

ПОТЕНЦІАЛ СТВОРЕННЯ ДОДАНОЇ ВАРТОСТІ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ НА ОСНОВІ КВАНТОВИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Червякова В.В., кандидат економічних наук, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ChervyakovaV@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3568-3836

Червякова Т.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, cherti2015@gmail.com, orcid.org/0000-0002-3672-9173

THE POTENTIAL FOR CREATING ADDED VALUE IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY BASED ON QUANTUM COMPUTING

Chervyakova V.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, ChervyakovaV@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3568-3836

Chervyakova T.I., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, cherti2015@gmail.com, orcid.org/0000-0002-3672-9173

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Прискорення розвитку квантових обчислень свідчить про те, що технологія швидко просувається до комерційної життєздатності. По мірі появи успіхів у квантових обчисленнях, інвестиції в цю сферу зростають, а кількість стартапів збільшується. Великі технологічні компанії також продовжують розвивати свої квантові можливості, зокрема, Alibaba, Amazon, IBM, Google і Microsoft вже запустили комерційні хмарні сервіси квантових обчислень.

Звісно, вся ця діяльність не обов'язково призведе до комерційних результатів. Хоча квантові обчислення обіцяють допомогти підприємствам вирішувати проблеми, які виходять за межі досяжності та швидкості звичайних високопродуктивних комп'ютерів, на цьому ранньому етапі варіанти використання є переважно експериментальними та гіпотетичними. Однак екосистема, що швидко розвивається, зростаючі інвестиції та поява дослідницьких проривів в області квантових обчислень сигналізують, що власникам і керівникам підприємств час розглянути наслідки цієї технології для бізнесу, зокрема для автомобільної промисловості. Так, за даними McKinsey, 10% усіх потенційних варіантів використання квантових обчислень можуть принести користь автомобільній промисловості вже до 2025 року [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми. Оскільки технологія квантових обчислень є відносно новою, її вартісний потенціал недостатньо досліджений. Аналітичні матеріали щодо випадків застосування квантових обчислень в різних галузях публікують самі підприємства, науково-дослідні установи та консалтингові компанії.

Цілі статті – проаналізувати переваги, ризики та ціннісний потенціал квантових обчислень для автомобільної промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. На тлі пандемії та дефіциту напівпровідників у минулому році світовий автопром зміг зрости лише на 3% порівняно з показником 2020 року, випустивши майже 80,2 млн автотранспортних засобів. Водночас, за даними Всесвітньої організації автовиробників (OICA), обсяг автовиробництва зменшився на 13% порівняно з результатами 2019 року. Кількість легкових автомобілів, вироблених за рік, становила 57,1 млн од. Це на 2% більше ніж у 2020 році, але на 15% менше від результату 2019 року. Важких вантажівок було виготовлено 4,3 млн од. (-1% до 2020 р. та +4% до 2019 р.). Всесвітнє автобусне виробництво закінчило рік показником 199 тис. шт. (-10% до 2020 р. та -43% до 2019 р.). Найбільшим автовиробником залишається Китай. За рік Піднебесна виготовила майже 26,1 млн од. автотранспортних засобів, що на 3% більше ніж у попередньому році та на 1% більше за результат доковідного 2019 року. Другою країною за обсягом виробництва є США. На заводах Сполучених штатів в 2021 році було виготовлено 9 млн 167 тис. од. автотранспорту, що на 4% більше ніж у 2020 році, однак на 16% менше результату 2019 року. Японія звітувала про виробництво 7,9 млн од. автотранспорту і це третій результат у світі. Від своїх обсягів 2020 р. та 2019 р. японський автопром відстав на 3% та 19% відповідно. На четвертому місці Індія, яка змогла на 30% покращити свій

попередній результат до 4,4 млн од. Проте відносно 2019 р. обсяг автовиробництва в цій країні зменшився на 3%. Замикає п'ятірку лідерів Південна Корея з результатом 3,5 млн од. (-1% до 2020 р. та -12% до 2019 р.) [2].

Пандемія COVID і спричинені нею дефіцит комплектуючих і порушення ланцюжків постачання завдали великої шкоди автомобільній галузі і змусили виробників шукати шляхи оптимізації своєї діяльності у відповідь на глобальні виклики, в тому числі із застосуванням квантових обчислень. McKinsey&Company передбачає швидкий розвиток технології квантових обчислень до 2030-х років, коли світ технологій стане свідком квантового моделювання, складних проблем оптимізації та складного квантового штучного інтелекту (AI) і машинного навчання (ML). Потенційно автомобільна промисловість може отримати вигоду від квантових обчислень у своїх дослідженнях і розробках, дизайні продуктів, управлінні ланцюгом поставок, виробництві, а також управлінні мобільністю і транспортним трафіком. Технологію можна, наприклад, застосувати для зниження витрат, пов'язаних з виробничим процесом, і скорочення часу виробничого циклу шляхом оптимізації таких елементів, як планування шляху в складних процесах із кількома роботами (шлях, яким йде робот для виконання завдання), включаючи зварювання, склеювання та покраску. Навіть стандартний 2-відсотковий приріст продуктивності у галузі, яка витрачає 500 мільярдів доларів на рік на виробництво створить від 10 до 25 мільярдів доларів доданої вартості на рік.

При цьому зацікавлені сторони в автомобільній промисловості використовуватимуть технологію по-різному. Постачальники зможуть розробляти різні нові технології, такі як матеріали для акумуляторних батарей і системи охолодження. Квантові обчислення оптимізують маршрути постачання, включаючи різні види транспорту. Управління ланцюгом постачання підвищить ефективність у ланцюжку створення вартості завдяки точному прогнозуванню попиту та складській логістиці. Виробники комплектного обладнання отримують вигоду від квантових обчислень у дизайні транспортних засобів, бортового та автономного програмного забезпечення для водіння та забезпечення безпеки підключених транспортних засобів. Дилери використовуватимуть алгоритми квантового обчислення, щоб максимізувати переваги профілактичного обслуговування. Постачальники послуг спільної мобільності опанують маршрутизацію транспортних засобів, щоб підвищити ефективність використання автопарку та прогнозувати попит відповідно до географії шляхом моделювання різних економічних сценаріїв.

Багато гравців автомобільної промисловості вже повною мірою залучені до вивчення можливостей квантових обчислень і варіантів їх використання, серед яких: Volkswagen, Ford, Daimler, Toyota, BMW, Bosch. Так, німецький автомобільний гігант Volkswagen оголосив про партнерство з Google у 2017 році для проведення досліджень квантових обчислень у трьох основних сферах.

1. Оптимізація моделей руху: VW і компанія квантових обчислень D-Wave Systems провели експеримент у Пекіні в 2017 році на основі алгоритму для оптимізації потоку транспорту, використовуючи дані з 10000 таксі. У VW заявили, що експеримент дав позитивні результати у зменшенні заторів завдяки вибору ідеального маршруту для кожного транспортного засобу. У майбутньому VW планує використовувати квантові алгоритми для оптимізації використання паркувальних місць і зарядних станцій шляхом надсилання інформації, обчисленої в режимі реального часу.

2. Акумулятори для електромобілів: квантові обчислення допоможуть VW підняти амбітні плани дослідження батарей електромобілів на новий рівень. У 2018 році інженери VW змоделивали ключові молекули, такі як літій-водневі та вуглецеві ланцюги, використовуючи квантові комп'ютери, що відкрило двері для більш складних хімічних сполук. Мета полягає в тому, щоб змодельовати хімічний склад електричної батареї на квантових комп'ютерах залежно від таких критеріїв, як максимальна щільність потужності та збірка елементів.

3. Автоматизоване водіння: квантові обчислення також підтримуватимуть технології автономного водіння VW за допомогою машинного навчання.

Ford у 2018 році уклав однорічну угоду з NASA про співпрацю з Лабораторією квантового штучного інтелекту (QuAIL) для підвищення паливної ефективності транспортних засобів, що працюють на дизельному паливі. Комп'ютер D-Wave 2000 компанії QuAIL створив перші приклади використання для оптимізації маршруту для Ford. Незважаючи на те, що традиційному комп'ютеру непросто об'єднати декілька параметрів, таких як швидкість, режим руху та кількість зупинок на

маршруті, квантові обчислення допоможуть максимально підвищити ефективність, виявивши оптимальний маршрут.

Daimler у партнерстві з Google у 2018 році зробив перші кроки в квантових дослідженнях для розробки стійких і ефективних мобільних рішень. Ян Брехт, IT-директор Daimler, описав їхню мету співпраці як «набуття досвіду роботи з квантовими технологіями на ранній стадії». З цією метою Daimler буде розвиватися в таких сферах, як акумуляторні технології, автономні транспортні засоби та міська мобільність за допомогою глибокого навчання та штучного інтелекту на квантових комп'ютерах.

Японський автомобільний гігант Toyota з 2017 року співпрацює з глобальним виробником автомобільних компонентів Denso та проводить експеримент на основі 130000 комерційних автомобілів у Таїланді для оцінки даних про трафік. Denso співпрацювала з дочірньою компанією Toyota Tsusho для роботи з квантовими комп'ютерами D-Wave Systems.

BMW підписала угоду з квантовим комп'ютерним бізнесом Pasqal, згідно з якою автовиробник використовуватиме квантові процесори для покращення своїх виробничих процесів, у тому числі потенційно позбавляючись потреби створювати прототипи нових продуктів і симулювати нові матеріали. Pasqal працюватиме з BMW, щоб зрештою змодельовати складні проблеми, такі як замовлення фарбувального цеху та вплив вітру на матеріали. Французька компанія заявляє, що коли її квантовий процесор буде запущений, він забезпечить передбачливе та швидке віртуальне моделювання, яке, як сподівається BMW, призведе до безпечніших дизайнів та більш надійних продуктів, а також позбавить від необхідності виробляти прототипи. Наразі нові матеріали та продукти проходять дорогий цикл створення-випробування-поліпшення, але Pasqal запевняє, що його система може створювати настільки точні симуляції, що це більше не буде потрібно.

Bosch, розширюючи свою присутність у розробці акумуляторів та електронній мобільності, інвестував у Zapata Computing у 2019 році для підтримки алгоритмів, квантового програмного забезпечення та інших інструментів квантових технологій. Основними напрямками, в яких Bosch прагне брати участь, є сенсорні технології та квантова криптографія.

Таким чином, сфери застосування квантових обчислень в автомобільній промисловості дуже різноманітні і включають [3]:

- боротьбу з заторами (передбачення та уникнення вузьких місць) [4],
- оптимізацію паливних елементів,
- автономне керування автомобілем 5 рівня, зокрема, завдяки покращенню навігації для більш ефективного розрахунку найшвидшого маршруту в режимі реального часу,
- передові розробки в сфері акумуляторної технології,
- підвищення паливної ефективності шерингових транспортних засобів [5],
- машинне навчання моделей трафіку,
- штучний інтелект для мобільних рішень,
- забезпечення безпеки підключеного водіння,
- прискорення переходу до ери електромобілів шляхом прискорення досліджень і розробок нових технологій, зокрема охолодження акумуляторів електромобілів,
- моделювання (тепло- та масообмін, динаміка рідини, властивості матеріалів на атомарних рівнях), що актуально для розробки матеріалів для батарей і паливних елементів,
- зменшення ризиків або запобігання квантовому злому комунікацій в автономних транспортних засобах, електроніці та промислового Інтернету речей,
- дослідження та оптимізацію поведінки при аварії,
- шумоізоляцію салону,
- оптимізацію маршрутів,
- довговічність матеріалів,
- прогнозування дорожнього руху з такою точністю, що можна уникнути аварій (завдання, що вимагає значної потужності комп'ютера),
- повітряний зв'язок (V2V або V2C) для завантаження даних (інформації про дорожній рух) і завантаження даних про водіння та шифрування даних локально в самокерованому автомобілі та в хмарі, що забезпечує безпеку для приміських автомобілів [6],
- оптимізація маршрутизації складських роботів,

- підвищення точності прогнозування попиту для постачальників вздовж ланцюга постачання шляхом моделювання складних економічних сценаріїв (наприклад, чи можна було уникнути або пом'якшити поточний дефіцит поставок напівпровідників і сталі).

Очікується, що використання квантових обчислень, а також їх ціннісний потенціал в автомобільному секторі збільшуватиметься по мірі розвитку цієї технології (рис. 1) [1].

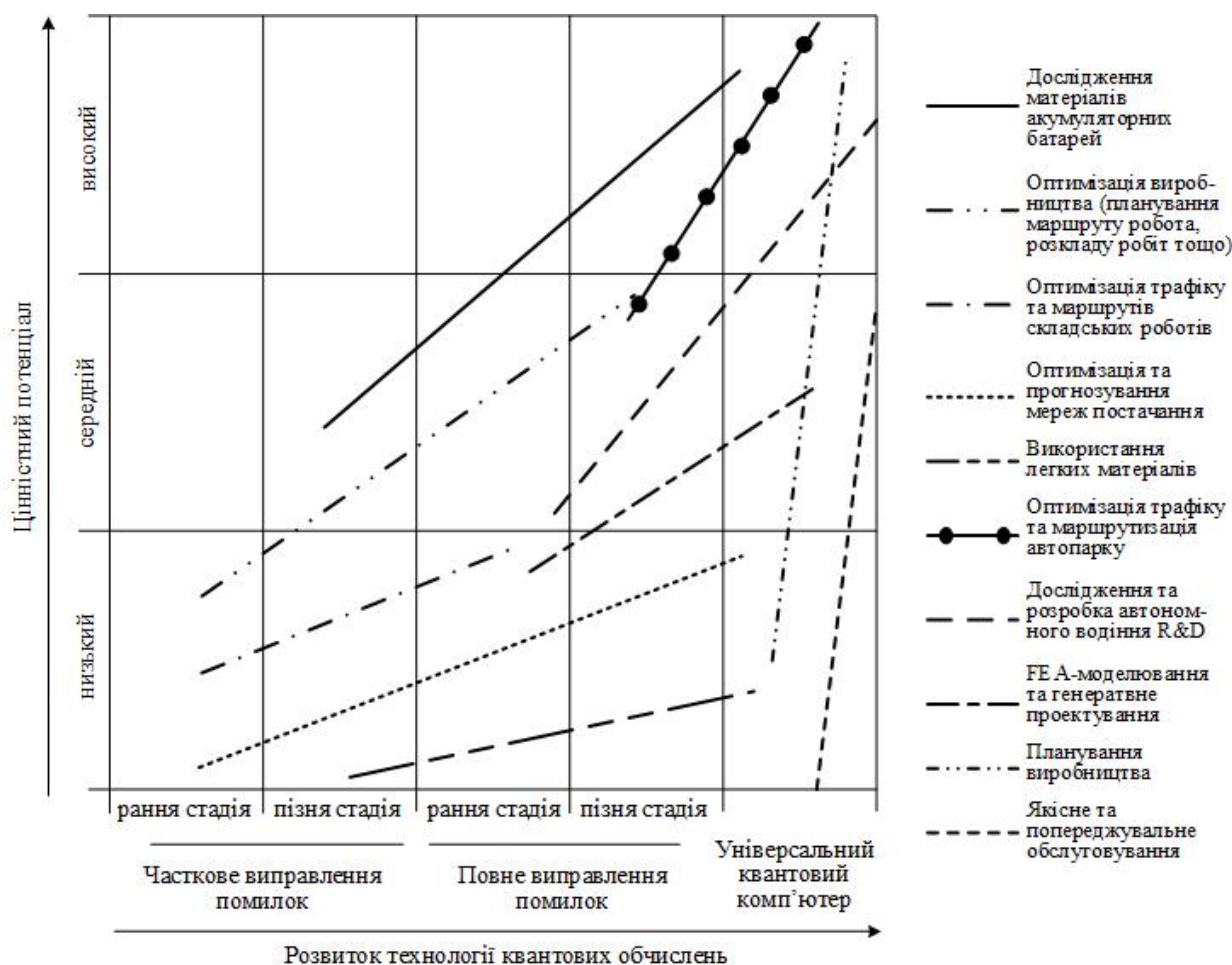


Рисунок 1 – Ціннісний потенціал використання квантових обчислень в автомобільному секторі по мірі розвитку технології та виправлення помилок

Figure 1 – The value potential of using quantum computing in the automotive sector as technology evolves and errors are corrected

Ціннісний потенціал використання квантових обчислень в автомобільному секторі полягає в дослідженнях і розробках, дизайні продукції, управлінні ланцюжками поставок, виробництві, а також управлінні мобільністю і трафіком [7].

R&D та управління продуктом. Одним з найцікавіших варіантів використання є прискорення моделювання кінцевих елементів, яке виробники та постачальники використовують для моделювання механічної стійкості, аеродинамічних властивостей, термодинамічної поведінки та характеристик шуму, вібрації та жорсткості. Збільшення швидкості та точності цих симуляцій може створити цінність за рахунок зниження витрат на створення прототипів і тестування, а також створення кращих, більш продуктивних конструкцій за менших витрат. Потенційно зниження витрат на створення прототипів на 5-10 % може призвести до економії від 2 до 4 мільярдів доларів.

Квантові обчислення також, ймовірно, сприятимуть автономному водінню. Швидші моделі машинного навчання можуть скоротити цикли досліджень і розробок, а синтетичні дані, згенеровані квантовими обчисленнями, можуть знизити витрати на збір і маркування даних і підвищити продуктивність транспортних засобів у незвичайних ситуаціях, які трапляються через обмеженість реальних навчальних даних.

Крім того, виробники автомобільного обладнання все більше зацікавлені в розробці передових палив майбутнього, де квантові обчислення можуть відігравати важливу роль. Це могло б, наприклад, допомогти в розробці кращих матеріалів для зберігання водню. Розробка акумуляторних батарей також виграє від квантово-хімічного моделювання, яке використовується для визначення нових або покращених матеріалів і досконаліших конструкцій елементів, що призведе до нижчої вартості кіловат-години. Виробники акумуляторів активно проводять дослідження, припускаючи, що квантові обчислення можуть допомогти в розробці акумуляторів. Для ринку електромобілів, вартість якого, за прогнозами, у 2030 році становитиме близько 240 мільярдів доларів, невеликі покращення в діапазоні від 5 до 10 відсотків від квантово-хімічного моделювання на основі квантових обчислень можуть створити додаткову вартість від 12 до 24 мільярдів доларів.

Іншою перспективною сферою застосування квантових обчислень є створення прототипів і тестування, на які в даний час припадає від 20 до 30 відсотків загальної вартості досліджень і розробок нового автомобіля, що становить 100 мільярдів доларів, включаючи апаратні компоненти і складання та тестування транспортних засобів. У майбутньому швидкість і здатність квантових обчислень виконувати складні завдання, з якими звичайні обчислення не можуть впоратися, дозволять проводити більше віртуальних тестів і зменшить кількість необхідних тестових транспортних засобів. Високопродуктивні обчислення вже знизили витрати на створення прототипів і тестування на 50 відсотків.

Квантові обчислення, ймовірно, забезпечать подальшу економію за рахунок прискорення часу обчислень, вивільнення місць і часу для додаткових тестів і підвищення точності. Додаткове покращення на 5-10 відсотків дозволить заощадити від 1,5 до 3 мільярдів доларів для всіх автовиробників, але для цього знадобиться повністю відмовостійкий квантовий комп'ютер.

Квантові обчислення також можуть допомогти автовиробникам, покращуючи дизайн і продуктивність транспортних засобів за меншу вартість. Автовиробники вже давно працюють над зниженням витрат на виробництво та покращенням характеристик автомобіля протягом усього життєвого циклу моделі автомобіля. Вони зазвичай економлять від 0,3 до 0,5 відсотка на рік на витратах виробництва, або приблизно від 3 до 5 мільярдів доларів. Економія зазвичай виходить завдяки виявленню та усуненню надмірно специфікованих деталей або оптимізації виробничого процесу. Значно збільшена швидкість моделювання від квантових обчислень повинна дозволити використовувати багато ітерацій варіантів дизайну, які допомагають оптимізувати специфікації всього автомобіля, аж до отримання наближених до оптимальних проектів на початку виробництва. Теоретично початок виробництва з елементами оптимальної вартості та продуктивності створить додаткові 3-5 мільярдів доларів на рік.

Розширенням цих методів моделювання є генеративний дизайн, який також міг би скористатися перевагами квантового прискорення моделювання кінцевих елементів і методів квантової оптимізації. Вже було показано, що розробки, створені комп'ютером, перевершують створені людиною в деяких сценаріях, наприклад, в оптимізації продуктивності теплообмінника. Однак квантовий генеративний дизайн був обмежений часом обчислень і складністю моделювання. Квантові обчислення можуть бути ключем до ширшого використання генеративного дизайну.

Управління ланцюгами поставок. Великі автомобільні компанії в середньому кожні 3,7 року зазнають місячних збоїв у ланцюжках поставок, що призводить до економічного збитку автовиробників приблизно в 15 мільярдів доларів на рік [8].

Звичайні високопродуктивні обчислення не можуть впоратися з постійно зростаючою складністю глобальних мереж постачання. Однак наскрізне квантово-обчислювальне моделювання мереж постачання може допомогти впоратися зі збоями, моделюючи наслідки можливих контрзаходів і визначаючи найбільш економічно ефективні рішення. Ці симуляції можуть також провести стрес-тестування існуючих мереж постачання та визначити найкраще поєднання вартості, часу доставки та надійності. Навіть зменшення втрат на 5-10 відсотків від управління порушеннями, яке експерти вважають реалістичним, призведе до економії від 0,75 до 1,5 мільярда доларів. Звичайно, окрім наявності достатньо потужного квантового апаратного забезпечення, ключовими будуть оцифрування та централізація всіх відповідних даних ланцюга поставок; основний пул даних потрібен для обслуговування багатьох виробничих майданчиків, складів і постачальників.

Виробництво. Оскільки автовиробники несуть близько 500 мільярдів доларів США щорічних витрат на виробництво (без урахування прямих матеріалів), навіть підвищення продуктивності на 2-5

відсотків – відповідно до типових щорічних темпів покращення в галузі – завдяки оптимізації на основі квантових обчислень створить від 10 до 25 мільярдів доларів США додаткової вартості на рік. Оскільки останніми роками кількість конфігурацій транспортних засобів різко зросла, сусідні транспортні засоби на конвеєрі рідко бувають однаковими. Оскільки різні конфігурації вимагають дещо різного часу обробки на кожній станції, оптимальне планування робіт і балансування ліній стають дедалі складнішими, тим більше, що високий рівень складності та відносно короткі цикли планування ускладнюють комп'ютеризацію процесу планування. Квантові обчислення можуть допомогти створити оптимізований графік роботи, усунути можливу неефективність і підвищити продуктивність.

Квантові обчислення також можуть знизити витрати на процес, наприклад, оптимізуючи планування шляху в складних процесах із кількома роботами (шлях, яким йде робот для виконання завдання), таких як зварювання, склеювання та фарбування. Сучасні комп'ютери не можуть впоратися зі складністю типового планування багатороботного шляху, але оптимізовані для квантових комп'ютерів шляхи можуть скоротити виробничий цикл та знизити витрати виробництва.

Багато експертів вважають, що варіанти використання на основі штучного інтелекту, такі як автоматичний оптичний огляд і прогнозне обслуговування, також можуть отримати вигоду від квантово-розширених робочих процесів. Однак наразі існує мало квантових алгоритмів штучного інтелекту, які доведено працюють. Також залишається багато проблем, таких як повільне введення даних відносно швидкості квантових обчислень, що може нівелювати будь-яку потенційну перевагу в швидкості.

Мобільність і управління рухом. Квантові обчислення дозволять зробити виконання сьогоденних складних завдань швидшим та легшим. Зокрема, можуть моделювати дуже складні системи руху для великих мегаполісів або навіть цілих країн для прийняття рішень про інвестиції в інфраструктуру та скорочення середнього часу в дорозі. Симуляція та оптимізація руху можуть бути особливо корисними для пошуку оптимального балансу між обслуговуванням автомобільних доріг і залізниць та максимальною пропускнуою здатністю мережі. Аналогічно, прогнозування руху в реальному часі та скоординована оптимізація маршрутів для парку транспортних засобів, керованих центральним комп'ютером, можуть зменшити затори на системному рівні.

Потенційна вартість, створена квантовими обчисленнями, як зазначено в усіх цих випадках, є відносною щодо цінності, створеної в автомобільній промисловості з технологіями, доступними сьогодні. Однак майбутні технологічні альтернативи можуть конкурувати з квантовими технологіями і можуть перехопити частину цієї вартості.

У середньостроковій перспективі – приблизно до 2030 року – варіанти використання квантових обчислень будуть мати гібридну робочу модель квантового та високопродуктивного комп'ютерів. У довгостроковій перспективі шість ключових факторів – фінансування, доступ до обладнання, стандартизація, галузеві консорціуми, таланти та цифрова інфраструктура – визначать шлях квантових обчислень до комерціалізації [9].

Дефіцит талантів та досвіду в квантових алгоритмах свідчить про те, що фірми, які займаються квантовим програмним забезпеченням, працюватимуть з провідними корпораціями для виявлення та вирішення проблем, які піддаються квантовим обчисленням. У той же час фірми, що займаються квантовим програмним забезпеченням, створюватимуть гібридні квантово-звичайні аналітичні робочі процеси, які інтегрують квантові алгоритми у звичайні обчислювальні випадки, де вони є вигідними. Провідні постачальники хмарних і високотехнологічних обчислень також інтегруватимуть найкраще доступне квантове обладнання у свої послуги та сприятимуть виконанню гібридних квантово-звичайних робочих процесів: квантова технологія буде фактично співпроцесором традиційної обчислювальної інфраструктури.

Після 2030 року інтенсивні дослідження, які проводяться приватними компаніями та державними установами, залишаться життєво важливими для покращення квантового апаратного забезпечення та створення більшої кількості складніших варіантів використання.

Шість ключових факторів, що впливають на досягнення квантових обчислень – фінансування, доступність, стандартизація, галузеві консорціуми, таланти та цифрова інфраструктура, визначать швидкість, з якою розвиватимуться квантові обчислення.

Фінансування. Державне фінансування досліджень квантових обчислень і надалі матиме вирішальне значення для академічної та стартап-екосистем. Але з комерціалізацією квантових

обчислень і перспективами використання в бізнесі буде потрібним подальший зсув балансу від державного фінансування до приватного, щоб ефективно стимулювати зростання в найбільш важливих для бізнесу сферах. Однак довгостроковий розвиток галузі залежить від постійного джерела фінансування.

Криза COVID-19 не послабила ентузіазму приватних інвесторів щодо галузі; у 2021 році було оголошено кілька великих інвестиційних раундів, включаючи 650 мільйонів доларів, 450 мільйонів доларів і 100 мільйонів доларів для трьох північноамериканських стартапів. Щоб краще підтримувати глобальну індустрію квантових обчислень, малим і середнім підприємствам за межами Сполучених Штатів знадобиться кращий доступ до приватних інвестицій. У той же час інвестори повинні розподілити своє фінансування між широким спектром підприємств квантових обчислень [10].

Доступність. Демократизований доступ до квантового обладнання може значно прискорити ідентифікацію та впровадження комерційно цінних випадків використання. Зробити квантове обладнання доступним, як хмарний сервіс за доступними цінами, буде ключовим завданням. Хоча хмарні послуги квантових обчислень вже існують, постачальникам необхідно збільшити апаратну потужність, щоб задовольнити зростаючий попит. Крім того, постачальники апаратного та програмного забезпечення повинні розробляти та пропагувати стандартизовану мову програмування з відкритим вихідним кодом, яка не залежить від апаратного забезпечення, щоб знизити бар'єр для розробників програмного забезпечення для прикладних квантових програм.

Стандартизація. Галузеві стандарти для таких елементів, як інтерфейси та мови програмування, будуть важливими для спрощення співпраці в рамках екосистеми квантових обчислень. Аналогічно, показники продуктивності для квантового обладнання необхідні для створення прозорості та впевненості для кінцевих користувачів. Початкові зусилля зі стандартизації були зосереджені на визначенні загальної термінології, показників ефективності та порівняльного аналізу. Тим не менш, бенчмаркінг інтенсивно обговорюється в галузі, тим більше, що продуктивність кожної квантової апаратної платформи все ще сильно залежить від конкретних показників. Хоча контрольні показники будуть важливими, щоб допомогти спрямувати інвестиції на перспективні рішення, все ще може бути надто рано впроваджувати стандартні показники ефективності для всієї галузі.

Співпраця та галузеві консорціуми. Щоб максимізувати темпи інновацій та створення цінності в галузі, гравцям потрібно знайти правильний баланс між співпрацею та конкуренцією. Консорціуми учасників з усієї квантової екосистеми, включаючи наукові кола, можуть служити форумами для стандартизації, визначення життєздатних випадків використання та використання квантових обчислень для вирішення глобальних проблем, таких як зміна клімату, одночасно просуваючи технології та розширюючи охоплення галузі. Промислові та академічні консорціуми вже сформувалися в Європі та Сполучених Штатах, але вони вимагають постійних зобов'язань від усіх учасників галузі, щоб ефективно просувати всю галузь вперед.

Таланти. Дефіцит талантів є основною проблемою в квантових обчисленнях. Компанії, що займаються квантовими обчисленнями, зараз набирають кандидатів із дослідницьким досвідом в сферах квантової фізики, інженерії та статистики, які вже користуються великим попитом. Короткострокова нестача кадрів може становити серйозний ризик, особливо для підприємств, що виходять на арену квантових обчислень, шукаючи відповідних фахівців. Прогнозується, що дефіцит кадрів буде вирішено лише після 2030 року без активних заходів щодо пом'якшення наслідків.

Керівники галузі повинні реагувати на наслідки цього дефіциту та співпрацювати з університетами через партнерство та фінансування, щоб заповнити деякі прогалини. Університети можуть також запровадити більше міждисциплінарних програм квантових обчислень і оновити свої програми STEM щоб задовольнити потребу в талантах у сфері квантових обчислень.

Цифрова інфраструктура. Усі випадки використання квантових обчислень вимагають машиночитаних вхідних даних, які легко доступні з центральних сховищ і цифрових та аналітичних робочих процесів, в які можна інтегрувати квантовий комп'ютер. Однак у багатьох галузях, які можуть отримати користь від квантових обчислень, все ще бракує базової цифрової інфраструктури. Підприємствам потрібно буде розвивати свої платформи даних, управління даними та конвеєри даних, щоб зробити правильні джерела даних доступними для квантових обчислень й інтегрувати результати у бізнес-процеси.

Керівники галузей з перспективними варіантами використання квантових обчислень повинні забезпечити наявність необхідної цифрової інфраструктури, коли квантове обладнання буде достатньо прогресувати, щоб уможливити галузеві варіанти використання. Тим часом постачальники квантового програмного забезпечення повинні вбудувати свої пропозиції щодо квантових обчислень у звичайні послуги оцифровки та допомогти користувачам налаштувати інтегровані бізнес-рішення, які використовують можливості квантових обчислень.

Учасники автомобільної галузі можуть зробити п'ять конкретних кроків, щоб підготуватися до переходу до квантових обчислень.

1. Слідкувати за розвитком індустрії та активно аналізувати випадки використання квантових обчислень із власною командою експертів із квантових обчислень, співпрацюючи з галузевими структурами або приєднуючись до консорціуму квантових обчислень.

2. Зрозуміти найбільш значущі ризики, загрози та можливості у своїй галузі.

3. Подумати, чи варто співпрацювати з гравцями квантових обчислень, переважно в сфері програмного забезпечення, чи інвестувати в них, щоб полегшити доступ до знань і талантів.

4. Подумати про власне залучення талантів у сфері квантових обчислень. Навіть невеликої команди до трьох експертів може бути достатньо, щоб допомогти організації вивчити можливі варіанти використання та переглянути потенційні стратегічні інвестиції в квантові обчислення.

5. Підготуватися шляхом створення цифрової інфраструктури, яка може задовольнити основні операційні вимоги квантових обчислень; зробити відповідні дані доступними в цифрових базах даних і налаштувати звичайні обчислювальні робочі процеси, щоб бути готовими до квантування, коли стане доступним більш потужне квантове обладнання.

Квантові обчислення можуть стимулювати створення додаткової вартості для різних галузей промисловості. Хоча технологія все ще знаходиться в стадії розробки, вона швидко розвивається. Через її потенціал лідери галузі повинні бути в курсі подій у сфері квантових обчислень і бути уважними до можливостей і загроз, які несе технологія.

В Україні сьогодні автовиробництво представлено незначними обсягами збирання транспортних засобів з імпортованих комплектуючих на 6 підприємствах і залишається осторонь глобальних процесів в галузі. Україна посідає останнє, 39-те місце, в рейтингу країн-автовиробників за кількістю вироблених автотранспортних засобів. Так, у 2021 році в Україні зібрали всього 8153 одиниці автотранспортних засобів, що на 65% більше, ніж у 2020 році. Зокрема, легкових автомобілів зібрали 7342 шт. (+75%), комерційних – 43 шт. (-16%), автобусів – 768 шт. (+10%) [11].

Однак зараз у України з'вилось «вікно можливостей» стати автомобільною державою. Війна, Covid та дефіцит напівпровідникових мікрочіпів змінили підхід автомобільних виробників до критеріїв розташування виробничих потужностей. Раніше компанії орієнтувалися, переважно, на дешеву робочу силу. Але виявилось, що сьогодні висока вартість логістики може нівелювати цю вигоду. До цього додається залежність від виробництва в інших країнах, яка може стати фатальною, коли це стосується тієї ж Росії.

За даними АСЕА, на сьогодні в Європі розташоване 301 підприємство автомобільної галузі. Ця цифра включає заводи із виробництва легкових автомобілів, легких комерційних автомобілів, великовантажних авто, автобусів, двигунів та акумуляторів. 194 із цих підприємств розташовані у 27 країнах-членах ЄС. Решта – в інших країнах, серед яких і Росія. У цій країні налічується 33 підприємства автомобільної галузі, серед яких 19 випускають легкові автомобілі, 10 – двигуни, 8 – вантажівки і 7 – автобуси. Звичайно, серед них багато суто російських автомобільних марок, продукція яких призначалася переважно для внутрішнього ринку. Але в Росії будували та відкривали свої заводи та виробничі лінії й всесвітньо відомі автовиробники. Зокрема Renault, Nissan, Volkswagen, Skoda, Ford, Mercedes-Benz, Stellantis (Peugeot, Opel, Citroen), Toyota, Mitsubishi, KIA/Hyundai, Volvo, Mazda, GM, BMW [12].

Нині багато автомобільних компаній пішли із Росії через її напад на Україну. Хто із автовиробників повернеться до Росії після війни – питання складне. І мова йде не лише про справедливі жорсткі санкції до країни-агресора. На сьогодні Росія – сумнівний партнер, якому ні в чому не можна довіряти і на якого не можна покладатися. Не кажучи вже про те, щоб будувати там великий і довгостроковий бізнес.

У той же час Україна із її прагненням до ЄС, – перспективний майданчик для розвитку автомобільного виробництва та комплектуючих для європейського ринку прямо на кордонах ЄС з

кваліфікованим і працелюбним персоналом. Така ситуація дає Україні шанси на власне автомобільне виробництво під егідою провідних світових виробників після переможного закінчення війни і сприяння з боку держави. Адже попит на автівки у країнах ЄС не лише щорічно зростає, але й підігривається попитом, відкладеним через дефіцит мікročіпів, а зараз ще й кризою, спровокованою війною в Україні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Burkacky, O., Mohr, N., Pautasso, L. (2020). Will quantum computing drive the automotive future? McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/will-quantum-computing-drive-the-automotive-future>
2. Official site of International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.oica.net/category/production-statistics/2021-statistics/>
3. Bird & Bird (2021). Quantum Computing in the Automotive Industry: Applications, Opportunities, Challenges and Legal Risks. [https://www.twobirds.com/-/media/pdfs/expertise/automotive/bird--bird--quantum-computing-in-the-automotive-industry-\(002\).pdf](https://www.twobirds.com/-/media/pdfs/expertise/automotive/bird--bird--quantum-computing-in-the-automotive-industry-(002).pdf)
4. Istvan Barabasi (2018). How to Compensate for Traffic Congestions in Big Cities by Optimizing the Path Vehicles Take. <http://csis.pace.edu/~ctappert/srd2018/2018PDF/a6.pdf>
5. Jamie Thomson, Isabell Page (2020). How quantum computing can drive an autonomous future. Messe Berlin GmbH. <https://www.intelligent-mobility-xperience.com/how-quantum-computing-can-drive-an-autonomous-future-a-987692/>
6. Akrouf, M. (2020). Will quantum computing be the next generation of automotive technology? Prescouter. <https://www.prescouter.com/2020/03/will-quantum-computing-be-the-next-generation-of-automotive-technology/>
7. Matteo Biondi, Anna Heid, Nicolaus Henke, Niko Mohr, Lorenzo Pautasso, Ivan Ostojic, Linde Wester, and Rodney Zimmel (2021). Quantum computing: An emerging ecosystem and industry use cases. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/quantum-computing-use-cases-are-getting-real-what-you-need-to-know>
8. Susan Lund, James Manyika, Jonathan Woetzel, Edward Barriball, Mekala Krishnan, Knut Aliche, Michael Birshan, Katy George, Sven Smit, Daniel Swan, and Kyle Hutzler (2020). Risk, resilience, and rebalancing in global value chains. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/risk-resilience-and-rebalancing-in-global-value-chains>
9. Juan Miguel Arrazola, Alain Delgado, Bhaskar Roy Bardhan, and Seth Lloyd (2020). “Quantum-inspired algorithms in practice. *Quantum*, Volume 4, pp. 307-31. <https://doi.org/10.22331/q-2020-08-13-307>
10. McKinsey & Company (2021). The Quantum Technology Monitor. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/the%20rise%20of%20quantum%20computing/quantum%20technology%20monitor/2021/mckinsey-quantum-technology-monitor-202109.pdf>
11. Офіційний сайт Асоціації українських автомобілевиробників «Укравтопром». [Електронний ресурс]. – URL: <https://ukrautoprom.com.ua/avtoprom-ukrayiny-pidbyv-pidsumky-za-2021-rik>
12. Official site of The European Automobile Manufacturers’ Association. [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-automobile-assembly-and-production-plants-in-europe/>

REFERENCES

1. Burkacky, O., Mohr, N., Pautasso, L. (2020). Will quantum computing drive the automotive future? McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/will-quantum-computing-drive-the-automotive-future>
2. Official site of International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.oica.net/category/production-statistics/2021-statistics/>
3. Bird & Bird (2021). Quantum Computing in the Automotive Industry: Applications, Opportunities, Challenges and Legal Risks. [https://www.twobirds.com/-/media/pdfs/expertise/automotive/bird--bird--quantum-computing-in-the-automotive-industry-\(002\).pdf](https://www.twobirds.com/-/media/pdfs/expertise/automotive/bird--bird--quantum-computing-in-the-automotive-industry-(002).pdf)
4. Istvan Barabasi (2018). How to Compensate for Traffic Congestions in Big Cities by Optimizing the Path Vehicles Take. <http://csis.pace.edu/~ctappert/srd2018/2018PDF/a6.pdf>

5. Jamie Thomson, Isabell Page (2020). How quantum computing can drive an autonomous future. Messe Berlin GmbH. <https://www.intelligent-mobility-xperience.com/how-quantum-computing-can-drive-an-autonomous-future-a-987692/>
6. Akrouf, M. (2020). Will quantum computing be the next generation of automotive technology? Prescouter. <https://www.prescouter.com/2020/03/will-quantum-computing-be-the-next-generation-of-automotive-technology/>
7. Matteo Biondi, Anna Heid, Nicolaus Henke, Niko Mohr, Lorenzo Pautasso, Ivan Ostojic, Linde Wester, and Rodney Zempel (2021). Quantum computing: An emerging ecosystem and industry use cases. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/quantum-computing-use-cases-are-getting-real-what-you-need-to-know>
8. Susan Lund, James Manyika, Jonathan Woetzel, Edward Barriball, Mekala Krishnan, Knut Alicke, Michael Birshan, Katy George, Sven Smit, Daniel Swan, and Kyle Hutzler (2020). Risk, resilience, and rebalancing in global value chains. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/risk-resilience-and-rebalancing-in-global-value-chains>
9. Juan Miguel Arrazola, Alain Delgado, Bhaskar Roy Bardhan, and Seth Lloyd (2020). “Quantum-inspired algorithms in practice. Quantum, Volume 4, pp. 307-31. <https://doi.org/10.22331/q-2020-08-13-307>
10. McKinsey & Company (2021). The Quantum Technology Monitor. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/the%20rise%20of%20quantum%20computing/quantum%20technology%20monitor/2021/mckinsey-quantum-technology-monitor-202109.pdf>
11. Ofitsiinyi sait Asotsiatsii ukrainykykh avtomobilevyrobnykiv «Ukravtoprom» [Official site of the Association of Ukrainian Automobile Manufacturers "Ukravtoprom"] – URL: <https://ukrautoprom.com.ua/avtoprom-ukrayiny-pidbyv-pidsumky-za-2021-rik> [in Ukrainian].
12. Official site of the European Automobile Manufacturers’ Association. [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-automobile-assembly-and-production-plants-in-europe/>

РЕФЕРАТ

Червякова В.В. Потенціал створення доданої вартості в автомобільній галузі на основі квантових обчислень / В.В. Червякова, Т.І. Червякова // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 4 (54).

Стаття присвячена дослідженню тенденцій, переваг, ризиків та вартісного потенціалу використання квантових обчислень в автомобільній галузі.

Об’єкт дослідження – вартісний потенціал квантових обчислень в автомобільній галузі.

Мета роботи – проаналізувати переваги, ризики та ціннісний потенціал квантових обчислень для автомобільної промисловості.

Методи дослідження – аналіз, синтез, узагальнення, систематизація, графічні.

У статті досліджено статистику щодо обсягів виробництва автотранспортних засобів у світі та в Україні. Проаналізовано дії гравців автомобільної промисловості щодо вивчення можливостей квантових обчислень і варіантів їх використання. Визначено ключові сфери застосування квантових обчислень в автомобільній галузі. Встановлено, що вартісний потенціал використання квантових обчислень в автомобільному секторі полягає в дослідженнях і розробках, дизайні продукції, управлінні ланцюжками поставок, виробництві, а також управлінні мобільністю і трафіком. Визначено шість ключових факторів, що визначають швидкість впровадження та ефективність використання квантових обчислень: фінансування, доступність, стандартизація, створення галузевих консорціумів, пошук талантів та цифрова інфраструктура. Запропоновано заходи для учасників автомобільної галузі щодо переходу до квантових обчислень. Розглянуто перспективи відродження автомобільної галузі в Україні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВАРТІСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ, АВТОМОБІЛЬНА ГАЛУЗЬ, КВАНТОВІ ОБЧИСЛЕННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

Chervyakova V.V., Chervyakova T.I. The potential for creating added value in the automotive industry based on quantum computing. Visnyk National Transport University. Series «Economic sciences». Scientific journal. – Kyiv: NTU, 2022. – Issue 4 (54).

The article is devoted to the study of trends, benefits, risks and value potential of using quantum computing in the automotive industry.

Object of study – the value potential of quantum computing in the automotive industry.

Purpose – to analyze the benefits, risks and value potential of quantum computing for the automotive industry.

Methods of research – analysis, synthesis, generalization, systematization, graphic.

The article examines statistics on the volume of motor vehicle production in the world and Ukraine. The actions of the players in the automotive industry regarding the study of the possibilities of quantum computing and its use cases were analyzed. Key areas of application of quantum computing in the automotive industry were determined. The value potential of using quantum computing in the automotive sector has been found in research and development, product design, supply chain management, manufacturing, and mobility and traffic management. Six key factors determining the speed of adoption and efficiency of quantum computing were identified: funding, affordability, standardization, industry consortia, talent acquisition, and digital infrastructure. Measures for participants in the automotive industry regarding the transition to quantum computing were proposed. The prospects for the revival of the automotive industry in Ukraine were considered.

KEY WORDS: VALUE POTENTIAL, AUTOMOTIVE INDUSTRY, QUANTUM COMPUTING, OPTIMIZATION.

АВТОРИ

Червякова Валентина Володимирівна, кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, Національний транспортний університет, e-mail: ChervyakovaV@gmail.com, тел.: +380679571074, <https://orcid.org/0000-0003-3568-3836>.

Червякова Тетяна Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки, Національний транспортний університет, e-mail: cherti2015@gmail.com, тел.: +380674450896, <https://orcid.org/0000-0002-3672-9173>.

AUTHORS

Cherviakova Valentina V., Ph.D., Associate Professor, Department of Economics, National Transport University, e-mail: ChervyakovaV@gmail.com, tel.: +380679571074, <https://orcid.org/0000-0003-3568-3836>.

Cherviakova Tatiana I., Ph.D., Associate Professor, Department of informational-analytical activity and information security, National Transport University, e-mail: cherti2015@gmail.com, tel.: +380674450896, <https://orcid.org/0000-0002-3672-9173>.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Воркут Т.А., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортного права та логістики Національного транспортного університету, м. Київ, Україна.

Бондаренко Є.В., доктор економічних наук, професор, Президент академії інвестицій в науку і будівництво України, м. Київ, Україна.

REVIEWERS:

Vorkut T.A., PhD, Professor, Head of Department of Logistics and Transport Law, National Transport University, Kyiv, Ukraine.

Bondarenko E.V., PhD, Professor, President of the Academy of investment in science and construction of Ukraine, Kyiv, Ukraine.