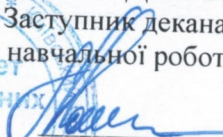


# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики  
Кафедра математичної інформатики

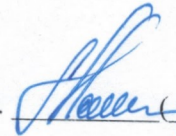
«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
  
Кашпур О.Ф.  
« 2 » лютого 2020 року



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ КВАНТОВА КІБЕРНЕТИКА

|                                            |                                                                       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| галузь знань                               | для студентів<br>12 «Інформаційні технології»<br>(шифр і назва)       |
| спеціальність                              | 122 «Комп'ютерні науки»<br>(шифр і назва спеціальності)               |
| освітній рівень                            | магістр<br>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)                     |
| освітня програма                           | «Математичні методи штучного інтелекту»<br>(назва освітньої програми) |
| вид дисципліни                             | вибіркова                                                             |
| Форма навчання                             | денна                                                                 |
| Навчальний рік                             | 2020/2021                                                             |
| Семестр                                    | 3                                                                     |
| Кількість кредитів ECTS                    | 4                                                                     |
| Мова викладання, навчання<br>та оцінювання | українська                                                            |
| Форма заключного контролю                  | залік                                                                 |

Викладач: д.ф.-м.н., доц. Завадський І.О.

Пролонговано: на 2021/2022 н.р.  « 11 » 02 2021 р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_» \_\_ 20\_\_ р.)  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2020

Розробник: Завадський Ігор Олександрович, канд. фіз.-мат. наук,  
доцент кафедри математичної інформатики

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри математичної інформатики

\_\_\_\_\_  
(підпис) (Терещенко В. М.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 2 від « 2 » листопада 2020 р.

Схвалено Гарантом освітньо-наукової програми «Математичні методи штучного  
інтелекту» \_\_\_\_\_ (Завадський І.О.)  
(підпис)

« 2 » листопада 2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від « 2 » листопада 2020 року № 9

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Омельчук Л.Л.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 2 » листопада 2020 року

**1. Мета дисципліни** «Квантова кібернетика» – набуття в одній з найсучасніших на сьогодні галузей інформаційних технологій — квантових обчисленнях — теоретичних знань, достатніх для розуміння принципів функціонування квантових комп'ютерів та успішного опанування методів квантового програмування.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. *Знати: основні поняття з дисциплін «Алгебра та геометрія», «Математичний аналіз», «Дискретна математика», «Програмування», «Теорія ймовірностей».*
2. *Вміти: виконувати основні алгебраїчні операції з матрицями та векторами в лінійних просторах, арифметичні операції з комплексними числами.*
3. *Володіти методами лінійної алгебри та математичного аналізу.*

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна «Квантова кібернетика» є складовою освітньо-наукової програми підготовки фахівців «Математичні методи штучного інтелекту» за другим (магістерським) рівнем вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Вона є навчальною дисципліною, що пропонується студенту на вибір. Викладається у 3 семестрі 2 курсу магістратури в обсязі 4 кредити ECTS.

Курс складається з 2 змістових частини. Протягом його вивчення передбачено виконання 2 контрольних робіт та 2 електронних тестувань. Робота студента протягом семестру оцінюється у формі заліку.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

Основними завданнями дисципліни «Квантова кібернетика» є набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень в області квантових обчислень відповідно до освітньої кваліфікації «магістр з комп'ютерних наук». Зокрема, завданнями є розвивати:

- здатність застосовувати квантові операції, виміри, алгоритми для розв'язання задач, пов'язаних з особливостями реалізації квантових обчислень в різних фізичних системах, зокрема в квантовій криптографії (СК7);
- здатність проектувати алгоритми в нестандартних обчислювальних моделях;
- навички застосування методів алгебри та теорії ймовірностей для моделювання й дослідження програмних і комп'ютерних систем.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

| Результат навчання<br>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність) |                                                                                                                                                                                                   | Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання | Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)            | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Код                                                                                             | Результат навчання                                                                                                                                                                                |                                                          |                                                                                 |                                            |
| РН1.1                                                                                           | Знати визначення основних термінів із теорії квантових обчислень: стану квантової частинки та системи частинок, заплутаного стану, обмежень та властивостей перетворень станів квантової системи. | Лекція, самостійна робота                                | Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей)                   | 5%                                         |
| РН 1.2                                                                                          | Знати приклади застосування квантових систем опрацювання інформації, таких як алгоритм формування секретного ключа Беннетта-Брассарда, щільне кодування, телепортація.                            | Лекція, самостійна робота                                |                                                                                 | 5%                                         |
| РН 1.3                                                                                          | Знати обмеження сфери застосування квантових обчислень та співвідношення між класами задач, що розв'язуються на квантових і класичних комп'ютерах.                                                | Лекція, самостійна робота                                |                                                                                 | 5%                                         |
| РН 1.4                                                                                          | Знати основні квантові алгоритми: Дойча-Йожи, Саймона, Гровера, Шора.                                                                                                                             | Лекція, самостійна робота                                | Контрольна робота 2, тестування 2 (60% правильних відповідей)                   | 45%                                        |
| РН 2.1                                                                                          | Вміти будувати квантові схеми для заданих логічних функцій, а також інтерпретувати задані квантові схеми.                                                                                         | Лекція, самостійна робота                                | Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання               | 10%                                        |
| РН 2.2                                                                                          | Вміти знаходити матрицю перетворення системи квантових частинок, за заданими паралельними та послідовними перетвореннями підсистем.                                                               | Лекція, самостійна робота                                | Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання | 5%                                         |
| РН 2.3                                                                                          | Вміти визначати коректність та заплутаність станів квантової системи.                                                                                                                             | Лекція, самостійна робота                                | Контрольна робота 1, тестування 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання | 10%                                        |
| РН 3.1                                                                                          | Обґрунтовувати вибір структури квантової схеми для виконання тих чи інших перетворень.                                                                                                            | Лекція, самостійна робота                                | Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), домашнє завдання               | 5%                                         |
| РН 4.1                                                                                          | Організовувати власну самостійну роботу для досягнення результату.                                                                                                                                | Лекція, самостійна робота                                | Контрольні роботи 1 і 2, тестування 1 і 2                                       | 5%                                         |

|        |                                                                                      |                           |                     |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|----|
| РН 4.2 | Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їхню якість. | Лекція, самостійна робота | 2, домашнє завдання | 5% |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|----|

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

| Результати навчання дисципліни                                                                                                                                                                                                                                 | РН 1.1 | РН 1.2 | РН 1.3 | РН 1.4 | РН 2.1 | РН 2.2 | РН 2.3 | РН 3.1 | РН 4.1 | РН 4.2 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Програмні результати навчання                                                                                                                                                                                                                                  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| ПРН8. Аналізувати особливості використання сучасних квантових технологій для забезпечення вирішення проблем, зокрема конфіденційного зв'язку, квантової криптографії, здійснювати дослідження теоретичних та експериментальних аспектів квантової інформатики. | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      | +      |

## **7. Схема формування оцінки.**

### **7.1. Форми оцінювання студентів:**

#### **- семестрове оцінювання:**

1. Контрольна робота 1 (письмова робота): РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 4.1, РН 4.2 — 30 балів / 18 балів.

2. Контрольна робота 2 (письмова робота): РН 1.4, РН 4.1, РН 4.2 — 30 балів / 18 балів.

3. Домашнє завдання (письмова робота): РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 4.1, РН 4.2 — 10 балів / 6 балів.

5. Тестування 1 (електронний тест): РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 2.2, РН 2.3, РН 4.1, РН 4.2 — 15 балів / 9 балів.

6. Тестування 2 (електронний тест): РН 1.4, РН 4.1, РН 4.2 — 15 балів / 9 балів.

#### **- підсумкове оцінювання (у формі заліку):**

- залікові бали визначаються як сума оцінок/балів за всіма успішно оціненими результатами навчання, передбаченими даною програмою;

- оцінки нижче від мінімального порогового рівня не додаються;

- мінімальний пороговий рівень для сумарної оцінки за всіма компонентами становить 60% від максимально можливої кількості балів.

### **7.2. Організація оцінювання:**

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, контрольних робіт і тестувань за графіком робочої програми.

#### **Терміни проведення форм оцінювання:**

1. Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.

2. Контрольна робота 2: до 14 тижня семестру.

4. Домашнє завдання: до 5 тижня семестру.

5. Тестування 1: до 4 тижня семестру.

6. Тестування 2: до 12 тижня семестру.

Студент має право на однократне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 90% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

Студент має право здавати лабораторну роботу після закінчення визначеного для цього терміну, але з втратою 20% балів.

#### **Тематика робіт, що виконуються студентами.**

*Контрольна робота 1* містить 5 завдань, що полягають у розв'язанні задач на проєктування квантових схем, інтерпретацію квантових інформаційних процесів, а також перевірку коректності й заплутаності станів квантових систем.

*Контрольна робота 2* містить 2 завдання на пояснення сутності квантових алгоритмів.

Домашнє завдання полягає у розв'язанні задач на побудову квантових схем для заданих логічних функцій, а також визначення матриць відповідних перетворень.

Тестування 1 складається з 10 завдань з тематики першої частини курсу.

Тестування 2 складається з 4 завдань з тематики другої частини курсу.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

|                      |        |
|----------------------|--------|
| <b>Зараховано</b>    | 60-100 |
| <b>Не зараховано</b> | 0-59   |

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

| №                                           | Назва лекції                                                        | Кількість годин |                |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|
|                                             |                                                                     | Лекції          | Самост. робота |
| Частина I. Квантові частинки та їх системи. |                                                                     |                 |                |
| 1                                           | Тема 1. Поняття квантової частинки, опис і вимірювання її стану.    | 2               | 3              |
| 2                                           | Тема 2. Системи з кількох квантових частинок.                       | 2               | 9              |
| 3                                           | Тема 3. Еволюція квантових частинок та їх систем у часі.            | 2               | 9              |
| 4                                           | Тема 4. Парадокс Ейнштейна-Подольського-Розена та експеримент Бела. | 2               | 6              |
| 5                                           | Тема 4. Щільне кодування і телепортація.                            | 2               | 9              |
| 6                                           | Тема 5. Зв'язок квантових і класичних обчислень.                    | 2               | 6              |
| Контрольна робота 1                         |                                                                     | 1               |                |
| Частина II. Квантові алгоритми.             |                                                                     |                 |                |
| 7                                           | Тема 7. Квантовий паралелізм. Алгоритм Дойча-Джози.                 | 2               | 6              |
| 8                                           | Тема 8. Алгоритм Саймона.                                           | 2               | 9              |
| 9                                           | Тема 9. Пошуковий алгоритм Гровера.                                 | 2               | 9              |
| 10                                          | Тема 10. Реалізація основного перетворення в алгоритмі Гровера.     | 2               | 9              |
| 11                                          | Тема 11. Алгоритм Шора.                                             | 2               | 9              |
| 12                                          | Тема 12. Квантове перетворення Фур'є                                | 2               | 8              |
| Контрольна робота 2                         |                                                                     | 1               |                |
| ВСЬОГО                                      |                                                                     | 26              | 92             |

Загальний обсяг – 120 годин, в тому числі:

Лекції – 26 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота – 92 год.

## **9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### ***Основна:***

1. Э. Рифель, В. Полак. Основы квантовых вычислений. // Квантовый компьютер и квантовые вычисления, №1, 2000, с.4-57.
2. Arthur O. Pittenger. An Introduction to Quantum Computing Algorithms. Birkhauser Boston, 2001, pp. 12–99.
3. А. Китаев, А. Шень, М. Вялый. Классические и квантовые вычисления. М., МЦНМО, 1999, с. 35–64.

### ***Додаткова:***

1. Завадський І.О. Квантовий комп'ютер: проблеми і перспективи // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки, 2005, том 36, с. 87-91.
2. С.Л. Браунштейн. Квантовые вычисления: учебное руководство. // в кн. Квантовые вычисления: за и против, 1999, с. 11–34.