи та правила складання мережевих графіків. Часові оцінки тривалості роботи.

Тема 18. Розрахунок параметрів мережевого графіка.

Параметри мережевого графіка. Критичний шлях та його значення. Ранні та пізні терміни відбування подій. Резерви часу подій. Ранні і пізні терміни початку та закінчення робіт. Резерви часу робіт.

Тема 19. Оптимізація параметрів мережевого графіка.

Коригування і оптимізація мережевих графіків за критеріями часу, термінів виконання комплексу робіт, обмежень на матеріальні та фінансові ресурси, собівартість виконання робіт.

Змістовий модуль 6

Теорія ігор і прийняття рішень

Тема 20. Основні визначення і класифікація ігор.

Введення до теорії ігор. Основні поняття теорії ігор: гра, гравець, хід, стратегія гравця. Види та класифікація ігор.

Тема 21. Парні матричні ігри та методи їх розв'язання.

Матрична парна антагоністичної гра з нульовою сумою. Платіжна матриця гри, її спрощення. Розв'язання гри в чистих стратегіях. Сідлова точка, ціна гри. Принцип мінімаксу. Розв'язання гри 2×2 аналітичним та

графічним методами. Розв'язання ігор $2 \times n$ та $m \times 2$ графоаналітичним методом. Розв'язання ігор $m \times n$ методом лінійного програмування та наближеними методами.

Т

ема 22. Теорія прийняття рішень.

Постановка задачі прийняття рішень. Моделі прийняття рішень в умовах ризику. Критерій очікуваного значення. Моделі прийняття рішень в умовах невизначеності. Класичні критерії: Вальда, Баєса-Лапласа, Севіджа. Похідні критерії: Гурвіца, Ходжа-Лемана, добутків.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів та тем	Кількість годин							
	Денна форма				Заочна форма			
	усьо- го	у тому числі			усьо- го	у тому числі		
		лек.	пр.	с.р.		лек.	пр.	с.р.
Змістовий модуль 1. Лінійне програмування								
Тема 1. Вступ (предмет, мета та задачі дисципліни)	3	3			6			6
Тема 2. Постановка та графічна інтерпретація задач лінійного програмування	5	3	2		12		2	10
Тема 3. Симплекс-метод розв’язування задач лінійного програмування	9	3	6		16	2		14
Тема 4. Двоїстість у лінійному програмуванні.	25	3		22	10			10
Тема 5. Постановка та приклади задач цілочислового програмування	3	3			10			10
Тема 6. Методи розв’язування задач цілочислового програмування	20	3	2	15	12			12
Тема 7. Постановка та методи розв’язування транспортної задачі лінійного програмування	7	3	4		14	2	2	10
Тема 8. Модифікації транспортної задачі лінійного програмування	18	3		15	10			10
Разом за змістовим модулем 1	90	24	14	52	90	4	4	82
Змістовий модуль 2. Динамічне програмування								
Тема 9. Постановка задачі динамічного програмування. Принцип оптимальності.	4	3		1	6			6
Тема 10. Розв’язування окремих класів задач методом динамічного програмування	20	6	8	6	16	2		14
Разом за змістовим модулем 2	24	9	8	7	22	2		20

Назви змістових модулів та тем	Кількість годин							
	Денна форма				Заочна форма			
	усьо- го	у тому числі			усьо- го	у тому числі		
		лек.	пр.	с.р.		лек.	пр.	с.р.
Змістовий модуль 3. Теорія масового обслуговування								
Тема 11. Основні визначення теорії масового обслуговування. Класифікація систем масового обслуговування	3	3			6			6
Тема 12. Системи масового обслуговування з очікуванням	9	3	6		14	2		12
Тема 13. Системи масового обслуговування з втратами вимог	5	3	2		10		2	8
Тема 14. Системи масового обслуговування з пріоритетами	19	3		16	8			8
Разом за змістовим модулем 3	36	12	8	16	38	2	2	34
Змістовий модуль 4. Теорія графів								
Тема 15. Основні поняття та визначення теорії графів	5	4		1	10			10
Тема 16. Оптимізаційні задачі на графах	16	4	4	8	11	1	1	9
Разом за змістовим модулем 4	21	8	4	9	21	1	1	19
Змістовий модуль 5. Мережеве планування і управління комплексами робіт								
Тема 17. Поняття про мережевий графік та правила його побудови	2	4			10			10
Тема 18. Розрахунок параметрів мережевого графіка	6	4	2		14	1	1	12
Тема 19. Оптимізація параметрів мережевого графіка	28	4		22	15			15
Разом за змістовим модулем 5	36	12	2	22	39	1	1	37
Змістовий модуль 6. Теорія ігор і прийняття рішень								
Тема 20. Основні визначення та класифікація ігор	2	2			5			5
Тема 21. Парні матричні ігри та методи їх розв'язання	20	4	6	10	15	2		13
Тема 22. Теорія прийняття рішень	11	4	3	4	10		2	8
Разом за змістовим модулем 6	33	10	9	14	30	2	2	26
Усього годин	240	75	45	120	240	14	10	216

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва заняття	Кількість годин
1	Графічний метод розв'язування задач лінійного програмування	2
2	Симплекс-метод розв'язування задач лінійного програмування за наявності початкового допустимого базисного рішення	2
3	Симплекс-метод розв'язування задач лінійного програмування за відсутності початкового допустимого базисного рішення	4
4	Метод «відгалужень і меж» для розв'язування задач цілочислового лінійного програмування	1
5	Задача про призначення	1
6	Транспортна задача лінійного програмування за критерієм вартості перевезень	4
7	Дискретна задача оптимального розподілу ресурсів	4
8	Задача про завантаження транспортного засобу	4
9	Розімкнені системи масового обслуговування	2
10	Замкнені системи масового обслуговування	2
11	Системи масового обслуговування з груповим надходженням вимог	2
12	Системи масового обслуговування з обмеженою довжиною черги	2
13	Пошук найкоротших відстаней на транспортних мережах та найкоротшої зв'язуючої мережі	2
14	Пошук максимального потоку у транспортній мережі	2
15	Розрахунок параметрів мережевого графіка	2
16	Розв'язування ігор 2×2 графічним та аналітичним методами	2
17	Розв'язування ігор $2 \times n$, $m \times 2$ графоаналітичним методом	2
18	Розв'язування ігор $m \times n$ методом лінійного програмування	2
19	Розв'язування ігор $m \times n$ методом ітерацій	2
20	Прийняття рішень в умовах невизначеності	1
	Загальна кількість годин	45

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Двоїсті задачі лінійного програмування	10
2	Двоїстий симплекс-метод	12
3	Задача комівояжера	15
4	Транспортна задача за критерієм часу на перевезення	15
5	Детермінована задача управління запасами	3
6	Задача заміни обладнання	4
7	Системи масового обслуговування з пріоритетами	16
8	Транспортна задача на мережі	5
9	Задача листоноші	4
10	Оптимізація мережевого графіка за часом і ресурсами	22
11	Розв'язування задач лінійного програмування за допомогою методів теорії ігор	10
12	Прийняття рішень в умовах ризику	4
	Загальна кількість годин	120

8. Індивідуальні завдання

Студенти заочної форми навчання виконують дві контрольні роботи (по одній контрольній роботі у кожному навчальному семестрі), що включає п'ять розрахункових задач кожна.

9. Методи навчання

Для теоретичного навчання використовуються вербальні методи: лекції та пояснення. Практичні методи навчання включають в себе вправи з виконання практичних занять та самостійної роботи.

10. Очікувані результати навчання з дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути наступні знання та вміння.

Знати:

- структуру проектів та принципи побудови математичних моделей дослідження операцій на транспорті;
- методи математичного програмування, теорії масового обслуговування, теорії графів, мережевого планування та управління, теорії ігор та прийняття рішень.

Вміти:

- формалізувати об'єкт дослідження у термінах математики; формалізувати алгоритми роботи та цілі управління транспортних систем, представляти їх у вигляді графів переходів та відповідних аналітичних формулювань, прийнятих в галузі дослідження операцій;

- формувати задачі лінійного програмування з обмеженнями у вигляді рівнянь та у вигляді нерівностей стосовно транспортних систем; за допомогою методів математичного програмування вирішувати різноманітні задачі оптимізації вантажопотоків; вирішувати проблеми оптимізації перевезень неподілених об'єктів в умовах цілочисельності як результату розрахунків, так і цільової функції;

- отримувати рішення багатокрокових транспортних задач методом динамічного програмування;

- будувати лінійні графіки виконання комплексів робіт з визначенням критичних шляхів та можливих резервів часу для некритичних робіт, здійснювати оптимізацію виконання всього комплексу робіт з метою мінімізації або терміну виконання усіх робіт або витрат коштів на їх виконання;

- визначати оптимальні (з різних критеріїв оцінки) стратегії прийняття рішення в іграх різної розмірності, застосовувати ітеративні методи розв'язування задач теорії ігор;

- застосовувати методи теорії графів для визначення найкоротшої зв'язуючої мережі, найкоротшого кільцевого маршруту, найкоротших відстаней та максимального потоку на транспортних мережах;

- описувати в аналітичній формі вхідні та вихідні потоки системи масового обслуговування; класифікувати різноманітні транспортні системи масового обслуговування за видами потоків та каналів обслуговування, вибирати показники ефективності роботи в конкретних умовах, складати графи станів системи масового обслуговування; розраховувати вибрані показники ефективності, виконувати порівняльний їх аналіз та вибирати найбільш раціональний режим роботи та структуру розімкнутих, замкнених та змішаних транспортних систем масового обслуговування; здійснювати за допомогою стандартного чи спеціалізованого програмного забезпечення комп'ютерної техніки, моделювання процесу обслуговування з розрахунками необхідних показників ефективності функціонування станів системи масового обслуговування;

11. Засоби оцінювання

Використовуються наступні методи та засоби оцінювання та контролю за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності: фронтальне опитування при викладанні лекцій, усне опитування на практичних заняттях, захист контрольної роботи для студентів заочної форми навчання, тестування, іспит.

12. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота														Підсумковий тест (екзамен)	Сума		
Змістовий модуль 1								Змістовий модуль 2		Змістовий модуль 3				30	100		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14				
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
Змістовий модуль 4				Змістовий модуль 5					Змістовий модуль 6					20	100		
T15		T16		T17		T18		T19		T20		T21				T22	
10		10		10		10		10		10		10				10	

Шкали оцінювання: ECTS та ЗВО

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за шкалою ЗВО	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85 – 89	B	добре	
75 – 84	C		
70 – 74	D	задовільно	
60 – 69	E		
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1 – 34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології», спеціалізацій 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)», 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)». – Ч. I Робоча програма. Контрольні питання з дисципліни / Укл. доц., канд. техн. наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 32 с.
2. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології». – Ч. II. – Розділ 1. Лінійне програмування. Цілочислове програмування / Укл. доц., канд. техн. наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 51 с.
3. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології». – Ч. II. – Розділ 2. Транспортна задача лінійного програмування. Динамічне програмування / Укл. доц., канд. техн. наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 33 с.
4. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології». – Ч. III. – Розділ 1. Лінійне програмування. Цілочислове програмування. Динамічне програмування / Укл. доц., канд. техн. наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 56 с.
5. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології». – Ч. II. – Розділ 3. Теорія масового обслуговування. Теорія графів / Укл. доц., канд. техн. наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 46 с.
6. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології». – Ч. II. – Розділ 4. Мережеве планування і управління. Теорія ігор. Теорія прийняття рішень / Укл. доц., канд. техн. наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 46 с.
7. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології». – Ч. III. – Розділ 2. Теорія масового обслуговування. Теорія графів. Мережеве планування і управління. Теорія ігор. Теорія прийняття рішень / Укл. доц., канд. техн.

наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 47 с.

8. Комплекс навчального забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології». – Ч. IV / Укл. доц., канд. техн. наук Кузькін О. Ф., доц. канд. техн. наук Лашених О. А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 59 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Кузькін О. Ф. Прикладні задачі дослідження операцій в транспортних системах : навч. посіб. / О. Ф. Кузькін, О. А. Лашених, С. М. Турпак. – Запоріжжя : ЗНТУ. – 2012. – 371 с.
2. Вітлинський В. В. Математичне програмування / В. В. Вітлинський, С. І. Наконечний, Т. О. Терещенко. – К. : КНЕУ, 2001. – 248 с.
3. Лашених О. А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем / О. А. Лашених, О. Ф. Кузькін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2006. – 435 с.
4. Кунда, Н. Т. Дослідження операцій у транспортних системах / Н. Т. Кунда. – К. : Слово, 2008. – 400 с.
5. Основи дослідження операцій в транспортних системах : навч. посібник для ВНЗ / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін. – Дніпро : ДНУЗТ, 2015. – 277 с.

Допоміжна

1. Наконечний С. І., Савіна С. С. Математичне програмування : навчальний посібник. – К. : КНЕУ, 2003. – 452 с.
2. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування : навчальний посібник. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.
3. Катренко А. В. Дослідження операцій: підручник / А. В. Катренко. – Львів : Магнолія, 2014. – 352 с.
4. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій: підручник / Ю. П. Зайченко. – К. : ЗАТ «Віпол», 2000. – 217 с.