

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

 Д.М. Крицький  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 31 » серпня 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Дискретна математика

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 "Інформаційні технології"  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 125 "Кібербезпека"  
(код та найменування спеціальності)

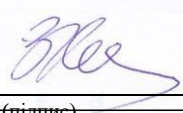
Освітня програма: Безпека інформаційних і комунікаційних систем  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2022 рік**

Розробник: Холодна Зоя Борисівна, старший викладач.  
(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 2022 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

В. С. Харченко  
(ініціали та прізвище)

### Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                    | Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти                                                                                                                                                                                                                                          | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Кількість кредитів – 4                                                                     | <div>Галузь знань<br/>12 «Інформаційні технології»<br/>(шифр та найменування)</div> <div>Спеціальність<br/>125 «Кібербезпека»<br/>(код та найменування)</div> <div>Освітня програма<br/>«Безпека інформаційних і комунікаційних систем»</div> <div>Рівень вищої освіти:<br/>перший (бакалаврський)</div> | Обов’язкова                                                 |
| Модулів – 2                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Навчальний рік<br>2022/2023                                 |
| Змістових модулів – 3                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Семестр                                                     |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання: розрахункова робота                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2-й                                                         |
| Загальна кількість годин – 64 <sup>1)</sup> /120                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Лекції <sup>1)</sup>                                        |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 3,5 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 32 годин                                                    |
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Практичні <sup>1)</sup>                                     |
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 32 годин                                                    |
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Лабораторні <sup>1)</sup>                                   |
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0 годин                                                     |
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Самостійна робота                                           |
|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 56 години                                                   |
|                                                                                            | Вид контролю                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                             |
|                                                                                            | Іспит                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                             |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 64/56.

<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:** надання бакалаврам теоретичного фундаменту для коректної постановки, формального подання та обґрунтування методу рішення теоретичних та практичних задач в області алгоритмізації, проектування та побудови інформаційних систем.

**Завдання:** формування у студентів базових понять і навичок для побудови та визначення властивостей основних об'єктів дискретної математики: логічних висловлювань, множин, комбінаторних об'єктів, алгебр, графів, дерев – для вирішення відповідних задач при розробці та аналізі інформаційних систем для використання у професійній діяльності.

### Програмні компетентності:

- КЗ 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- КЗ 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професії.
- КЗ 3. Здатність професійно спілкуватися державною та іноземною мовами як усно, так і письмово.
- КЗ 4. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми за професійним спрямуванням.
- КФ 2. Здатність до використання інформаційно-комунікаційних технологій, сучасних методів і моделей інформаційної безпеки та/або кібербезпеки.
- КФ 6. Здатність відновлювати штатне функціонування інформаційних, інформаційно-телекомунікаційних (автоматизованих) систем після реалізації загроз, здійснення кібератак, збоїв та відмов різних класів та походження.
- КФ 7. Здатність впроваджувати та забезпечувати функціонування комплексних систем захисту інформації (комплекси нормативно-правових, організаційних та технічних засобів і методів, процедур, практичних прийомів та ін.).
- КФ 10. Здатність застосовувати методи та засоби криптографічного та технічного захисту інформації на об'єктах інформаційної діяльності
- КФ 12. Здатність аналізувати, виявляти та оцінювати можливі загрози, уразливості та дестабілізуючі чинники інформаційному простору та інформаційним ресурсам згідно з встановленою політикою інформаційної та/або кібербезпеки.

### Програмні результати навчання:

- ПРН 1 Застосовувати знання державної та іноземних мов з метою забезпечення ефективності професійної комунікації.
- ПРН 3 Використовувати результати самостійного пошуку, аналізу та синтезу інформації з різних джерел для ефективного рішення спеціалізованих задач професійної діяльності.
- ПРН 4 Аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов, відповідати за прийняті рішення.
- ПРН 5 Адаптуватися в умовах часткої зміни технологій професійної діяльності, прогнозувати кінцевий результат.
- ПРН 11 Виконувати аналіз зв'язків між інформаційними процесами на віддалених обчислювальних системах.

**Пререквізити** — дисципліна є обов'язковим компонентом освітньої програми і базується на деяких поняттях шкільної математики.

**Кореквізити** — «Теорія інформації і кодування», «Теоретичні основи криптології», «Захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах», «Архітектура комп'ютерів», «Інформаційно-комунікаційні системи», «Організація баз даних», «Операційні системи», «Моделі та структури даних», «Надійність та функціональна безпека інформаційно-управляючих систем», «Системи технічного захисту інформації», «Комп'ютерна електроніка і схемотехніка», «Технології програмування», «Технології проектування комп'ютерних систем», «Комп'ютерна електроніка і схемотехніка».

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1**

**Змістовий модуль 1. Поняття комбінаторних задач. Основні правила і формули комбінаторики. Твірні функції. Принцип включення виключення. Основні визначення теорії графів; дерево графа, кліка графа; Алгоритми оптимізації на графах.**

##### **ТЕМА 1. Комбінаторика.**

1. Поняття комбінаторних задач. Основні правила і формули комбінаторики. Твірні функції.
2. Принцип включення виключення.

##### **ТЕМА 2. Теорія графів**

1. Основні визначення: вершини, ребра, дуги, інцидентність, суміжність, зв'язність, способи завдання графа, циклічність, зваженість, ступінь, повнота, дводольна, ізоморфізм, гомеоморфізм, частини графа, кліка графа, планарність
2. Дерева, способи завдання дерева (алгоритм побудови символу дерева, алгоритм відновлення дерева з його символу). Дерево графа, алгоритм породження повних підграфів (знаходження клік графа).

##### **ТЕМА 3. Алгоритми оптимізації на графах**

1. Алгоритм пошуку в глибину для топологічного сортування.
2. Алгоритми знаходження мінімального остового дерева графа (алгоритм Краскала та алгоритм Прима).
3. Знаходження найкоротшої відстані від заданої вершини у всі досяжні вершини даного графа (алгоритм Дейкстри).
4. Знаходження найкоротшої відстані від заданої вершини в задану (метод гілок і меж). Критерії відсікання.
5. Знаходження максимального потоку в мережі (алгоритм позначок Форда і Фалкерсона).
6. Задача про максимальне паро сполучення в графі загального вигляду.

**Змістовний модуль № 2. Поняття абстрактного автомата. Умови автоматності. Мінімізація станів повних автоматів. Часткові автомати. Мінімізація часткових автоматів (знаходження покриваючого автомата). Математичні моделі дискретних асинхронних систем**

##### **ТЕМА 4. Введення в теорію кінцевих автоматів**

1. Поняття абстрактного автомата. Поняття стану автоматів, вхідного і вихідного слів. Способи завдання автоматів. Умови автоматності.
2. Автомати Милі і Мура.
3. Поняття k-еквівалентності. Мінімізація станів повних автоматів.
4. Часткові автомати. Мінімізація часткових автоматів (знаходження покриваючого автомата).
5. Композиція і декомпозиція автоматів. Послідовні і паралельні автомати.

##### **ТЕМА 5. Математичні моделі дискретних асинхронних систем**

1. Математичні моделі дискретних асинхронних систем (мережі Петрі). Проблеми синхронізації та паралелізму.
2. Деякі класичні задачі моделювання конфліктів в мережі Петрі: задача про взаємне виключення, задача про виробника/споживача, задача про читання/запис, задача про мудреців, що обідають. Механізми синхронізації: P- і V- системи.

##### **Модульний контроль.**

**Змістовний модуль № 3. Теорія кодування і алгоритми стиснення. Поняття економного і оптимального кодування. Класифікація алгоритмів кодування (стиснення).**

##### **ТЕМА 6. Теорія кодування і алгоритми стиснення**

1. Проблеми кодування і декодування. Роздільні схеми. Префіксні схеми. Алфавітне кодування. Ціна кодування.
2. Економне кодування Фано. Оптимальне кодування Хаффмена.
3. Класифікація алгоритмів кодування (стиснення): алфавітне, групове, словарне, адаптивне, напіваадаптивне, не адаптивне. Приклади алгоритмів кодування: групового — RLE, словарного — LZW.

4. Пряме і зворотнє перетворення BWT.

**Модульний контроль.**

## Модуль 2

Індивідуальне завдання — розрахункова робота: «Алгоритми оптимізації на графах».

### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви модулів і тем                                                                                                                                                                                                                                            | Кількість годин |              |           |          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-----------|----------|-----------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                | усього          | денна форма  |           |          |           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                |                 | у тому числі |           |          |           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                |                 | л            | п         | лаб      | с.р.      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                              | 2               | 3            | 4         | 5        | 6         |
| <b>Модуль 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                |                 |              |           |          |           |
| <b>Змістовий модуль 1. Поняття комбінаторних задач; основні правила і формули комбінаторики; твірні функції; Основні визначення теорії графів; дерево графа, кліка графа; алгоритми оптимізації на графах</b>                                                  |                 |              |           |          |           |
| 1. Поняття комбінаторних задач; основні правила і формули комбінаторики.                                                                                                                                                                                       | 4               | 1            | 1         | -        | 2         |
| 2. Принцип включення виключення.                                                                                                                                                                                                                               | 4               | 1            | 1         | -        | 2         |
| 3. Основні визначення теорії графів.                                                                                                                                                                                                                           | 5               | 2            | 1         | -        | 2         |
| 4. Дерева. Дерево графа, кліка графа.                                                                                                                                                                                                                          | 14              | 4            | 4         | -        | 6         |
| 5. Алгоритми оптимізації на графах.                                                                                                                                                                                                                            | 22              | 4            | 4         | -        | 14        |
| Модульний контроль 1                                                                                                                                                                                                                                           | 1               |              | 1         |          |           |
| <b>Разом за змістовним модулем 1</b>                                                                                                                                                                                                                           | <b>50</b>       | <b>12</b>    | <b>12</b> | <b>0</b> | <b>26</b> |
| <b>Змістовний модуль № 2. Поняття абстрактного автомата. Умови автоматності. Мінімізація станів повних автоматів. Часткові автомати. Мінімізація часткових автоматів (знаходження покриваючого автомата). Математичні моделі дискретних асинхронних систем</b> |                 |              |           |          |           |
| 6. Введення в теорію кінцевих автоматів.                                                                                                                                                                                                                       | 4               | 2            | 1         | -        | 1         |
| 7. Побудова еквівалентних автоматів.                                                                                                                                                                                                                           | 9               | 2            | 2         | -        | 5         |
| 8. Часткові автомати.                                                                                                                                                                                                                                          | 8               | 2            | 2         | -        | 4         |
| 9. Математичні моделі дискретних асинхронних систем (мережі Петрі).                                                                                                                                                                                            | 5               | 2            | 1         |          | 2         |
| 10. Деякі класичні задачі моделювання конфліктів в мережі Петрі.                                                                                                                                                                                               | 5               | 2            | 1         |          | 2         |
| Модульний контроль 2.                                                                                                                                                                                                                                          | 1               |              | 1         |          |           |
| <b>Разом за змістовним модулем 2</b>                                                                                                                                                                                                                           | <b>32</b>       | <b>10</b>    | <b>8</b>  |          | <b>14</b> |
| <b>Змістовний модуль № 3. Теорія кодування і алгоритми стиснення. Поняття економного і оптимального кодування. Класифікація алгоритмів кодування (стиснення)</b>                                                                                               |                 |              |           |          |           |
| 11. Теорія кодування і алгоритми стиснення. Проблеми кодування і декодування.                                                                                                                                                                                  | 12              | 4            | 4         |          | 4         |
| 12. Класифікація алгоритмів кодування (стиснення). Кодування та декодування інформації за допомогою деяких алгоритмів.                                                                                                                                         | 19              | 6            | 5         |          | 8         |
| Модульний контроль 3                                                                                                                                                                                                                                           | 1               |              | 1         |          |           |
| <b>Разом за змістовним модулем 3</b>                                                                                                                                                                                                                           | <b>32</b>       | <b>10</b>    | <b>10</b> |          | <b>12</b> |
| <b>Модуль 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                |                 |              |           |          |           |
| Індивідуальне завдання                                                                                                                                                                                                                                         | 6               |              |           |          | 6         |
| <b>Усього годин за семестр</b>                                                                                                                                                                                                                                 | <b>120</b>      | <b>32</b>    | <b>32</b> |          | <b>56</b> |

**5. Теми лабораторних занять**

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|------------|-----------------|
|       | Немає      |                 |

**6. Теми семінарських занять**

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|------------|-----------------|
|       | Немає      |                 |

**7. Теми практичних занять**

| № з/п | Назва теми                                                                                                        | Кількість годин |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Рішення різноманітних комбінаторних задач                                                                         | 2               |
| 2     | Різоманітні засоби завдання графів. Характеристика графів.                                                        | 1               |
| 3     | Способи завдання та знаходження маршрутів у даному графі. Знаходження підграфів та частин графа.                  | 1               |
| 4     | Знаходження дерева по його символу та навпаки. Знаходження клик графа та дерев графа..                            | 2               |
| 5     | Знаходження мінімального остового дерева графа за алгоритмом Прима.                                               | 2               |
| 6     | Знаходження найкоротшої відстані від заданої вершини у всі досяжні вершини даного графа                           | 2               |
| 7     | Знаходження найкоротшої відстані від заданої вершини в задану.                                                    | 2               |
| 8     | Знаходження максимального потоку в мережі.                                                                        | 2               |
| 9     | Різоманітні засоби завдання автоматів. Знаходження вихідних слів.                                                 | 2               |
| 10    | Побудова автоматів Милі і Мура.                                                                                   | 2               |
| 11    | Побудова еквівалентних автоматів. Мінімізація станів повних автоматів.                                            | 2               |
| 12    | Знаходження покриваючого автомата для мінімізації часткових автоматів.                                            | 2               |
| 13    | Побудова графа розміток, з'ясування живучості та стійкості переходів в заданій мережі Петрі при заданій розмітці. | 2               |
| 14    | Побудова мереж Петрі.                                                                                             | 2               |
| 15    | Кодування інформації за допомогою алгоритмів Фано і Хаффмена.                                                     | 2               |
| 16    | Кодування та декодування інформації за допомогою алгоритмів LZW, RLE.                                             | 2               |
| 17    | Кодування та декодування інформації за допомогою алгоритму BWT.                                                   | 2               |
|       | <b>Разом</b>                                                                                                      | <b>32</b>       |

**8. Самостійна робота**

| № з/п | Назва теми                                               | Кількість годин |
|-------|----------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Відпрацювання матеріалів лекційних занять за темами 1    | 5               |
| 2     | Відпрацювання матеріалів лекційних занять за темами 2, 3 | 15              |
| 3     | Відпрацювання матеріалів лекційних занять за темою 4     | 12              |
| 4     | Відпрацювання матеріалів лекційних занять за темою 5     | 8               |
| 5     | Відпрацювання матеріалів лекційних занять за темою 6     | 10              |
| 6     | Виконання розрахункової роботи                           | 6               |
|       | <b>Разом</b>                                             | <b>56</b>       |

## 9. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота на тему «Алгоритми оптимізації на графах» (6 год.).

## 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних 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

| Складові навчальної роботи              | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|-----------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовий модуль 1</b>               |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                       | 0...1                           | 3                          | 0...3                   |
| Робота на практиці                      | 3...5                           | 2                          | 6...10                  |
| Модульний контроль                      | 3...5                           | 2                          | 6...10                  |
| <b>Змістовий модуль 2</b>               |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                       | 0...1                           | 3                          | 0...3                   |
| Робота на практиці                      | 3...5                           | 2                          | 6...10                  |
| Модульний контроль                      | 3...5                           | 2                          | 6...10                  |
| <b>Змістовий модуль 3</b>               |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                       | 0...1                           | 3                          | 0...3                   |
| Робота на практиці                      | 3...5                           | 2                          | 6...10                  |
| Модульний контроль                      | 3...5                           | 2                          | 6...10                  |
| Виконання і захист розрахункової роботи | 8...10                          | 3                          | 24...30                 |
| <b>Усього за семестр</b>                |                                 |                            | <b>60...100</b>         |

Контроль знань при проведенні практичних занять оцінюється за такими шкалами:

- повна відповідь на питання — +1 бал;
- відсутність на занятті — -1 бал.

Поточний модульний контроль передбачає виконання 3-х контрольних завдань (максимум 25 балів за кожне) і індивідуальне завдання у вигляді РР (максимальна кількість балів — 25).

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- знати базові поняття комбінаторики;
- знати базові поняття теорії графів;
- знати базові поняття теорії кінцевих автоматів;
- знати базові поняття з теорії мереж Петрі;
- знати базові поняття з теорії кодування.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- вміти розв'язувати завдання з комбінаторики;
- вміти застосовувати на практиці алгоритми оптимізації для задач теорії графів;
- вміти мінімізувати кількість станів кінцевого та часткового автоматів;
- вміти побудувати граф розміток для даної мережі Петрі;
- вміти кодувати та декодувати інформацію за допомогою алгоритмів компресії

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 запитань та одного практичного, максимальна кількість за кожне теоретичне питання складає 30 балів і за практичне — 40 балів.

## Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру



**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та умінь. Виконати усі три модульних контролю та індивідуальне завдання не менше ніж на 60 балів в сумі.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, Виконати усі три модульних контролю та індивідуальне завдання не менше ніж на 75 балів в сумі.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки та індивідуальне завдання з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти їх застосовувати.

#### 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. Холодний М.Ф., Яремчук В.П. Теорія автоматів. Учебн. посібник. — Харків: ХАІ, 1991.

2. Холодний М.Ф., Яремчук В.П. Елементи загальної алгебри і теорія кодування. Учебн. посібник. — Харків: ХАІ, 1991.

#### 14. Рекомендована література

##### Базова

1. Бардачов Ю. М., Соколова Н. А., Ходаков В. Є. Дискретна математика: Підручник для студентів вузів: гриф МОН/под ред. В. Є. Ходакова. -К.:Вища школа, 2002. -287 с. Шифр: 519

2. Бардачов Ю. М., Соколова Н. А., Ходаков В. Є. Дискретна математика: підручник: гриф МОН України/Ходаков В. Є. (ред.) .-2-ге вид., перероб. і доп. —К.:Вища школа, 2007.—383 с. Шифр: 519

3. . Оре О. Теорія графів / Воробйова Н.Н.-2-е вид., Стереотип. - М.: Наука, 1980. - 336с. Шифр:

4. Харарі Ф. Теорія графів. — М.: Мир, 1973.

5. . Сигірський В.П. Математичний апарат інженера. - 2-ге вид., стереотип.-

6. К.:Техніка, 1977. - 768с.-Бібліотека інженера. Шифр: 51

7. Яблонський С. В. Введення в дискретну математику: навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. - 2-ге вид., перероб. та доп.-М.: Наука, 1986.-384 с. Шифр: 519

8. Петерсон Дж. Мережі Петрі. - М.: Світ, 1973.

##### Допоміжна

1. Горбатов В.А. Основи дискретної математики - М.: Вищ. шк., 1986.

2. Єрусалимський Я.М. Дискретна математика. - М.: Вузівська книга, 1999.

3. Нефьодов В.М., Осипова В.А. Курс дискретної математики. - М.: Видавництво МАІ, 1992.

4. Новіков Ф.А. Дискретна математика для програмістів. Підручник - Санкт-Петербург: Пітер, 2001.

5. Фрідман А., Менон П. Теорія проектування схем, перемикачів. - М.: Світ, 1978.

6. Баранов С. І. Синтез мікропрограмних автоматів. -Ленинград: "Енергія", 1979.

7. Гілл А. Введення в теорію кінцевих автоматів. - М.: Наука. 1966.

8. Горбатов В.А. Основи дискретної математики - М.: Вищ. шк., 1986.

9. Кузнецов А.П., Адельсон-Вельський Г.М. Дискретна математика для інженерів. - М.: Енергоіздат, 1988.

10. Оре О. Теорія графів. - М.: Наука. 1968.

11. Пападімітріу Х., Стайгліц К. Комбінаторна оптимізація. Алгоритми та складність. - М.: Світ, 1985.