

# КВАНТОВИЙ КОМП'ЮТЕР: ЯК ВІН ПРАЦЮЄ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У роботі розглянуто принципи роботи квантових комп'ютерів, їх відмінності від класичних обчислювальних систем та потенційні застосування. Описано основи квантової механіки, такі як суперпозиція, квантова запутаність і декогеренція, які лежать в основі квантових обчислень. Особливу увагу приділено сучасним технологіям створення квантових комп'ютерів і викликам, пов'язаним із їхньою реалізацією. Дослідження підкреслює революційний потенціал квантових комп'ютерів для вирішення складних обчислювальних задач.

**Ключові слова:** квантовий комп'ютер, квантова механіка, кубіт, суперпозиція, запутаність, декогеренція, квантові алгоритми.

## Abstract

The paper examines the principles of quantum computers, their differences from classical computing systems, and potential applications. It describes the fundamentals of quantum mechanics, such as superposition, quantum entanglement, and decoherence, which underlie quantum computing. Particular attention is paid to modern technologies for creating quantum computers and the challenges associated with their implementation. The study highlights the revolutionary potential of quantum computers for solving complex computational problems.

**Keywords:** quantum computer, quantum mechanics, qubit, superposition, entanglement, decoherence, quantum algorithms.

## Вступ

Квантові комп'ютери — це обчислювальні системи, які використовують принципи квантової механіки для обробки інформації. На відміну від класичних комп'ютерів, що працюють із бітами (0 або 1), квантові комп'ютери оперують кубітами, які можуть перебувати в суперпозиції станів. Ця властивість дозволяє квантовим комп'ютерам виконувати певні обчислення значно швидше, ніж класичні системи.

Актуальність теми зумовлена швидким розвитком квантових технологій (наприклад, розробки Google, IBM, D-Wave) та їхнім потенціалом для революції в криптографії, оптимізації, моделюванні молекул і штучному інтелекті. Метою доповіді є пояснення принципів роботи квантових комп'ютерів і аналіз їхніх можливостей та обмежень.

## Результати дослідження

У результаті аналізу сучасних джерел виділено ключові аспекти роботи квантових комп'ютерів:

-**Основи квантових обчислень:** *Кубіти:* На відміну від бітів, кубіти можуть перебувати в стані суперпозиції (комбінація 0 і 1), що дозволяє паралельну обробку даних. *Квантова запутаність:* Пари кубітів можуть бути пов'язані так, що стан одного миттєво впливає на стан іншого, незалежно від відстані. *Квантові вентиля:* Аналог логічних операцій у класичних комп'ютерах, які маніпулюють станами кубітів (наприклад, вентиль Адама, CNOT).

-**Принципи роботи:** Квантові комп'ютери використовують ітеративні квантові алгоритми, такі як алгоритм Шора (для факторизації чисел) і алгоритм Гровера (для пошуку в базах даних), які значно перевершують класичні аналоги.

Обчислення базуються на маніпуляції квантовими станами за допомогою надпровідникових контурів, іонних пасток або фотонних систем.

-**Сучасні реалізації:** Компанії, такі як IBM (Qiskit), Google (Sycamore) і Microsoft, розробляють квантові комп'ютери з десятками кубітів. У 2019 році Google оголосила про досягнення "квантової переваги" — виконання задачі, непосильної для класичних комп'ютерів.

D-Wave використовує квантові відпали для вирішення задач оптимізації.

-*Виклики та обмеження: Декогеренція:* Зовнішні впливи (шум, температура) руйнують квантові стани, що вимагає наднизьких температур і складних систем корекції помилок. Обмежена кількість кубітів і висока складність масштабування систем. Квантові комп'ютери поки що не універсальні й ефективні лише для специфічних задач.

-*Застосування:* Криптографія: алгоритм Шора може зламати сучасні системи шифрування (RSA). Хімія: моделювання молекулярних взаємодій для розробки нових матеріалів і ліків. Оптимізація: вирішення логістичних і фінансових задач із великою кількістю змінних.

## Висновки

Квантові комп'ютери базуються на принципах квантової механіки, таких як суперпозиція та запутаність, що забезпечує їхню високу обчислювальну потужність.

Сучасні технології дозволяють створювати квантові комп'ютери з десятками кубітів, але декогеренція та масштабування залишаються ключовими викликами.

Квантові алгоритми, такі як Шора та Гровера, відкривають нові можливості для криптографії, хімії та оптимізації.

Подальший розвиток квантових комп'ютерів може радикально змінити інформаційні технології, але потребує значних інвестицій у дослідження та інфраструктуру.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Nielsen M. A., Chuang I. L. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2010. — 676 p.
- 2) Preskill J. Quantum Computing in the NISQ Era and Beyond. Quantum, 2018. — Vol. 2, p. 79.
- 3) Arute F. et al. Quantum Supremacy Using a Programmable Superconducting Processor. Nature, 2019. — Vol. 574, pp. 505–510.
- 4) Rieffel E. G., Polak W. H. Quantum Computing: A Gentle Introduction. MIT Press, 2011. — 372 p.
- 5) McGeoch C. C. Adiabatic Quantum Computation and Quantum Annealing. Morgan & Claypool, 2014. — 94 p.

**Чернокнижник Артем** – студент групи 1 КН-24 б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: hov953@gmail.com

**Chernokhornyk Artem** - student of group 1 KN-24 b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Vinnytsia, Khmelnytske shose, 95, e-mail: shov953@gmail.com