

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки (№ 503)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Голова НМК

  
(підпис)

Д.М. Крицький  
(ініціали та прізвище)

«31» серпня 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 "Інформаційні технології"

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Системне програмування

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: другий (магістерський)**

**Харків 2021 рік**

Розробник: Кучук Г.А., професор, д.т.н., професор

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки

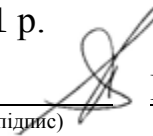
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » 08 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)



В. С. Харченко

(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                                  | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Характеристика навчальної дисципліни<br>(денна форма навчання) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Кількість кредитів – 6                                                                                   | <p><b>Галузь знань</b><br/> <u>12 "Інформаційні технології"</u><br/> <small>(шифр та найменування)</small></p> <p><b>Спеціальність</b><br/> <u>123 "Комп'ютерна інженерія"</u><br/> <small>(код та найменування)</small></p> <p><b>Освітня програма</b><br/> <u>Системне програмування</u><br/> <small>(найменування)</small></p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b><br/>           другий (магістерський)</p> | Обов'язкова                                                    |
| Кількість модулів – 2                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Навчальний рік</b>                                          |
| Кількість змістових модулів – 2                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2021/ 2022                                                     |
| Індивідуальне завдання <u>немає</u>                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Семестр</b>                                                 |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <u>3</u>                                                       |
| Загальна кількість годин – 64/116                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Лекції <sup>1)</sup></b>                                    |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <u>32</u> години                                               |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Практичні, семінарські<sup>1)</sup></b>                     |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <u>00</u> годин                                                |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Лабораторні <sup>1)</sup></b>                               |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <u>32</u> годин                                                |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 4<br>самостійної роботи студента – 6 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Самостійна робота</b>                                       |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <u>116</u> годин                                               |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Вид контролю</b>                                            |
|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | іспит                                                          |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
для денної форми навчання – 64 / 116;

<sup>1)</sup> Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета вивчення:** одержання студентами теоретичних знань в галузі математичного, апаратного та програмного забезпечення комп'ютерів, що засновані на оптимізації процесів, котрі застосовуються у сучасних комп'ютерних системах та мережах, з метою застосування цих знань для розробки алгоритмічного та програмного забезпечення апаратних та програмних засобів підтримки функціонування комп'ютерних систем та мереж.

**Завдання:** формування у студентів фахових знань щодо теоретичних основ проектування комп'ютерних систем і мереж, вивчення методів та алгоритмів проектування структури та навантаження комп'ютерних систем і мереж.

### **Компетентності, які набуваються:**

Здатність до визначення технічних характеристик, конструктивних особливостей, застосування і експлуатації програмних, програмно-технічних засобів, комп'ютерних систем та мереж різного призначення.

Здатність проектувати комп'ютерні системи та мережі з урахуванням цілей, обмежень, технічних, економічних та правових аспектів.

Здатність будувати та досліджувати моделі комп'ютерних систем та мереж.

Здатність будувати архітектуру та створювати системне і прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

Здатність виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, знаходити адекватні шляхи щодо їх розв'язання.

Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження, зміни наукового й науково-виробничого профілю своєї діяльності.

Здатність досліджувати проблеми з використанням системного аналізу, синтезу, комп'ютерного моделювання та методів оптимізації.

Здатність генерувати нові ідеї (креативність), виявляти, ставити та вирішувати проблеми, знаходити оптимальні шляхи щодо їх вирішення.

Здатність аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході професійної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності.

Здатність вести професійну, у тому числі науково-дослідну діяльність, у міжнародному середовищі.

Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Базові знання фундаментальних наук в обсязі, необхідному для освоєння загально професійних дисциплін.

### **Очікувані результати навчання:**

Застосовувати загальні підходи пізнання, методи математики, природничих та інженерних наук до розв'язання складних задач комп'ютерної інженерії.

Знаходити необхідні дані, аналізувати та оцінювати їх.

Будувати та досліджувати моделі комп'ютерних систем і мереж, оцінювати їх адекватність, визначати межі застосовності.

Застосовувати загальні підходи пізнання, методи математики, природничих та інженерних наук до розв'язання складних задач комп'ютерної інженерії.

Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерної інженерії, необхідні для професійної діяльності, оригінального мислення та проведення досліджень, критичного осмислення проблем інформаційних технологій та на межі галузей знань.

Аналізувати проблематику, ідентифікувати та формулювати конкретні проблеми, що потребують вирішення, обирати ефективні методи їх вирішення.

Здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії, аналізувати та оцінювати цю інформацію.

Приймати ефективні рішення з питань розроблення, впровадження та експлуатації комп'ютерних систем і мереж, аналізувати альтернативи, оцінювати ризики та імовірні наслідки рішень.

Зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію з питань інформаційних технологій і дотичних міжгалузевих питань до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються.

Планувати і виконувати наукові дослідження в сфері комп'ютерної інженерії, формулювати і перевіряти гіпотези, обирати методики та інструменти, аналізувати результати, обґрунтовувати висновки.

**Пререквізити** – дисципліна є обов'язковим компонентом освітньої програми і базується на знаннях, отриманих під час вивчення дисциплін у циклі загальної і професійної підготовки, передбачених навчальним планом спеціальності, а також на знаннях, отриманих студентами під час вивчення дисципліни «Технології обробки великих даних» та «Комп'ютерні системи штучного інтелекту».

**Кореквізити** – Матеріал, засвоєний під час вивчення цієї дисципліни, є базою для виконання дипломного проекту.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1**

**Змістовий модуль 1. Методи та алгоритми проектування структури комп'ютерних систем і мереж (КСМ)**

**Тема 1. Використання методів безумовної оптимізації для прискорення проходження пакетів в КСМ.**

Вступ. Призначення дисципліни. Історична довідка. Роль і місце дисципліни, взаємозв'язок з іншими дисциплінами. Унімодальні функції. Аналіз часу проходження пакету в КСМ. Метод дихотомії. Метод «золотого перерізу»

**Тема 2. Оптимізація процесів в КСМ з використанням багатоекстремальних функцій.**

Однопараметрична оптимізація процесів в КСМ. Особливості формалізації однопараметричних процесів в МСС. Знаходження оптимуму багатоекстремальної функції при накладенні обмежень на оптимізуємий параметр. Метод сканування. Метод «пошуку з розвідкою». Багатопараметрична оптимізація процесів в КСМ. Особливості формалізації багатопараметричних процесів в МСС. Знаходження стаціонарних точок процесу. Аналітичне рішення задачі безумовної оптимізації процесу з декількома параметрами. Градієнтний метод.

**Тема 3. Моделювання процесу управління інформаційними потоками даних в КСМ з використанням методів лінійного програмування.**

Загальна постановка задачі управління інформаційними потоками даних в МСМ. Використання методів лінійного програмування. Графічний метод знаходження оптимального рішення Розробка алгоритмів знаходження оптимального розподілу ресурсів КСМ при одночасному проходженні двох інформаційних потоків даних.

**Тема 4. Аналітичні методи лінійного програмування при управлінні інформаційними потоками даних в КСМ.**

Формалізація задачі управління інформаційними потоками даних Зведення задачі управління до стандартного вигляду задачі ЛП. Аналіз існуючих методів оптимізації отриманої моделі. Симплекс-метод та особливості його застосування. Аналіз особливих випадків при управлінні інформаційними потоками даних в КСМ. Загальні правила виявлення особливих випадків. Виродження моделі. Багатоальтернативність моделі. Нескінченність рішення. Відсутність рішення. Двоїстість задачі лінійного програмування та її використання при управлінні інформаційними потоками даних в КСМ .

**Змістовий модуль 2. Методи та алгоритми проектування навантаження комп'ютерних систем і мереж**

**Тема 5. Використання транспортної моделі при вирішенні задачі маршрутизації в КСМ.**

Приведення задачі маршрутизації в МСМ до збалансованого вигляду. Транспортні таблиці. Знаходження начального рішення транспортної задачі. Метод потенціалів та особливості його використання при вирішенні задачі маршрутизації в КСМ.

**Тема 6. Методи розподілу мережних ресурсів при управлінні інформаційними потоками.**

Загальна постановка задачі розподілу мережних ресурсів при управлінні інформаційними потоками. Методи приведення задачі до задачі лінійного програмування. Застосування існуючих методів оптимізації. Визначення окремих випадків швидкого знаходження оптимального рішення. Побудова таблиць вартості призначень. Угорський метод рішення задачі про призначення. Особливості використання угорського методу при розподілі ресурсів.

**Тема 7. Методи знаходження оптимального маршруту при управлінні інформаційним потоком даних.**

Постановка задачі мінімізації мережі. Алгоритм Краскала. Алгоритм Дейкстри для мережі без циклів. Методи знаходження оптимального маршруту при управлінні інформаційним потоком даних для мереж із циклами. Особливості маршрутизації при наявності циклів. Алгоритм Дейкстри для мережі із циклами. Алгоритм Флойда та його особливості при використанні у маршрутизаторах. Програмування алгоритмів маршрутизації.

**Тема 8. Використання математичного апарату прийняття рішень для оптимізації процесів в КСМ.**

Розпаралелювання етапів процесу управління обробкою даних в КСМ. Використання методів мережевого планування. Критичний шлях. Метод СРМ. Критичний шлях. Знаходження критичного шляху та резервів часу. Метод СРМ у мультисервісних мережах. Використання апарату теорії ігор при оптимізації процесу у КСМ. Сідлова точка процесу. Платіжна матриця. Методи теорії ігор при визначенні маршруту проходження потоку.

**Тема 9. Математичний апарат теорії масового обслуговування та нелінійні алгоритми умовної оптимізації в завданнях проектування навантаження комп'ютерних систем і мереж.**

Методи аналізу черг в КСМ. Вибір оптимальних розміру буфера пристрою обслуговування та граничного часу затримки пакетів у черзі. Застосування у МСС сепарабельного програмування. Застосування у МСС квадратичного програмування. Динамічне програмування при оптимізації процесів МСМ. Застосування у МСС цілочисельного програмування. Розробка програми цілочисельної оптимізації у КСМ

**Модульний контроль.**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви<br>змістових модулів і тем                                                                                                                                         | Кількість годин |              |   |      |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|---|------|-------|
|                                                                                                                                                                          | Усього          | У тому числі |   |      |       |
|                                                                                                                                                                          |                 | л            | п | лаб. | с. р. |
| Модуль 1                                                                                                                                                                 |                 |              |   |      |       |
| Змістовий модуль 1. Моделі і методи штучного інтелекту                                                                                                                   |                 |              |   |      |       |
| Тема 1. Використання методів безумовної оптимізації для прискорення проходження пакетів в КСМ                                                                            | 4               | 2            |   |      | 4     |
| Тема 2. Оптимізація процесів в КСМ з використанням багатоекстремальних функцій                                                                                           | 14              | 4            |   | 4    | 10    |
| Тема 3. Моделювання процесу управління інформаційними потоками даних в КСМ з використанням методів лінійного програмування                                               | 16              | 4            |   | 4    | 20    |
| Тема 4. Аналітичні методи лінійного програмування при управлінні інформаційними потоками даних в КСМ                                                                     | 15              | 3            |   | 4    | 20    |
| Модульний контроль                                                                                                                                                       | 1               | 1            |   |      |       |
| Разом за змістовим модулем 1                                                                                                                                             | 80              | 14           |   | 12   | 54    |
| Змістовий модуль 2. Системи штучного інтелекту                                                                                                                           |                 |              |   |      |       |
| Тема 5. Використання транспортної моделі при вирішенні задачі маршрутизації в КСМ                                                                                        | 16              | 4            |   | 4    | 10    |
| Тема 6. Методи розподілу мережних ресурсів при управлінні інформаційними потоками                                                                                        | 14              | 4            |   | 4    | 12    |
| Тема 7. Методи знаходження оптимального маршруту при управлінні інформаційним потоком даних                                                                              | 14              | 4            |   | 4    | 12    |
| Тема 8. Використання математичного апарату прийняття рішень для оптимізації процесів в КСМ                                                                               | 14              | 4            |   | 4    | 12    |
| Тема 9. Математичний апарат теорії масового обслуговування та нелінійні алгоритми умовної оптимізації в завданнях проектування навантаження комп'ютерних систем і мереж. | 11              | 1            |   | 4    | 16    |
| Модульний контроль                                                                                                                                                       | 1               | 1            |   |      |       |
| Разом за змістовим модулем 2                                                                                                                                             | 100             | 18           |   | 20   | 62    |
| Усього годин                                                                                                                                                             | 180             | 32           |   | 32   | 116   |



## 5. Теми семінарських занять

| № з/п | Назва теми            | Кількість годин |
|-------|-----------------------|-----------------|
| 1     | <i>Не передбачено</i> |                 |
|       | <b>Разом</b>          |                 |

## 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми            | Кількість годин |
|-------|-----------------------|-----------------|
| 1     | <i>Не передбачено</i> |                 |
|       | <b>Разом</b>          |                 |

## 7. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми                                                                                                                     | Кількість годин |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | 2                                                                                                                              | 3               |
| 1     | Розробка програмної моделі та алгоритму для оптимізації часу проходження пакету в КСМ                                          | 4               |
| 2     | Розробка програмної моделі, що використовує метод сканування для оптимізації часу проходження пакету в КСМ                     | 4               |
| 3     | Розробка програми знаходження оптимального розподілу ресурсів КСМ при одночасному проходженні двох інформаційних потоків даних | 4               |
| 4     | Використання додаткових можливостей MS OFFICE при моделюванні процесу управління інформаційними потоками даних в КСМ           | 4               |
| 5     | Розробити алгоритм та програму реалізації процесу маршрутизації при заданих початкових умовах                                  | 4               |
| 6     | Програмна побудова дерева рішень для процесу вибору ІТ-проекту КСМ                                                             | 4               |
| 7     | Побудова програмної моделі відокремленого вузла КСМ                                                                            | 4               |
| 8     | Розробка програми цілочисельної оптимізації у КСМ                                                                              | 4               |
|       | <b>Разом</b>                                                                                                                   | 116             |

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми                                                                                                                                                               | Кількість годин |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Тема 1. Використання методів безумовної оптимізації для прискорення проходження пакетів в КСМ                                                                            | 4               |
| 2     | Тема 2. Оптимізація процесів в КСМ з використанням багатоекстремальних функцій.                                                                                          | 10              |
| 3     | Тема 3. Моделювання процесу управління інформаційними потоками даних в КСМ з використанням методів лінійного програмування                                               | 20              |
| 4     | Тема 4. Аналітичні методи лінійного програмування при управлінні інформаційними потоками даних в КСМ                                                                     | 20              |
| 5     | Тема 5. Використання транспортної моделі при вирішенні задачі маршрутизації в КСМ                                                                                        | 10              |
| 6     | Тема 6. Методи розподілу мережних ресурсів при управлінні інформаційними потоками                                                                                        | 12              |
| 7     | Тема 7. Методи знаходження оптимального маршруту при управлінні інформаційним потоком даних                                                                              | 12              |
| 8     | Тема 8. Використання математичного апарату прийняття рішень для оптимізації процесів в КСМ                                                                               | 12              |
| 9     | Тема 9. Математичний апарат теорії масового обслуговування та нелінійні алгоритми умовної оптимізації в завданнях проектування навантаження комп'ютерних систем і мереж. | 16              |
|       | <b>Разом</b>                                                                                                                                                             | <b>72</b>       |

## 9. Індивідуальні завдання

*Не передбачено навчальним планом*

## 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, консультацій, а також самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою.

## 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, підсумковий контроль у вигляді іспиту.

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

### 12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

| Складові навчальної роботи            | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовий модуль 1</b>             |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                     | 0...2                           | 8                          | 0...16                  |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 0...2                           | 8                          | 0...16                  |
| Модульний контроль                    | 0...18                          | 1                          | 0...18                  |
| <b>Змістовий модуль 2</b>             |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                     | 0...2                           | 8                          | 0...16                  |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 0...2                           | 8                          | 0... 16                 |
| Модульний контроль                    | 0...18                          | 1                          | 0...18                  |
| <b>Усього за семестр</b>              |                                 |                            | <b>60...100</b>         |

Контроль знань при проведенні занять оцінюється за такими шкалами:  
активність на лекції під час відповідей на питання:

повна відповідь на питання - 2 бали;

неповна відповідь - 1 бал;

відсутність на лекції - 0 балів,

виконання і захист лабораторних робіт:

при виконанні всіх вимог завдань методик на роботи - 4 бали;

неповні відповіді на питання при захисті результатів роботи за змістом досліджуваної теми - 3 бали;

неповні відповіді на питання за змістом і результатами роботи - 2 бала;

недооформлені результати роботи і неповні відповіді на питання за змістом результатів роботи - 1 бал;

якщо робота не виконана і не захищена - 0 балів.

На модульний контроль (всього 18 балів) виносяться всі пройдені за контрольований період теми, які включаються в варіанти завдань, що містять по 3 питання (по всім темам та видам занять). Максимальна кількість балів за кожне питання - 6.

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та одного практичного запитань, максимальна кількість за кожне із теоретичних запитань складає 33 бали, за практичне – 34 бали.

## Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та умінь. Захистити не менше 80% від усіх завдань практичних занять. Уміти використовувати методи програмування систем штучного інтелекту.

**Добре (75-89).** Твердо знати необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки, захистити не менше 90% завдань практичних занять. Уміти використовувати сучасні методи теоретичних та експериментальних досліджень для організації та проведення наукових робіт. Мати необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти їх застосовувати. Уміти будувати та програмувати у відповідному середовищі одношарову штучну нейронну мережу та генетичний алгоритм.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою  |               |
|------------|-------------------------------|---------------|
|            | Іспит, диференційований залік | Залік         |
| 90 – 100   | Відмінно                      | Зараховано    |
| 75 – 89    | Добре                         |               |
| 60 – 74    | Задовільно                    |               |
| 0 – 59     | Незадовільно                  | Не зараховано |

## 13. Методичне забезпечення

1. Навчально-методичний комплекс дисципліни розміщений на кафедральному сервері у відповідному каталозі.
2. Дистанційний курс в системі дистанційного навчання Ментор, розташований за адресою: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=4736>.

## 14. Рекомендована література

### Базова

|     |                                                                                                                                                                                                    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | Кучук Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення / Г.А. Кучук. – Х.: ХУПС, 2013. 264 с.          |
| 1.2 | Кучук Г.А. Теоретичні основи розробки автоматизованих систем підтримки процесів вироблення рішень в системах управління / Г.А. Кучук, М.А. Павленко, Л.М. Сакович та інші. – К.: ДУТ, 2017, 172 с. |
| 1.3 | Кучук Г.А. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Мультисервісні комп'ютерні мережі» / Г.А. Кучук, А.А.Коваленко, А.С. Свиридов, А.О. Партика // Харків : ХНУРЕ, 2018. 36 с.       |
| 1.4 | Чернихівський Є.М. Математичне моделювання телекомунікаційних                                                                                                                                      |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | систем та мереж: навчальний посібник / Є.М. Чернихівський. – Львів: НМР Львівської політехніки, 2011. – 272 с.                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.5  | Стеклов В.К., Костік Б.Я., Беркман Л.Н. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / За заг. ред. В.К. Стеклова. - К.: Техніка, 2005. 400 с.                                                                                                                                                                                                  |
| 1.6  | Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Нові інформаційні технології: Транспортні мережі телекомунікацій. - К.: Техніка, 2004. 488 с.                                                                                                                                                                                                                       |
| 1.7  | Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку. Підруч. для вищ. навч закл. / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Є.В. Кільчицький; за ред. В. К. Стеклова. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.                                                                                                                                            |
| 1.8  | Kuchuk H. Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications / Andriy Kovalenko, Komari I.E., Svyrydov A., Vyacheslav Kharchenko // SSpringer, 2017, XIV, 355 p. ISBN 978-3-319-55594-2<br>(Part IV. Resource-oriented approaches to implementation of traffic control technologies in safety-critical I&C systems, pp. 313-338) |
| 1.9  | Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81. – DOI : <a href="https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075">https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075</a> .       |
| 1.10 | Кучук, Г.А. Концептуальний підхід до синтезу структури інформаційно-телекомунікаційної мережі / Г.А. Кучук, І.В. Рубан, О.П. Давікоза // Системи обробки інформації : збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2013. – Вип. 7 (114). С. 106-112. 4.                                                                                                  |
| 1.11 | Захарченко М.В. Математичні основи оптимізації телекомунікаційних систем: підручник / Під заг. ред.. М.В. Захарченка. Одеса : ОНАЗ, 2010. 240 с.                                                                                                                                                                                                 |

### Допоміжна

|     |                                                                                                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1 | Стеклов В. К., Кільчинський Є. В. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій: Підручник / За ред. проф. Стеклова В.К. - К.: Техніка, 2012. 438 с.        |
| 2.2 | Р.М. Ларин, А.В. Плясунов, А.В. Пяткин. Методы оптимизации. Примеры и задачи: учебное пособие // Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2013. 120 с. |
| 2.3 | Коган Д.И. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация: учебное пособие. Нижн. Новгород: Изд-во ННУ, 2012. 150 с.                       |

## 15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.kernel.org>
2. <http://fedoraproject.org>
3. <http://www.ubuntu.com>
4. <http://www.csn.khai.edu>