

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Запорізький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

ректор ЗНТУ

проф. \_\_\_\_\_ С. Б. Беліков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

### КОМПЛЕКС

навчально-методичного забезпечення дисципліни

#### **«Дослідження операцій в транспортних системах»**

для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 275 «Транспортні технології»  
спеціалізацій 275.02 «Транспортні технології (на залізничному  
транспорті), 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному  
транспорті)

**Частина I. Робоча програма. Контрольні питання з дисципліни**

Факультет: Транспортний

Кафедра: Транспортні технології

**2018**

Комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 275 «Транспортні технології» спеціалізацій 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)», 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» (частина I) / Склали: доц. Кузькін О.Ф., доц. Лашених О.А. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018.– 32 с.

Укладачі: доц., канд. техн. наук Кузькін О.Ф.  
доц., канд. техн. наук Лашених О.А.

Рецензент: проф., д-р техн. наук Турпак С.М.

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

Затверджено на засіданні  
кафедри «Транспортні  
технології» ЗНТУ  
Протокол № \_\_ від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

Затверджено на засіданні  
Вченої ради Транспортного  
факультету ЗНТУ

Протокол № \_\_ від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗМІСТ**

Робоча програма .....	4
Контрольні питання .....	22
Перелік програмного забезпечення з дисципліни .....	32

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

ректор ЗНТУ

\_\_\_\_\_ /проф. С. Б. Беліков/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ППН 12 «Дослідження операцій в транспортних системах»

спеціальність	275 «Транспортні технології»
спеціалізації	275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)» 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»
інститут, факультет	Машинобудівний інститут, транспортний факультет
Розробник:	Кузькін О. Ф., доцент кафедри транспортних технологій, канд. техн. наук, доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри транспортних технологій, протокол від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р., № \_\_\_\_ .

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ проф. Г. Ф. Бабушкін

Схвалено науково-методичною комісією транспортного факультету Запорізького національного технічного університету, протокол від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р., № \_\_\_\_ .

Голова НМК \_\_\_\_\_ доц. О. Ф. Кузькін

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів — 10	Галузь знань: 27 Транспорт	Нормативна	
Модулів — 2	Спеціальність: 275 «Транспортні технології»	Рік підготовки	
Змістових модулів — 6		3-й	3-й
Загальна кількість годин — 300		Семестри	
		5-й, 6-й	5-й, 6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних — 4 (5 семестр), 4 (6 семестр); самостійної роботи студента — 6,71 (5 семестр), 6,71 (6 семестр)	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Лекції	
		28 год., 28 год.	6 год., 6 год.
		Практичні	
		28 год., 28 год.	6 год., 6 год.
		Лабораторні	
		–	–
		Самостійна робота	
		94 год., 94 год.	138 год., 138 год.
		Вид контролю	
		залік, усний екзамен	залік, усний екзамен

**Примітка.**

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 1:3,35, для заочної форми навчання – 1:23.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1 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 «Основи теорії транспортних процесів і систем», «Взаємодія видів транспорту», «Логістика», «Вантажні перевезення».

2.2 Основними завданнями вивчення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» є набуття знань і практичних навичок розв'язання задач дослідження і оптимізації транспортних процесів і систем математичними методами дослідження операцій..

2.3 Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

### **знати:**

1) структуру проектів та принципи побудови математичних моделей дослідження операцій на транспорті;

2) методи математичного програмування, теорії масового обслуговування, теорії графів, мережевого планування та управління, теорії ігор та прийняття рішень, теорії розкладів.

### **вміти:**

1) 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;

2) формулювати 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;

3) отримувати рішення багатокрокових транспортних задач методом динамічного програмування;

4) будувати лінійні графіки виконання комплексів робіт з визначенням критичних шляхів та можливих резервів часу для некритичних ро-

біт, здійснювати оптимізацію виконання всього комплексу робіт з метою мінімізації або терміну виконання усіх робіт або витрат коштів на їх виконання;

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

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

7) 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, скласти графи станів системи масового обслуговування; розраховувати вибрані показники ефективності, виконувати порівняльний їх аналіз та вибирати найбільш раціональний режим роботи та структуру розімкнених, 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;

8) визначати оптимальний порядок виконання робіт у транспортно-технологічних процесах методами теорії розкладів.

### 3. 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 задач лінійного програмування в загальному вигляді. Канонічна форма запису задач 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. Теореми 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 гри з нульовою сумою. Платіжна матриця гри, її спрощення. Розв'язання гри в чистих стратегіях. Сідлова точка, ціна гри. Принцип мінімаксу. Розв'язання гри  $2 \times 2$  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.

### Тема 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.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів та тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	ін.	с.р.		л	п	лаб.	ін.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Лінійне програмування</b>												
Тема 1. Вступ (предмет, мета та задачі дисципліни)	2	2	–	–	–	–	6	–	–	–	–	6
Тема 2. Постановка та графічна інтерпретація задач лінійного програмування	4	2	2	–	–	–	12	–	2	–	–	10
Тема 3. Симплекс-метод розв'язування задач лінійного програмування	8	2	6	–	–	–	16	2	–	–	–	14
Тема 4. Двоїстість у лінійному програмуванні.	30	2	–	–	–	28	10	–	–	–	–	10

Тема 5. Постановка та приклади задач цілочислового програмування	2	2	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10
Тема 6. Методи розв'язування задач цілочислового програмування	20	2	2	–	–	16	12	–	–	–	–	12
Тема 7. Постановка та методи розв'язування транспортної задачі лінійного програмування	6	2	4	–	–	–	14	–	2	–	–	12
Тема 8. Модифікації транспортної задачі лінійного програмування	18	2	–	–	–	16	10	–	–	–	–	10
Разом за змістовим модулем 1	90	16	14	–	–	60	90	2	4	–	–	78
<b>Змістовий модуль 2. Динамічне програмування</b>												
Тема 9. Постановка задачі динамічного програмування. Принцип оптимальності.	2	2	–	–	–	–	6	–	–	–	–	6
Тема 10. Розв'язування окремих класів задач методом динамічного програмування	20	2	6	–	–	12	16	2	–	–	–	14
Разом за змістовим модулем 2	22	4	6	–	–	12	22	2	–	–	–	20
<b>Змістовий модуль 3. Теорія масового обслуговування</b>												

Тема 11. Основні визначення теорії масового обслуговування. Класифікація систем масового обслуговування	2	2	-	-	-	-	6	-	-	-	-	6
Тема 12. Системи масового обслуговування з очікуванням	8	2	6	-	-	-	14	2	-	-	-	12
Тема 13. Системи масового обслуговування з втраченими вимогами	4	2	2	-	-	-	10	-	2	-	-	8
Тема 14. Системи масового обслуговування з пріоритетами	24	2	-	-	-	22	8	-	-	-	-	8
Разом за змістовим модулем 3	38	8	8	-	-	22	38	2	2	-	-	34
<b>Змістовий модуль 4. Теорія графів</b>												
Тема 15. Основні поняття та визначення теорії графів	4	4	-	-	-	-	12	-	-	-	-	12
Тема 16. Оптимізаційні задачі на графах	34	4	10	-	-	20	26	2	2	-	-	22
Разом за змістовим модулем 4	38	8	10	-	-	20	38	2	2	-	-	34
<b>Змістовий модуль 5. Мережеве планування і управління комплексами робіт</b>												
Тема 17. Поняття про мережевий графік та правила його побудови	2	2	-	-	-	-	14	-	-	-	-	14

Тема 18. Розрахунок параметрів мережевого графіка	12	4	8	–	–	–	28	2	2	–	–	24
Тема 19. Оптимізація параметрів мережевого графіка	4	4	–	–	–	44	20	–	–	–	–	20
Разом за змістовим модулем 5	62	10	8	–	–	44	62	2	2	–	–	58
<b>Змістовий модуль 6. Теорія ігор і прийняття рішень</b>												
Тема 20. Основні визначення та класифікація ігор	2	2	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10
Тема 21. Парні матричні ігри та методи їх розв'язання	32	4	8	–	–	20	22	2	–	–	–	20
Тема 22. Теорія прийняття рішень	16	4	2	–	–	10	18	–	2	–	–	16
Разом за змістовим модулем 6	50	10	10	–	–	30	50	2	2	–	–	46
<b>Усього годин</b>	<b>300</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>188</b>	<b>300</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>276</b>

### 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва заняття	Кількість годин
1	Графічний метод розв'язування задач лінійного програмування	2
2	Симплекс-метод розв'язування задачі лінійного програмування за наявності початкового допустимого базисного рішення	2
3	Симплекс-метод розв'язування задачі лінійного програмування за відсутності початкового допустимого базисного рішення	4

4	Метод «відгалужень і меж» для розв'язування задач цілочислового лінійного програмування	2
5	Задача про призначення	2
6	Транспортна задача лінійного програмування за критерієм вартості перевезень	4
7	Дискретна задача оптимального розподілу ресурсів	2
8	Задача про завантаження транспортного засобу	2
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	4
14	Пошук максимального потоку у транспортній мережі	6
15	Розрахунок параметрів мережевого графіка	8
16	Розв'язування ігор $2 \times 2$ 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	2
	Разом	56

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Двоїсті задачі лінійного програмування	14
2	Двоїстий симплекс-метод	14
3	Задача комівояжера	16
4	Транспортна задача за критерієм часу на перевезення	16

5	Детермінована задача управління запасами	6
6	Задача заміни обладнання	6
7	Системи масового обслуговування з пріоритетами	22
8	Транспортна задача на мережі	10
9	Задача листоноші	10
10	Оптимізація мережевого графіка за часом і ресурсами	44
11	Розв'язування задач лінійного програмування за допомогою методів теорії ігор	20
12	Прийняття рішень в умовах ризику	10
	Разом	188

## 7. 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.

## 8. 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.

## 9. Методи контролю

Використовуються наступні методи 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.

## 10. Розподіл балів, які отримують студенти

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							

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 ... 100	A	відмінно	зараховано
85 ... 89	B	добре	
75 ... 84	C		
70 ... 74	D		
60 ... 69	E	задовільно	
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

## 11. 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 Лащених 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 Лащених 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 Лащених О. А. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. — 59 с.

## 12. Рекомендована література

### Базова

1. Кузькін О. Ф. Прикладні задачі дослідження операцій в транспортних системах : навч. посіб. / О. Ф. Кузькін, О. А. Лащених, С. М. Турпак. — Запоріжжя : ЗНТУ. — 2013. — 371 с.

2. Вентцель Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. — М. : Советское радио, 1972. — 552 с.

3. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. — М. : Наука, 1988. — 208 с.

4. Черчмен У. Введение в исследование операций / У. Черчмен, Р. Акоф, Л. Арноф. — М. : Наука, 1967. — 488 с.

5. Вітлінський В. В. Математичне програмування / В. В. Вітлінський, С. І. Наконечний, Т. О. Терещенко. — К. : КНЕУ, 2001. — 248 с.

6. Юдин Д. Б. Линейное программирование (теория, методы и приложения) / Д. Б. Юдин, Е. Г. Гольштейн. — М. : Наука, 1969. — 424 с.

7. Банди Б. Основы линейного программирования / Б. Банди. — М. : Радио и связь, 1989. — 176 с.

8. Лащених О. А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем / О. А. Лащених, О. Ф. Кузькін. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2006. — 435 с.

9. Калихман И. Д. Динамическое программирование в примерах и задачах / И. Д. Калихман, М. А. Войтенко. – М. : Высшая школа, 1979. – 125 с.
10. Беллман Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М. : ИЛ, 1960. – 400 с.
11. Беллман Р. Прикладные задачи динамического программирования / Р. Беллман, С. Дрейфус. – М. : Наука, 1965. – 418 с.
12. Белов В. В. Теория графов / В. В. Белов, Е. М. Воробьев, В. Е. Шаталов. – М.: Высшая школа, 1976.– 392 с.
13. Оре О. Теория графов / О. Оре. – М. : Наука, 1968. – 490 с.
14. Сыроежин И. М. Алгебра сетевых планов / И. М. Сыроежин. – М. : Экономика, 1966. – 151 с.
15. Парубек Г. Э. Сетевое планирование и управление / Г. Э. Парубек. – М. : Экономика, 1967. – 143 с.
16. Бороздин И. Г. Сетевое планирование и управление в строительстве / И. Г. Бороздин. – М. : Стройиздат, 1972. – 288 с.
17. Крушевский А. В. Теория игр / А. В. Крушевский. – К. : Вища школа, 1977. – 214 с.
18. Воробьев Н. Н. Основы теории игр. Бескоалиционные игры. / Н. Н. Воробьев. – М. : Наука, 1984. – 495 с.
19. Танаев В. С. Введение в теорию расписаний / В. С. Танаев, В. В. Шкурба. – М. : Наука, 1975. – 240 с.

#### Д о п о м і ж н а

20. Раскин Л. Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л. Г. Раскин. – М. : Советское радио, 1976. – 344 с.
21. Геронимус Б. Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б. Л. Геронимус. – М. : Транспорт, 1982.– 160 с.
22. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К. : Вища школа, 1986. – 447 с.
23. Акулиничев В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог / В. М. Акулиничев, В. А Кудрявцев, В. Н. Корешков. – М. : Транспорт, 1981. – 223 с.
24. Смехов А. А. Математические модели процессов грузовой работы / А. А. Смехов. – М. : Транспорт, 1982. – 256 с.

25. Бакаев А. А. Экономико-математические методы планирования и проектирования транспортных систем / А. А. Бакаев. – К. : Техника, 1973. – 220 с.

26. Кожин А. П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками / А. П. Кожин. – М. : Высшая школа, 1971 – 304 с.

27. Новиков О. А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О. А. Новиков, С. И. Петухов. – М. : Советское радио, 1969. – 400 с.

28. Падня В. А. Применение теории массового обслуживания на транспорте/ В. А. Падня. – М. : Транспорт, 1968. – 208 с.

29. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации дорожного движения. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

### Перший змістовий модуль

#### *Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).*

1. Дайте визначення дослідження операцій.
2. Наведіть історію розвитку дослідження операцій.
3. У чому полягають предмет та задачі дослідження операцій?
4. Назвіть основні типи задач дослідження операцій.
5. Що розуміють під операцією у дослідженні операцій?
6. Види математичних моделей дослідження операцій.
7. Наведіть загальну математичну постановку задачі дослідження операцій.
8. Класифікація задач дослідження операцій і методів їх розв'язання.
9. Структура проектів дослідження операцій.
10. Охарактеризуйте основні етапи операційного дослідження.

#### *Постановка та графічна інтерпретація задач лінійного програмування.*

11. Сформулюйте загальну задачу лінійного програмування (ЛП).
12. Запишіть у різних формах математичну модель загальної задачі ЛП.
13. Що таке канонічна форма запису задачі ЛП та як перейти до неї з загальної форми запису задачі ЛП?
14. Які випадки можливі в результаті розв'язування задачі ЛП?
15. У яких випадках задача ЛП допускає графічну інтерпретацію?
16. Дайте визначення багатокутника розв'язків (області допустимих розв'язків).
17. Які властивості має багатокутник рішень?
18. Як графічно представляються обмеження задачі ЛП та її цільова функція?
19. У якій точці багатокутника розв'язків цільова функція задачі ЛП набуває оптимального значення? Яким чином вона визначається?

20. Наведіть приклади багатокутника розв'язків, за якого задача: має єдине оптимальне рішення, має безліч оптимальних рішень, не має оптимального рішення.

### ***Симплекс-метод розв'язування задач лінійного програмування.***

27. У чому полягає ідея симплекс-методу розв'язування задачі ЛП ?
28. Дайте визначення *опорного плану* задачі ЛП, *базису*, *базисних* та *вільних змінних*.
29. Як побудувати початковий базисний план задачі ЛП ?
30. Сформулюйте ознаку оптимальності базисного плану при знаходженні максимального та мінімального значення цільової функції.
31. Наведіть приклад симплекс-таблиці та правила її побудови.
32. Як визначається змінні, що підлягають включенню та виключенню з базису у симплекс-таблиці.
33. Наведіть правила перетворення симплекс-таблиць.
34. У чому полягає ідея штучного базису для отримання базисного допустимого початкового розв'язку задачі ЛП ?
35. Сформулюйте правила побудови симплекс-таблиці розширеної М-задачі ЛП.
36. Поясніть, як з симплекс-таблиці побачити, що задача має: єдиний оптимальний план, безліч оптимальних планів, жодного допустимого плану.

### ***Двоїстість у лінійному програмуванні.***

33. У чому полягає сутність двоїстості у лінійному програмуванні ?
34. Які взаємоспряжені задачі називають *симетричними*, а які — *несиметричними*? Чим вони відрізняються ?
35. Наведіть правила побудови двоїстих задач.
36. Сформулюйте теореми двоїстості та дайте їх економічне тлумачення.
37. Запишіть всі можливі варіанти прямих та двоїстих задач.
38. Поясніть сутність двоїстого симплекс-методу.
39. Які вимоги висуваються до задачі ЛП при використанні для її рішення двоїстого симплекс-методу ?

40. Як у алгоритмі двоїстого симплекс-методу визначаються змінні, що підлягають введенню та виведенню з базису?
41. Чим процедура двоїстого симплекс-методу відрізняється від процедури звичайного симплекс-методу?
42. Дайте геометричне тлумачення двоїстого симплекс-методу.

***Постановка та приклади задач цілочислового програмування.***

41. Дайте постановку загальної задачі цілочислового програмування та поясніть, у чому полягають труднощі її розв'язування?
42. Наведіть приклади задач цілочислового програмування на транспорті.
43. Чим задача повністю цілочислового програмування відрізняється від задачі частково цілочислового програмування?
44. Чому при рішенні задач цілочислового програмування не можна округлювати змінні оптимального рішення задачі без накладення умови цілочисловості?
45. Дайте графічну інтерпретацію задачі цілочислового програмування.

***Методи розв'язування задач цілочислового програмування.***

46. Які групи методів використовують для рішення задач цілочислового програмування?
47. Поясніть сутність методів відтинання та методів повернення для рішення задач цілочислового програмування.
48. Викладіть область застосування та послідовність дій у першому алгоритмі Гоморі.
49. Викладіть область застосування та послідовність дій у другому алгоритмі Гоморі.
50. Викладіть послідовність дій при розв'язанні задачі цілочислового лінійного програмування методом «відгалужень і меж».
51. Дайте формулювання задачі про призначення та її математичну постановку. Поясніть, чому для її рішення неефективно використовувати симплекс-метод?
52. Угорський алгоритм рішення задачі про призначення.
53. Рішення задачі про призначення методом Мака.

54. Дайте формулювання та математичну постановку задачі комівояжера.
55. Викладіть алгоритм рішення задачі про комівояжера методом «відгалужень і меж».

### ***Постановка транспортної задачі та методи її розв'язання.***

56. Надайте формулювання транспортної задачі лінійного програмування та її математичну постановку.
57. Чим відрізняється *відкрита* модель транспортної задачі від *закритої* моделі?
58. У якому вигляді подають вихідні дані транспортної задачі?
59. Назвіть методи складання початкового базисного плану транспортної задачі та поясніть їх сутність.
60. Яким вимогам повинен задовольняти початковий базисний план транспортної задачі?
61. У якому випадку базисний план транспортної задачі називають *виродженим*?
62. Дайте визначення потенціалів, спосіб їх розрахунку та сформулюйте ознаку оптимальності базисного плану транспортної задачі при її рішенні методом потенціалів.
63. Як виконується покращення базисного плану транспортної задачі?
64. Викладіть алгоритм методу потенціалів при розв'язанні транспортної задачі за критерієм часу на транспортування.

### ***Модифікації транспортної задачі.***

65. Як виконується перетворення вихідних даних транспортної задачі за умови її незбалансованості?
66. Дайте формулювання, математичну постановку та спосіб перетворення вихідних даних для транспортної задачі з обов'язковими (директивними) поставками.
67. Дайте формулювання, математичну постановку та спосіб перетворення вихідних даних для транспортної задачі з забороненими поставками.

68. Дайте формулювання, математичну постановку та спосіб перетворення вихідних даних для транспортної задачі з обмеженнями на пропускну здатність ділянок транспортної мережі.
69. Дайте постановку багатетапної транспортної задачі та наведіть правила складання розширеної таблиці її вихідних даних.

### **Другий змістовий модуль**

#### ***Постановка задачі динамічного програмування. Принцип оптимальності.***

70. Поясніть сутність методу динамічного програмування (ДП).
71. Сформулюйте принцип оптимальності у задачах ДП.
72. Наведіть умови та послідовність дій при рішенні задачі методом ДП.
73. Дайте визначення адитивної та мультиплікативної цільової функції у задачах ДП.
74. Дайте визначення *параметру стану*, *змінної управління*, *умовно оптимального виграшу* в методі ДП.
75. Поясніть, у чому полягає сутність умовної та безумовної оптимізації процесу у методі ДП.

#### ***Розв'язування окремих класів задач методом динамічного програмування.***

76. Наведіть постановку задачі дискретного розподілу ресурсів та спосіб її розв'язування методом ДП.
77. Наведіть постановку задачі про завантаження транспортного засобу та спосіб її розв'язування методом ДП.
78. Наведіть постановку задачі дискретного детермінованого управління запасами та спосіб її розв'язування методом ДП.
79. Наведіть постановку задачі заміни обладнання та спосіб її розв'язування методом ДП.
80. Поясніть, у чому полягає особливість рішення задач з мультиплікативним критерієм оптимальності методом ДП.

### **Третій змістовий модуль**

#### ***Основні визначення теорії масового обслуговування. Класифікація систем масового обслуговування.***

81. Предмет, задачі та мета теорії масового обслуговування.
82. Наведіть структуру систем масового обслуговування (СМО).
83. З яких основних елементів складається СМО?
84. Дайте класифікацію СМО.
85. Перелічіть дисципліни черг та види пріоритетів у СМО.
86. Назвіть властивості простішого потоку вимог та поясніть їх сутність.
87. Дайте характеристику вхідного потоку вимог, тривалості обслуговування, вихідного потоку вимог у СМО.
88. Назвіть основні кількісні показники функціонування СМО.
89. Наведіть залежності, що зв'язують основні кількісні показники функціонування СМО.
90. Наведіть економічні критерії вибору оптимальної структури для різних типів СМО.

#### ***Системи масового обслуговування з очікуванням.***

91. Назвіть основні особливості функціонування СМО з необмеженим джерелом вимог.
92. Накресліть розмічений граф станів розімкненої СМО.
93. У якому випадку у розімкнених СМО буде утворюватись безкінечна черга?
94. Наведіть формули для розрахунку показників функціонування розімкнених СМО.
95. Назвіть основні особливості функціонування СМО з обмеженим джерелом вимог.
96. Накресліть розмічений граф станів замкненої СМО.
97. Наведіть формули для розрахунку показників функціонування замкнених СМО.
98. Назвіть основні особливості функціонування розімкнених СМО з груповим надходженням вимог.
99. Накресліть розмічений граф станів СМО з груповим надходженням вимог.

100. Наведіть формули для розрахунку показників функціонування СМО з груповим надходженням вимог.

***Системи масового обслуговування з втратами вимог.***

101. Назвіть основні особливості функціонування СМО з відмовами та наведіть формули Ерланга для розрахунку показників її функціонування.
102. Назвіть основні особливості функціонування СМО з обмеженою довжиною черги та наведіть формули для розрахунку показників її функціонування.
103. Назвіть основні особливості функціонування СМО з обмеженим часом очікування обслуговування та наведіть формули для розрахунку показників її функціонування.
104. Назвіть основні особливості функціонування СМО з обмеженим часом перебування у системі та наведіть формули для розрахунку показників її функціонування.

***Системи масового обслуговування з пріоритетами.***

105. Назвіть основні особливості функціонування розімкненої одно каналної СМО з абсолютними пріоритетами та наведіть формули для розрахунку показників її функціонування.
106. Назвіть основні особливості функціонування розімкненої одноканальної СМО з відносними пріоритетами та наведіть формули для розрахунку показників її функціонування.

**Четвертий змістовий модуль**

***Основні поняття та визначення теорії графів.***

107. Дайте наступні визначення: *граф, орієнтований граф, зважений граф, симетричний граф, дуга, ребро, шлях, контур, зв'язний граф, дводольний граф, дерево.*
108. Наведіть основні способи завдання графа та дайте їх характеристику.
109. Як визначаються матриці суміжності та інциденцій для графів?
110. Що таке ізоморфізм графів?

111. Що таке ейлерів та гамільтонів цикл у графі?
112. Дайте визначення транспортної мережі у теорії графів.
113. Наведіть приклади застосування графів у транспортних процесах і системах.

### ***Оптимізаційні задачі на графах.***

114. Наведіть постановку задачі про пошук найкоротшого шляху між вершинами графа.
115. Поясніть сутність методів потенціалів, мітли та динамічного програмування для пошуку найкоротших відстаней на транспортних мережах.
116. Дайте постановку задачі про пошук найкоротшої зв'язуючої мережі і її рішення за допомогою алгоритмів Прима та Краскала.
117. Алгоритм Форда-Фалкерсона для пошуку максимального потоку у транспортній мережі.
118. Дайте постановку транспортної задачі на мережі.
119. Метод потенціалів для рішення транспортної задачі на мережі.

### **П'ятий змістовний модуль**

#### ***Поняття про мережевий графік та правила його складання.***

120. Дайте визначення мережевої моделі комплексу операцій.
121. Що розуміють під роботами і подіями на сітковому графіку?
122. Мережеві графіки комплексів транспортно-складських операцій.
123. Які види робіт розрізняють у мережевих графіках?
124. Дайте визначення шляху на мережевому графіку.
125. Назвіть основні правила складання мережевих графіків.
126. Як визначаються тривалості робіт за двома та трьома оцінками часу їх виконання?

#### ***Розрахунок параметрів мережевого графіка***

127. Назвіть основні розрахункові параметри сіткових моделей комплексів операцій.

128. Як розраховуються ранні та пізні терміни відбування подій та їх резерви часу?
129. Які розраховуються ранні та пізні терміни початку та закінчення робіт?
130. Що таке критичний шлях, як він визначається та які властивості мають роботи та події, що йому належать?
131. Дайте визначення та спосіб розрахунку *повного, частинного, вільного та незалежного* резервів часу робіт.

### ***Оптимізація параметрів мережевого графіка.***

132. Способи корегування сіткового графіка з метою скорочення терміну виконання комплексу робіт.
133. Корегування сіткового графіка з врахуванням обмежень на кількість виконавців робіт.
134. Оптимізація сіткового графіка при поточній організації робіт.
135. Корегування сіткового графіка з врахуванням обмежень на матеріальні ресурси.
136. Оптимізація сіткового графіка за критерієм «час — собівартість».

### **Шостий змістовий модуль**

#### ***Основні визначення і класифікація ігор***

137. Основні задачі і мета теорії ігор.
138. Дайте наступні визначення: *гра, гравець, особистий хід, випадковий хід, гра з повною інформацією, стратегія, чиста стратегія, змішана стратегія, ціна гри.*
139. Наведіть класифікацію ігор за кількістю гравців, кількістю стратегій, характеру взаємодії гравців, характером виграшів, видом функцій виграшу.
140. Дайте визначення матричної парної антагоністичної гри з нульовою сумою.

#### ***Парні матричні ігри та методи їх рішення.***

141. Що таке платіжна матриця гри та яку сутність мають її елементи?
142. Дайте визначення *верхньої* та *нижньої* ціни матричної гри.
143. Як виконується пошук сідлової точки у платіжній матриці гри?
144. Поясніть, у чому полягає принцип мінімаксу та мінімакських стратегій?
145. Поняття домінуючих та дублюючих стратегій та спрощення платіжної матриці гри.
146. Аналітичний та графічний метод рішення гри  $2 \times 2$  без сідлової точки.
147. Графоаналітичні методи рішення ігор  $2 \times n$  та  $m \times 2$ .
148. Зведення гри  $m \times n$  до задачі лінійного програмування.
149. Ітеративний метод Брауна-Робінсон для рішення ігор  $m \times n$ .
150. Наведіть приклади застосування теорії ігор у транспортних системах.

### ***Теорія прийняття рішень.***

151. Сформулюйте задачу прийняття рішень в умовах ризику.
152. Поясніть сутність критерію очікуваного значення для прийняття рішення в умовах ризику.
153. Сформулюйте задачу вибору оптимальної стратегії в умовах невизначеності.
154. Дайте визначення природи та охарактеризуйте її поведінку.
155. Поясніть на прикладі сутність класичних критеріїв Вальда, Басса-Лапласа, Севіджа. Якими є умови їх застосування?
156. Викладіть принципи вибору оптимальної стратегії за похідними критеріями Гурвіца, Ходжа-Лемана і добутків.

## ПЕРЕЛІК ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

Нижче наведений перелік програмного забезпечення, що є в наявності на кафедрі «Транспортні технології» ЗНТУ та може бути використане для рішення основних класів задач з дослідження операцій.

Ім'я програми	Призначення програми	Автор
SimplexWin	Розв'язування задачі лінійного програмування симплекс-методом	С. Вартанов
Tran_Del	Розв'язання транспортної задачі лінійного програмування	А. Безгінов, А. Полянський
Venger	Розв'язання задачі про призначення угорським методом	В. Майоров
Dp_pr	Розв'язання дискретної задачі розподілу ресурсів методом динамічного програмування	О. Кузькін
Smo_pr	Розрахунок систем масового обслуговування	О. Кузькін
MaxFlow	Оптимізаційні задачі на графах (пошук найкоротшого шляху, зв'язуючої мережі, найкоротших відстаней, максимального потоку у мережі)	А. Дробанов
Setev	Розрахунок і оптимізація мережевих графіків	О. Кузькін
Game_pr	Рішення ігор методом Брауна-Робінсон	О. Кузькін

Програмне забезпечення знаходиться у комп'ютерному класі кафедри «Транспортні технології» (аудиторія №102) у папці `c:\product`.