

Материалы научно-методического совещания по проблемам развития спортивных танцев. К., 1997. Вып. 2. С. 3–5.

4. Киссельгоф А. Тридцать лет новаторства в танце. США: Диалог, 1988, № 25. С. 52–60.

5. Кузнецов В. В. Специальная силовая подготовка спортсмена. К., 1975. 194 с.

6. Лях В. И. О классификации координационных способностей. *Теория и практика физической культуры.* 1987. №7. С. 45–51.

7. Москаленко Н. В., Демідова О. М. Спортивні танці для дітей: інноваційні підходи: монографія. Дніпро: Інновація, 2016. 198 с.

8. Нікітін В. Ю. Професійно-педагогічна підготовка балетмейстера у закладах культури та мистецтв. Х., 2007. 605 с.

9. Осадців Т. П. Спортивні танці: навч. посіб. Л.: ЗУКС, 2001. 340 с.

10. Пігулевський В. Актуальні завдання становлення та розвитку спортивного танцю в Україні. *Матеріали IV Міжнарод. Наук. конфер. «Олімпійський спорт і спорт для всіх».* К., 2000. С. 504–510.

11. Методика роботи з хореографічним колективом: основи курсу / В. М. Волчукова, Н. А. Бугаєць, О. В. Ліманська, О. М. Тищенко Навчально-методичний посібник. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2013. 326 с.

REFERENCES

1. Gabovich, M. M. (1986). Printsipy biomekhaniki v metodike prepodavaniya klassicheskogo tantsa. [Principles of biomechanics in the method of teaching classical dance]. Kyiv. [in Ukrainian]

2. Dzhala, T. R. (2000). Oporni tochky u vyvchenni bazovykh fihur ta elementiv u sportyvnykh tantsyakh. [Reference points in the study of basic figures and elements in sports dances]. Lviv. [in Ukrainian]

3. Zuyeva, I. A. (1997). Slozhnokoordinirovaniye upravleniya v trenirovke sportyvenov, spetsializiruyushchikhsya v sportivnykh bal'nykh tantsakh. [Complexly coordinated exercises in the training of athletes specializing in sports ballroom dancing]. Kyiv. [in Ukrainian]

4. Kissel'gof, A. (1988). Tridsat' let novatorstva v tantse. [Thirty years of innovation in dance]. [in Ukrainian]

5. Kuznyetsov, V. V. (1975). Spetsial'na sylova pidhotovka sport-smena. [Special strength training of an athlete]. Kyiv.

6. Lyakh, V. I. (1987). O klassifikatsii koordinatsionnykh sposobnostey. [On the classification of coordination abilities]. Kyiv. [in Ukrainian]

7. Moskalenko, N. V., Demidova, O. M. (2016). Sportyvni tantsi dlya ditey: innovatsiyni pidkhody. [Sports dances for children: innovative approaches]. Dnipro. [in Ukrainian]

8. Nikitin, V. YU. (2007). Profesiyno-pedahohichna pidhotovka baletmeystera u zakladakh kul'tury ta mystetstv. [Professional and pedagogical training of a ballet master in cultural and arts institutions]. Kharkiv. [in Ukrainian]

9. Osadtsiv, T. P. (2001). Sportyvni tantsi. [Sports dances]. Lviv. [in Ukrainian]

10. Pihulevs'kyu, V. (2000). Aktual'ni zavdannya stanovlennya ta rozvytku sportyvnoho tantsyu v Ukraini. [Actual tasks of formation and development of sports dance in Ukraine]. Kyiv. [in Ukrainian]

11. Metodyka roboty z khoreohrafichnym kolektyvom: osnovy kursu (2013). [Methods of working with a choreographic team: the basics of the course]. Kharkiv. [in Ukrainian]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

СПНУЛ Ігор Васильович – заслужений працівник культури України, доцент кафедри мистецької освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: професійна підготовка майбутніх фахівців в галузі хореографічного мистецтва.

СПНУЛ Олена Миколаївна – заслужений працівник культури України, старший викладач кафедри мистецької освіти Центральноукраїнського університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: професійна підготовка майбутніх фахівців в галузі хореографічного мистецтва.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SPINUL Ihor Vasyliovych – honored cultural worker of Ukraine, associate professor of the Department of Art Education of the Central Ukrainian Volodymyr Vinnichenko State University.

Scientific interests: professional training of future specialists in the field of choreographic art.

SPINUL Helen Mykolaivna – Honored Worker of Culture of Ukraine, Senior Lecturer of the Department of Art Education of the Central Ukrainian Volodymyr Vinnichenko State University.

Scientific interests: professional training of future specialists in the field of choreographic art.

Стаття надійшла до редакції 23.08.2023 р.

УДК 378.147

DOI: 10.36550/2415-7988-2022-1-209-373-379

ТРИФОНОВА Олена Михайлівна –

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри природничих наук і методик їхнього навчання

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-9844>

e-mail: olenatrifonova82@gmail.com

САДОВИЙ Микола Ілліч –
доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри
технологічної та професійної освіти
Центральноукраїнського державного університету
імені Володимира Винниченка
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-6506>
e-mail: smikdpu@i.ua

СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИКА ПРОФЕСІЙНОГО НАВЧАННЯ КВАНТОВИХ КОМП'ЮТЕРІВ

Стаття присвячена актуальній проблемі методики навчання здобувачів освіти сучасним основам інформаційно-комп'ютерної науки. Коротко розглянуто внесок українських учених у розвиток електронно-обчислювальних машин, програмування та методику їхнього навчання, перспективи подальших досліджень.

У природничих науках широко використовуються елементарні одиниці для різних вимірювань. Зокрема, постійна Планка є найменшою порцією, квантом енергії, квантом дії, яка використовується у квантовій механіці. З курсу фізики також відомо, що найменшою порцією енергії у класичній механіці є енергія, що приходить на одну ступінь вільності. Логічно створені математичні моделі та теорії опису відповідних властивостей матерії з використанням вказаних одиниць.

Аналогічно зроблено акцент на з'ясуванні різниці між класичним комп'ютером і квантовими одиницями інформації. Розкрито поняття «біт інформації», «кубіт» та «трїт» і в залежності від визначених одиниць інформації виокремлені види комп'ютерів: класичний та квантовий.

Поняття кубїт та трїт розглядаються в основному як математична сутність, і не акцентується увага на зміст фізики квантових об'єктів, приводиться порівняння вказаних одиниць квантової інформації з традиційним бітом інформації у квантовому світі. Проведено історико-генетичний аналіз реєстрів елементарно-логічних систем, теоретичне дослідження принципів суперпозиції та взаємодії між квантовими станами, проаналізовано експериментальні методики реалізації кубїтів та їх зв'язків.

Важливою галуззю для використання квантових комп'ютерів є криптологія, для вирішення задач якої вже створено метод Гровера. Квантовим алгоритмом Гровера можна у несортованій базі даних з 2^n здійснити швидкий пошук необхідного елемента (n – довжина пошукового простору квантового реєстру – кількість кубїтів у ньому; N – розмір пошукового простору).

Проте хоч квантовий симулятор і дає високу ймовірність правильного результату, експериментальні дослідження показують і великі розходження. Тому є проблема для подальших досліджень. Квантові комп'ютери можуть впливати один на другий завдяки явищу заплутаності.

Ключові слова: квантові комп'ютери, біт, кубїт, трїт, одиниця комп'ютерної інформації, інноваційні технології, методика професійного навчання.

TRYFONOVA Olena Mykhaylivna –
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Associate Professor of Department of Natural Sciences and
their Teaching Methods of Volodymyr Vynnychenko
Central Ukrainian State University
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-9844>
e-mail: olenatryfonova82@gmail.com

SADOVYI Mykola Illich –
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Head of the Department of Technological and Professional Education of
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-6506>
e-mail: smikdpu@i.ua

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND METHODS OF PROFESSIONAL TRAINING OF QUANTUM COMPUTERS USING DIGITAL SCHEMATIC TECHNIQUES

The article is devoted to the actual problem of teaching methods of the subjects of the educational process of modern information and computer science. The contribution of Ukrainian scientists to the development of electronic computing machines, their programming and teaching methods, prospects for further research are briefly considered.

In the natural sciences, elementary units are widely used for various measurements. In particular, Planck's constant is the smallest portion, quantum of energy, quantum of action, which is used in quantum mechanics. It is also known from the course of physics that the smallest portion of energy in classical mechanics is the energy per one degree of freedom. Logically created mathematical models and theories describing the relevant properties of matter using the specified units.

Similarly, emphasis is placed on clarifying the difference between a classical computer and quantum units of information. The concepts of bit of information, qubit and trit are revealed, and depending on the defined units of information, types of computers are distinguished: classical and quantum.

The concepts of qubit and trit are considered mainly as a mathematical entity, and attention is not focused on the content of the physics of quantum objects, a comparison of the indicated units of quantum information with a traditional bit of

information in the quantum world is given. A historical-genetic analysis of the registers of elementary logic systems, a theoretical study of the principles of superposition and interaction between quantum states, and experimental methods of implementing qubits and their connections have been carried out.

An important field for the use of quantum computers is cryptology, for solving the problems of which Grover's method has already been created. With Grover's quantum algorithm, it is possible to quickly search for the necessary element in an unsorted database with $2nN$ (n is the length of the search space of the quantum register - the number of qubits in it; N is the size of the search space).

However, although the quantum simulator gives a high probability of the correct result, experimental studies also show large discrepancies. Therefore, there is a problem for further research. Quantum computers can influence each other through the phenomenon of entanglement.

Key words: quantum computers, bit, qubit, trit, unit of computer information, innovative technologies, professional training methods.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Історія створення, розвитку та впровадження класичної комп'ютерної техніки досить детально досліджена С.О. Лебедєвим, В.М. Глушковым, А.Г. Кухарчуком, Б.М. Малиновським, І.В. Сергієнком та ін. Покоління комп'ютерів постійно змінювалося, але все більше і більше виникали проблеми з швидкістю, об'ємом пам'яті, носіями і накопичувачами інформації.

Проблема впровадження традиційних комп'ютерів в освітній процес детально розглянута у роботах В.Ю. Бикова, С.Г. Литвинової, М.І. Жалдака, Ю.С. Рамського та ін.

Програмування виділилося в окрему галузь, якою займався К.Л. Ющенко, О.М. Крутько, О.С. Воронкін, Н.В. Морзе й ін.

З кожним десятиліттям удосконалювалася техніка, але прискорено виникали задачі для обчислення. В кінці ХХ – на початку ХХІ ст. назріла проблема розв'язання задач пов'язаних із обробкою великої кількості інформації. Частина задач не можуть виконати навіть суперкомп'ютери. Проблеми полягали у неспроможності існуючих одиниць комп'ютерної інформації розширити спроможність обчислювальної техніки та віднайдення методів впровадження їх в процесорну частину. Як результат розв'язання суперечності було знайдено нові одиниці вже квантової інформації і створення відмінного від класичного комп'ютера – квантового. В останні десятиліття провідні компанії світу вже створили квантові комп'ютери IBM Q System One, Google Sycamore, Aspen-M та ін. Вони в свою чергу також постійно вдосконалюються. В цьому зв'язку все гостріше постає проблема створення методики навчання основ квантових комп'ютерів як теорії, так і практики. Дану проблему намагаються розв'язати дослідники, проте ґрунтовних методичних розробок недостатньо. Тому є актуальною розробка методики навчання студентів закладів вищої освіти квантовим комп'ютером.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До квантових комп'ютерів відносяться вибір одиниці вимірювання квантових систем, квантове програмування та ін. Квантове програмування безпосередньо пов'язане з розробкою специфічних алгоритмів. Відповідно спеціальним мовою програмування обрано замість класичних бітів нові – квантові, які названо кубітами – qubits. Зокрема, безпечні криптографічні системи створюються квантовим програмуванням. Такий підхід знаходить застосування у фізиці, біології, нанотехнологіях,

оптимізації виробничих процесів, економіці, для аналізу великих об'ємів інформації та ін.

Значних успіхів у розробці нових матеріалів та технологій на основі застосування квантових комп'ютерів досягли вчені Державної наукової установи «Київський академічний університет». Проєкт «Багатозонність електронних станів: фізика та застосування» визнаний кращим у конкурсі Національного фонду досліджень України «Підтримка провідних та молодих учених».

М. Максименко входить до української ІТ-компанії SoftServe. У Львівському національному університеті ім. І. Франка він запровадив бакалаврську програму «Квантові комп'ютери та квантове програмування».

Х. Гнатенко у 2020 р. захистила дисертацію на тему: «Вплив квантованості простору на властивості класичних і квантових систем».

Аналогічні технології вивчають і досліджують провідні компанії світу IBM, Microsoft, Google, Intel, Alibaba, SoftServe та ін.

Вчені Інсбруцького університету розробили новітній квантовий комп'ютер із великим потенціалом обчислень.

У Китаї створено комп'ютер, який у 180 млн разів працює швидше за сучасні суперкомп'ютери (South China Morning Post). Вчені працюють у галузі штучного інтелекту.

У листопаді 2022 р. компанією IBM створено найпотужніший у світі процесор Osprey.

Вчені передбачають, що наступна науково-технічна революція пов'язується з розробкою та впровадженням квантових комп'ютерів.

Поки що квантових комп'ютерів в Україні не створено, але науково-технічний напрямок є актуальним, особливо у Київській політехніці.

Мета статті полягає у створенні основ методики навчання квантових комп'ютерів та технологій створення комп'ютерних алгоритмів для впровадження в наукову роботу здобувачів освіти.

Методи дослідження: історико-генетичний аналіз реєстрів елементарно-логічних систем, теоретичне дослідження принципів суперпозиції та взаємодії між квантовими станами, експериментальні методики реалізації кубітів та їх зв'язків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Методика навчання квантових комп'ютерів у психолого-педагогічних дослідженнях мало висвітлена, хоч є перспективним напрямом. Тут розглядаються принципи фізики квантових систем, визначаються шляхи і методи розробки алгоритмів

у квантових обчисленнях докорінно відмінні від класичних, де використовують біти.

До основних понять методики навчання квантових комп'ютерів відносяться: основні обчислювальні одиниці біти, кубіти, тріти; квантові гейти, що керують кубітами для виконання обчислень; квантові алгоритми, знання яких необхідні для знаходження розв'язків квантових явищ, процесів; корекція помилок викликаних ефектами декогеренції (перехід квантової система із стану незалежності то запутаності) та взаємодії з оточуючим середовищем; створення технологій та архітектур квантових комп'ютерів; симуляція (працездатність алгоритмів) та валідація; принципи програмування квантових комп'ютерів.

Звичний для користувачів класичний комп'ютер оперує найменшою одиницею інформації – класичним бітом, що має значення 0 або 1. Тоді традиційний двобітовий реєстр є *елементарною логічною системою* і може набирати 4 значення: 00 (обидва біти мають значення 0); 01 перший біт має значення 0, а другий 1; 10 (перший біт має значення 1, а другий -0); 11 (два біти мають значення по 1). Для фіксованого моменту часу реєстр може мати лише одне значення, наприклад 01, для іншого моменту часу набуває значення 11 і т.д. Комп'ютер, який побудований за такою логічною системою виконує обчислення в логічній послідовності крок за кроком, а відповідно має обмежену *пам'ять* та *швидкодюю*. Електронні системи побудовані та вказаному принципі використовуються для зберігання, обробки, передачі інформації.

Особливістю квантового комп'ютера є його властивість здійснювати швидкісний одночасний підбір алгоритмів певного реєстру (логічна система) за рахунок специфіки *квантових бітів названих кубітами – особливої елементарної одиниці квантової інформації*, які можуть знаходитися одночасно у декількох станах, тобто кожен кубіт у квантовому реєстрі (квантовій логічній системі).

Як і у звичайному комп'ютері qubit приймає стани 0 та 1, але з однією особливістю: qubit має третій, окремих проміжний стан невизначеності, де він не приймає значення ні 0, ні 1, а має можливість стати або 0 чи 1, коли роблять спробу його виміряти. Звідси впливає важлива характеристика названа суперпозицією – це стан, коли qubit не приймає ні 0 значення, ні значення 1 і йому притаманним є або 0 чи 1. У такому розумінні слід сприймати вираз «може перебувати у суперпозиції двох станів як 0 так і 1». Таким чином, згідно квантових принципів кубіти (qubit, QUantum Bit, елементарна одиниця інформації) можуть бути у всіх можливих комбінаціях цих станів одночасно. Тому для реєстру, що має розмір N кубітів одночасно активні всі можливі його стани 2^N в один і той же момент часу. Для класичних реєстрів розмірами N бітів маємо $2N$ класичних значень 0 або 1. Звідси основна відмінність класичного та квантового реєстру.

Викладене вище добре узагальнено у нотації П. Дірака: Qubit має кінцеві стани $|0\rangle$ і $|1\rangle$. Зміст

цього позначення у квантовій механіці кодує певний вектор-стовпець чи вектор рядок.

Суперпозиція, у свою чергу, описується як [1; 5] $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ де α і β є комплексними числами, які відповідають наступній умові: $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$.

Формула зветься – «Правило Борна». Ця умова виводиться з факту, що квантові сутності мають математичну 2-у норму і все ще повинні задовольняти умови теорії ймовірності, де сума всіх можливих результатів події повинна дорівнювати «1» [5; 11].

Якраз завдяки визначених особливостей квантовий комп'ютер, який оперує вже не бітами, а кубітами обробляє більший об'єм інформації в паралельному режимі завдяки суперпозиції. Тобто такий комп'ютер виконує ментальний набір алгоритмів і ментально виконує всі обчислення швидко і дає розв'язок для певного класу задач. Особливо це важливо в перспективі для галузей, які потребують великих обрахунків: криптографія, штучний інтелект, дослідження сучасних матеріалів та ін.

Розглянемо на прикладах відмінність швидкого підбору алгоритмів для розв'язку тієї чи іншої задачі у класичному та квантовому варіантах.

Завдання 1. Зобразити у двійковій системі цифровий пароль з 5 символів та визначити кількість бітів у ньому.

Для цифрового пароля з 5 символів маємо простий перебір від 00000 до 99999. У двійковій системі маємо символ 99999. Для переведення символу у двійкову систему необхідно виконати операції поділу числа на 2 і взяти до уваги залишок:

99999 / 2 = 49999 - залишок 1
 49999 / 2 = 24999 - залишок 1
 24999 / 2 = 12499 - залишок 1
 12499 / 2 = 6249 - залишок 1
 6249 / 2 = 3124 - залишок 1
 3124 / 2 = 1562 - залишок 0
 1562 / 2 = 781 - залишок 0
 781 / 2 = 390 з залишок 1
 390 / 2 = 195 - залишок 0
 195 / 2 = 97 - залишок 1
 97 / 2 = 48 - залишок 1
 48 / 2 = 24 - залишок 0
 24 / 2 = 12 - залишок 0
 12 / 2 = 6 - залишок 0
 6 / 2 = 3 - залишок 0
 3 / 2 = 1 - залишок 1
 1 / 2 = 0 - залишок 1

Таким чином, цифровий код з 5 символів можна зобразити числом 99999 і у двійковій системі: 11000011010011111. Він має 17 бітів інформації.

Завдання 2. Маємо цифровий пароль з 4 символів. Постає завдання як найшвидше розпізнавати (зламати) його звичайним класичним процесором?

Логічним є скористатися простим перебором цифр від 0000 до 9999 як це показано в першому завданні. Так 9999 в двійковій системі має вигляд 10011100001111, тобто для його запису з 4 символів потрібно 14 біт. Якщо ж відомо кількість інформації у бітах, то легко визначається і пароль.

У випадку квантового комп'ютера, наприклад, із 14 кубітами досить швидко можна обрахувати пароль, який розкриває закладено одну з можливих станів системи (її властивостей). Зокрема, для знаходження речовини з наперед заданими конкретними властивостями необхідно задати систему з такою кількістю кубітів, скільки маємо вимог до речовини. Тоді qbit розглядається і як математична сутність та об'єкт, що відноситься до галузі квантової механіки. Логічно qbit має описуватися законами квантової механіки. В цьому випадку практичні завдання на квантових системах будуть вирішені миттєво.

Останнім часом здійснюється розробка квантового комп'ютера, де використовується аналог біта – тріт (trit). Він може приймати три різних стани квантових логічних систем, наприклад 0, 1 і 2 й перебувати у суперпозиції цих трьох станів. Вважається, що у такий спосіб створюються додаткові розширені можливості для представлення та обробки квантової інформації. Для таких комп'ютерів необхідно створювати специфічні квантові алгоритми та нові квантові гейти (образно алфавіт квантових обчислень).

Таким чином, квантовий комп'ютер побудований на принципах квантової механіки закладає парадигму альтернативного підходу до розв'язання складних завдань, зокрема з багатьма невідомими, з якими класичний комп'ютер, побудований на принципах класичної фізики не може оперативнo, швидко і якісно справитися. Класичний комп'ютер значно уступає квантовому у вирішенні обчислень. Однак конструювання і виготовлення квантових комп'ютерів є складним завданням і нині таких комп'ютерів небагато, все ж для дослідження та тестування алгоритмів таких комп'ютерів використовують класичні комп'ютери, тобто в цьому випадку симулюється (імітується) їх робота. Нині симуляційні процеси потрібні для: тестування квантових алгоритмів (їх ефективність та правильність розв'язання окресленої проблеми); аналізу впливу помилок на виконання алгоритмів при виконанні квантових обчислень, які чутливі до помилок; оцінки масштабності (як поведуться квантові алгоритми при великих розмірах логічної системи).

На основі аналізу спеціальної літератури [1; 2; 3; 7; 9; 11] ми прийшли до висновку, що комп'ютери можна умовно розділити на три види.

Класичні комп'ютери використовуються для звичних класичних обчислень, де для представлення інформації використовуються біти – bits (кодування, обробка, перетворення інформації).

Функціонування обчислювальних квантових комп'ютерів здійснюється вже не класичними бітами, а:

- кубітами (qubits), яким властива суперпозиція двох станів 0 і 1 одночасно;

- трітами (trits), які розглядаються як квантові аналоги класичних трітів, яким притамана трійка станів 0, 1 і 2.

За різними інформаційними джерелами в світі вже існує декілька квантових комп'ютерів із різною кількістю кубітів і трітів квантової інформації. Зокрема, перший в світі комерційний квантовий

комп'ютер IBM Q System One був розроблений і протестований у місті Мілан в 2019 р. на 20 кубітів.

Квантовий процесор Google Sycamore анонсований в 2019 р., і має 53 кубіти і виконав завдання за 200 секунд, яке сучасний класичний суперкомп'ютер міг виконати за 10 000 років [8].

У Коледж-Парку (штат Меріленд, США) компанія IonQ розробила квантовий комп'ютер з 32 кубітами, який працює на принципі захоплення іонів [1; 2].

Компанія Rigetti Computing розробила квантовий комп'ютер Aspen-M з потрійними кубітами (квантовий тріт – одиниця квантової інформації, що реалізується квантовою системою, яка ґрунтується на суперпозиції трьох взаємно ортогональних квантових станів), що збільшує потужність в порівнянні з іншими системами у 2,5 рази. Робота такого комп'ютера ґрунтується на використанні квантових частинок кутрітів (qutrits), які на відміну від бітів одночасно можуть перебувати у ще одному додатковому стані, який дає можливість кодувати ще більше інформації.

Компанія D-Wave Systems Inc розробляє квантові комп'ютери на принципах квантової механіки. Вони мають швидкість більшу за класичні комп'ютери для розв'язання оптимізованих графових задач, аналізу даних, криптографічних завдання та ін. Проте квантовий апарат, який використовується у процесорах D-Wave не є універсальною обчислювальною системою, але є корисною для розв'язання конкретних задач. Станом на початок 2022 р. компанія мала декілька поколінь таких процесорів і продовжує їх удосконалювати.

Таким чином, нині вже використовуються 1, 5, 15, 20, 54, 72 кубітні квантові комп'ютери хоч і в обмеженій кількості [7; 9].

З використанням хмарних сервісів стають все більш доступними для широкого кола користувачів процесори на 1, 5, 15 кубітів компанії IBM.

Важливою галуззю для використання квантових комп'ютерів є криптологія, для вирішення задач якої вже створено метод Гровера. Квантовим алгоритмом Гровера можна у несортованій базі даних з $2n$ N здійснити швидкий пошук необхідного елементу (n – довжина пошукового простору квантового реєстру – кількість кубітів у ньому; N – розмір пошукового простору) [10].

Проте хоч квантовий симулятор і дає високу ймовірність правильного результату, експериментальні дослідження показують і великі розходження. Тому є проблема для подальших досліджень [2, с. 145–147]. Квантові комп'ютери можуть впливати один на другий завдяки явищу запутаності [3, с. 234–236].

Програмування в сутності є операції з нулями та одиницями, які зберігаються у класичних комп'ютерах. Одиницям і нулям відповідають дискретні бінарні значення реальних фізичних систем. Квантові комп'ютери працюють з неперервним діапазоном станів фізичних систем. Звідси й їхня особливість. З методичної точки зору для з'ясування сутності вказаних процесів їх можна порівняти з електричним струмом у лампах

накалювання: для класичного бігу 0 – струму немає, лампочка не світиться, 1 – є струм, лампочка дає світло, а у випадку кубіту квантового комп'ютера маємо неперервно регульований режим для лампочки. П. Дірак та І.С. Тамм для опису двох станів кубітів використали позначки бра та кет, що відповідають векторам

$$|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Лінійними комбінаціями позначених фізичних станів можна зобразити будь-яке можливе поєднання векторів $|0\rangle$ і $|1\rangle$. Таке поєднання у квантовій механіці називають суперпозицією, а поєднання приймає діраківську форму $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, де α і β є ймовірнісними і виражаються комплексними числами. Якщо вважати їх дійсними числами, то слід мати на увазі, що вони можуть приймати від'ємні значення. Але їх сума квадратів завжди рівна 1.

Висновки та перспективи подальших розвідок напрямку. Таким чином, у статті визначені основні поняття квантових понять та методика їхнього навчання й дослідження. Виклад навчального матеріалу з точки зору методики навчання квантових комп'ютерів є важливим кроком, де показується досягнення потенційної переваги цих систем над класичними комп'ютерами в ряді обчислювальних завдань. З огляду на технічну складність та унікальні властивості квантових систем, це вимагає продовження дослідження визначеного наукового напрямку.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Архітектура для крупномасштабного квантового комп'ютера з іонною ловушкою Природа Архівна копія від 1 липня 2019 на Wayback Machine. URL: <https://www.nature.com/articles/nature00784> (дата звернення 07.07.2023 р.)
2. Каптьол Є.Ю., Горбенко І.Д. Аналіз можливостей програмування задач криптології на квантовому комп'ютері. *Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях: зб. наук. пр. міжнародної наук.-техн. конф. м. Харків, 22-24.05.2020.* Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2020. С. 144–147.
3. Пазушко М.А., Бобух В.А. Загальна сутність mq-перетворень. *Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях: зб. наук. пр. міжнародної наук.-техн. конф. м. Харків, 22-24.05.2020.* Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2020. С. 234–236.
4. Садовий М.І., Резіна О.В., Трифонова О.М. Використання комп'ютерної графіки під час навчання фізики і технічних дисциплін в педагогічних університетах. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2020. 80(6). С. 188–206. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3740> (дата звернення 07.07.2023 р.)
5. Ткачук В.М. Фундаментальні проблеми квантової механіки. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 144 с.
6. Хомутенко М.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. Комп'ютерне моделювання процесів в атомному ядрі. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2015. 45 (1). С. 78–92. URL: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1191#.VP.M03Cz4TGh> (дата звернення 07.07.2023 р.)
7. Google reclaims quantum computer crown with 72 qubit processor. URL: <https://thenextweb.com/artificial-intelligence/2018/03/06/google-reclaims-quantum-computercrown-with-72-qubit-processor>

computer-crown-with-72-qubit-processor (дата звернення 08.07.2023 р.)

8. Hello quantum world! Google publishes landmark quantum supremacy claim. *Nature.* 23.10.2019. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03213-z> (дата звернення 09.07.2023 р.)

9. IBM claims 'quantum supremacy' over Google with 50-qubit processor. URL: <https://thenextweb.com/google/2017/11/14/ibm-claims-quantum-supremacy-over-google-with-50-qubit-processor> (дата звернення 07.07.2023 р.)

10. Lov K. Grover. A fast quantum mechanical algorithm for database search, 1996. URL: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/9605043.pdf> (дата звернення 07.07.2023 р.)

11. Nielsen Michael, Chuang Isaac. *Quantum Computation and Quantum Information* (2nd ed.). Cambridge University Press, 2010. 665 с.

REFERENCES

1. Arkhitektura dlia krupnomasshtabnoho kvantovoho kompiutera z ionnoi lovushkoiu Pryroda Arkhivna kopiia vid 1 lipnia 2019 na Wayback Machine. [Architecture for a Large-Scale Ion Trap Quantum Computer Nature Archived July 1, 2019, at the Wayback Machine]. URL: <https://www.nature.com/articles/nature00784> [in Ukrainian]
2. Kaptol, Ye.Iu., Horbenko, I.D. (2020) Analiz mozhlyvosti prohrumuvannia zadach kryptolohii na kvantovomu kompiuteri. [Analysis of the possibilities of programming cryptology problems on a quantum computer]. Kharkiv: KhNU im. V.N. Karazina. 144–147. [in Ukrainian]
3. Pazushko, M.A., Bobukh, V.A. (2020) Zahalna sutnist mq-peretvoren [The general essence of mq-transformations] *Komp'yuterne modelyuvannya v naukoyemnykh tekhnolohiyakh.* Kharkiv. S. 234–236. [in Ukrainian]
4. Sadovyi, M.I., Ryezina, O.V., Tryfonova, O.M. (2020) Vykorystannia kompiuternoї hrafiky pid chas navchannia fizyky i tekhnichnykh dystsyplin v pedahohichnykh universytetakh [The use of computer graphics in teaching physics and technical disciplines at pedagogical universities] *Informatsiyni tekhnolohiyi i zasoby navchannia.* 80(6). 188–206. [in Ukrainian]
5. Tkachuk, V.M. (2011) Fundamentalni problemy kvantovoi mekhaniky [Fundamental problems of quantum mechanics]. Lviv. 144 s. [in Ukrainian]
6. Khomutenko, M.V., Sadovyi, M.I., Tryfonova, O.M. (2015) Komp'yuterne modelyuvannya protsesiv v atomnomu yadri [Computer modeling of processes in the atomic nucleus]. *Informatsiyni tekhnolohiyi i zasoby navchannia.* 45 (1). S. 78–92. URL: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1191#.VP.M03Cz4TGh> [in Ukrainian]
7. Google reclaims quantum computer crown with 72 qubit processor. URL: <https://thenextweb.com/artificial-intelligence/2018/03/06/google-reclaims-quantum-computercrown-with-72-qubit-processor> [in English]
8. Hello quantum world! Google publishes landmark quantum supremacy claim. *Nature.* 23.10.2019. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03213-z> [in English]
9. IBM claims 'quantum supremacy' over Google with 50-qubit processor. URL: <https://thenextweb.com/google/2017/11/14/ibm-claims-quantum-supremacy-over-google-with-50-qubit-processor> [in English]
10. Grover, Lov K. (1996) A fast quantum mechanical algorithm for database search. URL: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/9605043.pdf> [in English]
11. Michael, Nielsen, Isaac, Chuang. (2010) *Quantum Computation and Quantum Information* (2nd ed.). Cambridge University Press. 665 с. [in English]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ТРИФОНОВА Олена Михайлівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри природничих наук і методик їхнього навчання Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: теорія, методологія і методика природничої, технологічної та професійної освіти.

САДОВИЙ Микола Ілліч – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри технологічної та професійної освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: дидактика природничої, технологічної та професійної освіти.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TRYFONOVA Olena Mykhaylivna – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of Department of Natural Sciences and Methods of their Education of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

Scientific interests: theory and methodology of natural, technological and professional education.

SADOVYI Mykola Illich – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of Department of Technological and Professional Education of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

Scientific interests: didactics of natural, technological and professional education.

Стаття надійшла до редакції 23.08.2023 р.

УДК 37.018.5 (477.65):78"19"(045)

DOI: 10.36550/2415-7988-2022-1-209-379-383

КОЛОСКОВА Жанна Володимирівна –

кандидат педагогічних наук, доцент,
старший викладач кафедри мистецької освіти
Цentrальноукраїнського державного
університету імені Володимира Винниченка
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4880-1443>
e-mail: z.v.koloskova@cuspu.edu.ua

ЗМІСТ МУЗИЧНОЇ ОСВІТИ В ЄДИНИХ ТРУДОВИХ ШКОЛАХ ЄЛИСАВЕТГРАДЩИНИ У 20 рр. ХХ СТОЛІТТЯ

У статті актуалізується питання вивчення особливостей змісту музичної освіти в закладах середньої ланки освіти – єдиних трудових школах Єлисаветградщини у 20-ті рр. ХХ століття. Автор звертає увагу на необхідність звернення до означеної проблеми як засобу вивчення ретроспективи шкільного музично-освітнього досвіду в період розбудови української державності з метою його оновлення та запровадження до освітнього процесу сучасності, що є особливо необхідним в період наповнення змісту музичної освіти в Новій українській школі.

На підставі аналізу архівних документів в статті стверджується, що зміни в освітянській системі Єлисаветградщини відбулися в лютому 1919 року і були пов'язані зі встановленням радянської влади в регіоні. В єдиних трудових школах, запроваджених новою владою, мистецтво розглядалося як засіб організації дитячого життя, згуртування дитячого колективу та формування колективних навичок, музична дисципліна «співи» стала обов'язковою і викладалася двічі на тиждень на обох ступенях (перший ступінь – 1 – 4 класи; другий – 5 – 7 класи). Разом з численними відмовами вчителів викладати співи із-за браку музично-теоретичних знань, відсутності музичного слуху, слабого голосу тощо, автор наводить позитивний приклад авторської програми зі співів вчителя О. Косовського, зміст якої був побудований на принципах доступності, поступовості та зв'язку з національною музичною культурою та реалізовувався через музично-теоретичну та вокально-хорову діяльність. Також в статті аналізуються вимоги до змісту музичної освіти, що побутували в досліджуваній період. В підсумку автор статті приходить до висновку, що для музичної освіти після 1918 року характерними є оновлення її змісту за рахунок упровадження творів, пов'язаних з державницькою комуністичною ідеологією та введення в програму краєвих зразків українського музичного мистецтва, а також поява нових форм організації музичного виховання (музично-ритмічної діяльності, активного слухання та дитячої творчості).

Ключові слова: музична освіта, уроки співів, єдині трудові школи, Єлисаветградщина, 20-рр. ХХ століття.

KOLOSKOVA Zhanna Volodymyrivna –

candidate of pedagogical sciences, associate professor
and Senior Lecturer of the Department of Art Education
of the Central Ukrainian State University
named after Volodymyr Vynnychenko
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4880-1443>
e-mail: z.v.koloskova@cuspu.edu.ua

THE CONTENT OF MUSIC EDUCATION IN THE UNIFIED LABOR SCHOOLS OF THE YELISAVETGRAD REGION IN THE 20S OF THE TWENTIETH CENTURY

The article deals with the issue of studying the peculiarities of the content of music education in secondary schools - the unified labor schools of the Yelisavethrad region in the 20s of the twentieth century. The author draws attention to the need to address this problem as a means of studying the retrospective of school music and educational experience during the development of Ukrainian statehood in order to update it and introduce it into the educational process of our time, which is