

УДК 004.75

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2026.3.1/42>**Юрченко В.А.**<https://orcid.org/0009-0001-2780-395X>

Харківський національний університет радіоелектроніки

Єрьоміна Н.С.<https://orcid.org/0000-0002-0463-2342>

Харківський національний університет радіоелектроніки

Близниченко О.М.<https://orcid.org/0009-0000-1654-1598>

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

АРХІТЕКТУРА БЛОКЧЕЙНУ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ У СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

У статті розглянуто блокчейн-архітектури та консенсусні алгоритми, що лежать в основі сучасних децентралізованих інформаційних систем, а також особливості їх застосування у різних галузях діяльності. Основну увагу приділено класифікації блокчейн-систем за типами (публічні, приватні та консорціумні) та аналізу їх впливу на ефективність, безпеку й масштабованість систем. Досліджено принципи функціонування основних механізмів консенсусу, зокрема Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS) та Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), а також їх характеристики з точки зору швидкості обробки транзакцій, енергоефективності та стійкості до атак. Проведено порівняльний аналіз зазначених підходів, що дозволяє визначити їх доцільність використання залежно від вимог до системи. Розглянуто вплив вибору архітектури та консенсусного механізму на продуктивність інформаційних систем і здатність працювати в умовах високого навантаження. Окрему увагу приділено практичним аспектам застосування блокчейн-технологій у фінансових системах, системах управління даними та державних сервісах. У роботі використано методи порівняльного аналізу та моделювання для оцінки ефективності різних підходів. На основі отриманих результатів сформульовано рекомендації щодо вибору оптимальної архітектури та консенсусного алгоритму залежно від вимог до безпеки, швидкості обробки даних і рівня децентралізації. Отримані результати підтверджують, що раціональний вибір блокчейн-архітектури та механізму консенсусу дозволяє суттєво підвищити продуктивність систем при збереженні високого рівня захисту даних і адаптивності до різних умов застосування. Додатково підкреслюється, що комплексний підхід до аналізу архітектурних рішень і механізмів консенсусу сприяє більш обґрунтованому впровадженню блокчейн-технологій у практичних системах, враховуючи їхні функціональні та експлуатаційні особливості.

Ключові слова: блокчейн, архітектура, децентралізація, консенсусні алгоритми, Proof of Work, Proof of Stake, PBFT, масштабованість, продуктивність, цифрова економіка.

Постановка проблеми. Блокчейн-технології активно впроваджуються у різних галузях, зокрема у фінансових системах, електронній комерції, державному управлінні та Інтернеті речей. Водночас відсутність універсального підходу до вибору архітектури та механізму консенсусу ускладнює ефективне впровадження цих технологій. Різні типи блокчейн-архітектур і алгоритмів консенсусу мають суттєві відмінності за рівнем безпеки, продуктивності, енергоефективності та масштабованості, що створює проблему

вибору оптимального рішення для конкретних умов використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні та практичні аспекти блокчейн-технологій досліджували Д. Яга та ін. [1], З. Ченг та ін. [2], а також Г.-Т. Нгуен і К. Кім. [3]. У цих працях розглянуто архітектуру блокчейн-систем, структуру блоків і принципи організації розподілених реєстрів, а також основні консенсусні алгоритми, зокрема PoW, PoS і PBFT, та їх вплив на безпеку і продуктивність систем.

© Юрченко В.А., Єрьоміна Н.С., Близниченко О.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0



Питання практичного застосування блокчейн-технологій у бізнесі та системах Інтернету речей висвітлено в матеріалах IBM [4] і Deloitte [5], де показано потенціал підвищення прозорості та ефективності обробки даних. Перспективи розвитку блокчейну, зокрема інтеграцію зі штучним інтелектом і розширення сфер застосування, розглянуто в працях М. Сван [6], М. Кросбі та ін. [7], а також М. Ан та ін. [8].

Разом із тим, питання комплексного вибору оптимальної архітектури та консенсусного механізму з урахуванням вимог до продуктивності та безпеки залишаються недостатньо дослідженими.

Постановка завдання. Метою статті є підвищення ефективності та надійності інформаційних систем шляхом дослідження основних типів блокчейн-архітектур і консенсусних алгоритмів, а також розробка практичних рекомендацій щодо їх вибору залежно від вимог до масштабованості, безпеки та швидкості обробки даних.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: класифікувати блокчейн-архітектури за основними типами; проаналізувати принципи роботи ключових консенсусних алгоритмів; оцінити їх переваги та недоліки в різних умовах застосування; визначити вплив вибору архітектури та консенсусу на продуктивність систем; сформулювати рекомендації щодо оптимального використання блокчейн-технологій.

Виклад основного матеріалу. Для початку потрібно визначитися, що таке блокчейн, і для чого він потрібен. Блокчейни – це цифрові реєстри, захищені від підробки та взлому. Вони реалізовані в розподіленому форматі, тобто без центрального сховища або керівного органу, як-от банк, компанія чи уряд. Ці системи блокчейни дозволяють спільноті користувачів записувати транзакції в спільний реєстр, причому в нормальних умовах роботи блокчейн-мережі жодна транзакція не може бути змінена після публікації.

Основні ідеї, що лежать в основі блокчейн-технології, з'явилися наприкінці 1980-х і на початку 1990-х років. У 1989 році Леслі Лампорт розробив протокол Paxos і в 1990 році подав статтю "Парламент на неповний робочий день" до журналу ACM Transactions on Computer Systems. Ця стаття була опублікована в 1998 році. У праці Яга Д., Мелл П., Робі Н., Скарфон К. [1] описується модель консенсусу для досягнення згоди в мережі комп'ютерів, де самі комп'ютери або мережа можуть бути ненадійними. У 1991 році підписаний ланцюг інформації використовувався як електронний реєстр для цифрового підпису документів таким чином,

що можна було легко перевірити, чи жоден із підписаних документів не був змінений.

Блокчейн потрібен для забезпечення прозорого, безпечного та децентралізованого (де управління та прийняття рішень не зосереджені в одній організації, а рівномірно розподілені між учасниками мережі) способу зберігання та передачі даних. Основні його переваги:

- дані в блокчейні неможливо змінити без згоди учасників мережі, що захищає від підробок і зломів;

- усі учасники мають доступ до історії транзакцій, що підвищує довіру;

- відсутність центрального контролюючого органу;

- використання смарт-контрактів дозволяє автоматично виконувати угоди без посередників.

Блокчейн застосовується в фінансах, логістиці, охороні здоров'я, управлінні ланцюгами поставок, для цифрових валют (криптовалют) та у багатьох інших сферах.

Блокчейн-технології можна поділити на три основні типи: публічні, консорціумні та приватні. Кожен з них має свої особливості у контексті управління, безпеки, ефективності та рівня централізації. Публічні блокчейни, такі як Bitcoin чи Ethereum, доступні для будь-кого, тоді як консорціумні та приватні створені для використання певними організаціями або групами. У таблиці 1 порівнюються ключові властивості цих типів, щоб показати їхні переваги та обмеження.

Проаналізувавши таблицю Ченг З., Ксі С., Даі Х. -Н., Чен Х., Ванг Х. [2], можна зрозуміти, що різні типи блокчейнів задовольняють різні потреби користувачів і організацій. Публічні забезпечують високий рівень децентралізації та захисту від змін, проте страждають від низької ефективності. Консорціумні пропонують баланс між відкритістю та ефективністю, підходячи для співпраці між організаціями. Приватні мають найвищу ефективність, але менш децентралізовані та можуть бути змінені організацією, що ними керує. Вибір типу блокчейну залежить від конкретних вимог проекту, зокрема рівня безпеки, прозорості та швидкості операцій.

У сучасних блокчейн-технологіях використовуються різні типи консенсусних алгоритмів, які визначають, як мережа досягає згоди щодо правильності транзакцій. Основні типи цих алгоритмів – це алгоритми, що базуються на голосуванні, та доказові алгоритми. Алгоритм на основі голосування (наприклад, PBFT – Practical Byzantine Fault Tolerance) працюють на основі голосування між вузлами (нодами)

Порівняння типів блокчейну

Властивість	Публічний блокчейн	Консорціумний блокчейн	Приватний блокчейн
Визначення консенсусу	Усі майнери	Відібраний набір вузлів	Одна організація
Дозвіл на читання	Публічний	Може бути публічним або обмеженим	Може бути публічним або обмеженим
Незмінність	Майже неможливо змінити	Може бути змінено	Може бути змінено
Ефективність	Низька	Висока	Висока
Централізованість	Ні	Часткова	Так
Процес консенсусу	Без дозволу	З дозволом	З дозволом

мережі. Ноди – це окремі комп'ютери чи пристрої, які зберігають копію блокчейну та беруть участь у процесі підтвердження транзакцій. Кожен вузол в мережі має право голосу, і рішення ухвалюється більшістю. Такий підхід підходить для приватних або консорціумних, де кількість учасників обмежена, а ідентичність вузлів відома та управляється. Доказові алгоритми (як-от PoW – Proof of Work або PoS – Proof of Stake) працюють на основі доказу, який вузли мають надати, щоб підтвердити свою участь у процесі. Наприклад, в PoW, вузли повинні розв'язувати складні криптографічні задачі, щоб довести свої обчислювальні потужності. Це підходить для публічних блокчейнів, де будь-хто може приєднатися до мережі.

Алгоритм Proof of Work є одним із найстаріших і найбільш відомих методів досягнення консенсусу в блокчейнах, зокрема в таких системах, як Bitcoin. У PoW кожен вузол повинен розв'язати складну криптографічну задачу, яка потребує значних обчислювальних ресурсів. Ці задачі передбачають пошук значення, яке відповідає певним умовам хешування, що є енергозатратним і вимагає значної обчислювальної потужності. Як тільки вузол знаходить правильне рішення, воно транслюється до мережі, і решта вузлів можуть швидко перевірити його правильність. Після цього новий блок додається до ланцюжка, а вузол, який знайшов рішення, отримує нагороду у вигляді криптовалюти. Основні характеристики PoW:

- для вирішення завдань потрібна велика кількість електроенергії;
- чим більше обчислювальної потужності, тим важче здійснити атаку на мережу;
- вузли отримують винагороду за підтвердження транзакцій.

Алгоритм Proof of Stake є альтернативою PoW, яка націлена на зменшення енергоспоживання та підвищення ефективності. У PoS вузли (стейкери) підтверджують транзакції та створюють нові блоки на основі кількості криптовалюти, яку

вони "заставляють" у мережі. Чим більше монет вузол має у своєму розпорядженні, тим більша ймовірність того, що саме він зможе створити новий блок і отримати нагороду. Основні характеристики PoS:

- на відміну від PoW, тут не потрібно витратити багато електроенергії на обчислення;
- ймовірність створення блоку залежить від кількості монет, які вузол тримає на своєму рахунку;

– оскільки вузли вкладають свої кошти у мережу, вони мають економічну мотивацію підтримувати її безпеку та не вчиняти шахрайські дії.

PBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance) є алгоритмом, який розроблено для забезпечення ефективної роботи розподілених систем у випадку наявності недобросовісних або несправних вузлів. Заснований на класичній проблемі візантійських генералів, що полягає в досягненні згоди між учасниками мережі навіть за умови, що деякі з них можуть діяти неправильно або зловмисно. Основні характеристики PBFT:

- кожен вузол у системі обмінюється повідомленнями з іншими вузлами для того, щоб узгодити загальний стан системи. Для досягнення консенсусу потрібно, щоб більшість (дві третини) вузлів погодилися на одне рішення, що робить систему стійкою до збоїв;

– PBFT ефективний для мереж із відносно невеликою кількістю учасників (десятки або сотні вузлів), тому що кожен вузол повинен спілкуватися з усіма іншими вузлами, що призводить до зростання кількості повідомлень у геометричній прогресії з ростом кількості учасників;

– у PBFT усі вузли ідентифікуються і мають відомих учасників, на відміну від PoW чи PoS, де вузли можуть бути анонімними, що дозволяє мережі точніше управляти процесом і виявляти зловмисні дії;

– оскільки PBFT вимагає голосування між обмеженою кількістю вузлів, він зазвичай засто-

совується в приватних або консорціумних блокчейнах, де контроль залишається в руках певної групи організацій;

– вузли в PBFT не отримують нагороди за участь у процесі консенсусу, оскільки це зазвичай реалізовано в приватних мережах, де учасники є довіреними сторонами.

Нижче наведена таблиця 2 з дослідження Нгуєн Г.-Т., Кім К. [3], яка порівнює голосувальні та доказові алгоритми за низкою критеріїв, що дозволяє краще зрозуміти їхні переваги та недоліки.

Наступним логічним кроком аналізу є практичне порівняння різних наборів алгоритмів та архітектур. Запуск реальних тестових блокчейн систем не є розумним рішенням, адже їхня перевірка, а також виділення ресурсів не є можливим в ході створення статті. Тому було вирішено симулювати роботу за допомогою алгоритмів на мові програмування Python. Було вирішено прослід-

кувати за TPS (кількість транзакцій за секунду) для різних консенсусних алгоритмів (PoW, PoS, PBFT). У блокчейні з алгоритмом консенсусу Proof of Work кількість транзакцій, які можна обробити за певний час, залежить від того, скільки часу потрібно для створення одного блоку. Алгоритм PoS також враховує час створення блоку, подібно до PoW, але в системах із PoS кількість вузлів зазвичай є меншою, і комунікація відбувається між довіреними вузлами. Розрахунок PBFT враховує додатковий час, необхідний для комунікації між вузлами. В PBFT кожен вузол повинен обмінюватися інформацією з іншими для досягнення консенсусу, що збільшує загальний час.

Отже, на виході маємо графік із результатами, що зображений на рисунку 1.

Можна побачити, що PoW та PoS мають схожі показники TPS, оскільки обидва алгоритми працюють на основі обробки транзакцій

Таблиця 2

Порівняння консенсусних алгоритмів

Критерій	Алгоритм на основі голосування	Доказовий алгоритм (PoW, PoS)
Основи прийняття рішень	Більшість рішень вузлів	Вузли, що виконали достатній доказ (PoW, PoS)
Вузли можуть приєднуватися вільно	Ні	Переважно так
Кількість вузлів, що виконують	Обмежена	Переважно необмежена
Децентралізація	Низька	Переважно висока
Довіра	Менш надійна	Більш надійна
Ідентичність вузлів управляється	Так	Ні
Загроза безпеці	Менш серйозна	Більш серйозна
Нагорода	Переважно немає	Є

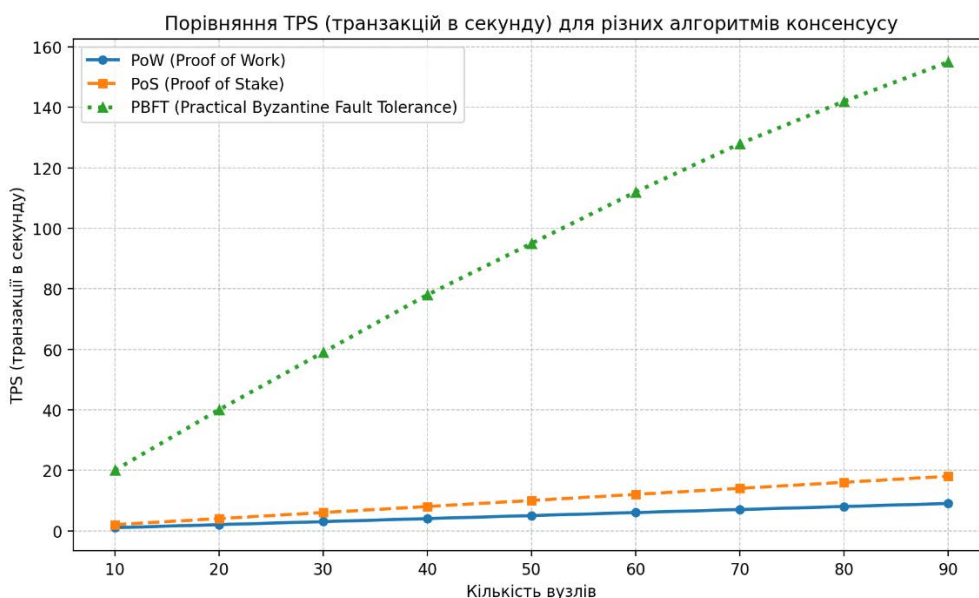


Рис. 1. Результати симуляції роботи PoW, PoS, PBFT

через визначений механізм консенсусу, який має схожу структуру. У PoW вузли виконують обчислювальні задачі для підтвердження транзакцій, а в PoS – вузли, що володіють певною кількістю монет, беруть участь у підтвердженні транзакцій. Обидва ці механізми потребують певного часу для обробки транзакцій, і їх ефективність залежить від кількості вузлів та необхідного часу для формування блоку. Тому показники TPS у цих алгоритмах зазвичай мають схожий рівень, а PBFT – значно вищі. Також, видно, що чим більше вузлів, тим вищі показники TPS. Водночас, алгоритм PBFT демонструє значно вищі показники TPS (на 700-1500% вище за PoS/PoW залежно від кількості вузлів) завдяки оптимізації процесу обробки транзакцій, що підтверджує його ефективність для приватних корпоративних мереж. PBFT працює в більш контрольованому середовищі з обмеженою кількістю вузлів, що дозволяє йому значно швидше досягати консенсусу між вузлами, не потребуючи складних обчислень (як у PoW) чи великих фінансових вкладень (як у PoS). Час, витрачений на комунікацію між вузлами, є основним фактором, який може знизити загальну ефективність.

Тепер, проаналізувавши та порівнявши всі архітектури та алгоритми, можна розібрати приклади їх використання у різних сферах. У 2024 році найголовнішою сферою використання блокчейну залишається криптовалюта, зокрема Bitcoin, Ethereum та інші цифрові валюти. Завдяки своїй дистрибутивній природі, блокчейн дозволяє створювати безпечні, прозорі та анонімні системи для фінансових операцій, що робить їх популярними серед користувачів по всьому світу. Криптовалюти на основі блокчейну дозволяють здійснювати миттєві транзакції без посередників, що знижує витрати і спрощує фінансові операції.

Окрім фінансових операцій, блокчейн також знаходить застосування в інших сферах. Наприклад, IBM займається трьома проектами - IBM Sterling Transparent Supply, IBM Food Trust, Hyperledger Fabric Support Edition. IBM Sterling Transparent Supply забезпечує повну відстежуваність товарів у ланцюгах поставок, використовуючи блокчейн для забезпечення прозорості та мінімізації шахрайства. IBM Food Trust зосереджений на підвищенні безпеки та прозорості в ланцюгах постачання продуктів харчування, дозволяючи відстежувати походження продукції та гарантувати її якість. IBM [4] пропонує підтримку для створення корпоративних блокчейн-мереж з модулярною архітектурою, що дозволяє

бізнесам налаштовувати консенсусні механізми та рівні доступу до даних, забезпечуючи високу конфіденційність і гнучкість у використанні технології блокчейн для різних галузей.

До того ж, можна додати проєкт Deloitte [5], що використовує передові технології для підтримки інноваційних рішень у сфері водоочистки (wastewater treatment). У поєднанні з блокчейн-технологією LinuxONE дозволяє створити ефективні та безпечні архітектури для обробки, зберігання та обміну даними, що виникають в процесах очищення стічних вод.

Щодо фінансів, використовуючи блокчейн, можна створювати кредитні договори без участі традиційних банків. Користувачі можуть позичати або отримувати кредити на основі смарт-контрактів, де умови виконуються автоматично при досягненні зазначених параметрів (наприклад, надана застава або досягнутий ліміт). Це дозволяє значно знизити витрати на обробку транзакцій і скоротити час на перевірку кредитоспроможності. До того ж, Блокчейн дозволяє створювати біржі, де користувачі можуть обмінювати валюту або активи без участі центральної організації. Наприклад, Сван М. [6] описує, що Uniswap та інші DEX-платформи використовують смарт-контракти для автоматичного виконання угод без необхідності довіряти брокерам або іншим посередникам. Це забезпечує більшу прозорість і контроль за транзакціями з боку користувачів.

Повертаючись до прикладів не пов'язаних з фінансами, можна згадати про відслідковування продуктів харчування. Завдяки блокчейну кожен етап постачання продуктів, від виробника до споживача, може бути записаний в незмінний реєстр. Кожен учасник ланцюга (виробник, постачальник, дистриб'ютор, роздрібний продавець) додає дані про товар у блокчейн. Це забезпечує максимальну прозорість і дозволяє відслідковувати будь-які зміни в ланцюгу постачання. Як зазначають у своїй праці Кросбі М., Паттанаяк П., Верма С., Калянараман В. [7], можна точно дізнатися, де знаходиться товар, коли він був виготовлений і коли доставлений, а також перевірити, чи дотримувалися умови зберігання та транспортування. Прозорість і боротьба з підробками: для харчових продуктів або ліків, це особливо важливо, оскільки можна гарантувати, що продукти не були підроблені на будь-якому етапі їх виробництва або доставки. Блокчейн дає змогу споживачам, урядам та контрольним органам перевіряти автентичність продуктів, що запобігає шахрайству і покращує безпеку товарів.

До того ж, слід згадати і ШІ, який почав неймовірно стрімко розвиватися з 2022 року. Використання поєднаних технологій штучного інтелекту та блокчейну, за даними Ан М. та ін. [8], знаходиться на початковому етапі досліджень, однак, враховуючи застосування методів підкріплювального навчання для оптимізації роботи блокчейну, можна очікувати, що ШІ зможе сприяти розвитку цієї технології. Смарт-контракти, з точки зору правових аспектів блокчейну, є не лише “розумними контрактами”, оскільки їхня суть полягає в досягненні угоди через транзакцію. Технології ШІ можуть допомогти створювати інтелектуальні прогностичні механізми, що робить ці контракти більш ефективними та адаптованими до різних умов.

Надалі, є сенс навести можливі приклади та описати можливі архітектури блокчейну.

Земельний кадастр та аграрний сектор:

– Сфера: Реєстрація та торгівля земельними ділянками.

– Консенсус: Proof of Stake,

– Архітектура: Використання публічного блокчейну для реєстрації прав власності на землю та торгівлі земельними ділянками. Поєднання PoS для швидкого і надійного підтвердження операцій із землею та традиційної бази даних для зберігання державних реєстрів.

– Приклад застосування: Український Державний земельний кадастр може використовувати PoS для реєстрації прав власності на землю, щоб фіксувати зміни власників у блокчейні. Це забезпечить швидкий доступ до інформації про земельні угіддя та дозволить уникнути маніпуляцій.

– Перевага: Низькі енергетичні витрати на підтримку мережі та висока безпека завдяки блокчейну. Вибірчі системи (E-voting):

– Сфера: Електронні вибори, голосування.

– Консенсус: PoW для децентралізованих виборчих платформ, PoS для управління голосами.

– Архітектура: Використання PoW для фіксації кожного голосу в публічному блокчейні, що гарантує незмінність голосів. PoS може використовуватися для перевірки та підрахунку голосів у децентралізованій системі.

– Приклад застосування: застосування PoS для електронного голосування на державних виборах, де кожен голос буде підтверджуватися через блокчейн для забезпечення його незмінності.

– Перевага: Гарантована прозорість процесу голосування та неможливість фальсифікації результатів.

"Дія" – Електронне урядування:

– Сфера: Електронні вибори, голосування.

– Консенсус: PBFT приватний блокчейн з обмеженим доступом і стійкістю до зловмисних вузлів.

– Архітектура: Гібридна, з розподіленим приватним блокчейном для державних транзакцій і централізованою базою даних для масивів персональних даних громадян.

– Приклад застосування: Видання електронного документа (права на автомобіль), транзакція підтверджується через блокчейн, зберігається у базі даних "Дія".

– Перевага: Забезпечення незмінності даних, Прозорість і аудит, Безпека, Інтероперабельність.

Також, блокчейн можна інтегрувати у ProzoGo (система публічних закупівель), реєстр нерухомості, енергетичні платформи (Green Energy та децентралізована енергетика), логістика та відстеження вантажів (Tracking & Shipping), мікрофінансування (P2P-платформи кредитування), використовуючи різні архітектури та алгоритми.

Висновки. У процесі аналізу блокчейн-технологій було розглянуто основні принципи їх функціонування, різноманітні типи алгоритмів консенсусу, а також їх вплив на ефективність та безпеку децентралізованих систем. Дослідження показало, що технологія блокчейн не лише змінила підходи до управління цифровими валютами, а й стала основою для розвитку різноманітних інновацій у багатьох галузях, таких як фінанси, логістика, охорона здоров'я та управління ланцюгами постачання.

Основними результатами дослідження є:

– визначено, що алгоритми Proof of Work (PoW) та Proof of Stake (PoS) мають схожі показники TPS, але значно відрізняються за рівнем децентралізації та ефективності. Водночас, алгоритм PBFT демонструє значно вищі показники TPS завдяки оптимізації процесу обробки транзакцій;

– розглянуто приклади використання блокчейну в різних сферах (криптовалюти, управління ланцюгами постачання, IoT) підтверджують його потенціал як інструменту для підвищення прозорості, безпеки та ефективності. Зокрема, використання блокчейн-технології в управлінні ланцюгами постачання та відслідковуванні продуктів харчування дозволяє значно знизити ризик підробок і покращити управлінські процеси;

– оцінка різних підходів до забезпечення консенсусу та безпеки в блокчейн-системах дозволяє сформулювати рекомендації для вибору оптимального алгоритму в залежності від специфіки використання. Також введено нові ідеї щодо розвитку блокчейн-рішень в контексті масштабованості та інтеграції з іншими технологіями, такими як Інтернет речей (IoT).

Отже, результатами цього дослідження є не лише теоретичні висновки, а й практичні рекомендації, які можуть бути використані для впровадження блокчейн-технологій у різних галузях.

Список літератури:

1. Yaga D., Mell P., Roby N., Scarfone K. Blockchain Technology Overview. *National Institute of Standards and Technology*, 2018. 68 p. DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202> (дата звернення: 18.10.2024).
2. Zheng Z., Xie S., Dai H.-N., Chen X., Wang H. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress). IEEE, 2017. P. 557–564. DOI: <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85> (дата звернення: 18.10.2024).
3. Nguyen G.-T., Kim K. A Survey about Consensus Algorithms Used in Blockchain. *Journal of Information Processing Systems*, 2018. Vol. 14, no. 1. P. 101–128. DOI: <https://doi.org/10.3745/JIPS.01.0024> (дата звернення: 19.10.2024).
4. IBM Blockchain – Enterprise Blockchain Solutions & Services. IBM. URL: <https://www.ibm.com/blockchain> (дата звернення: 20.10.2024).
5. Deloitte. Blockchain and the IoT. Deloitte Insights, 2020. 18 p.
6. Swan M. Blockchain: Blueprint for a New Economy. O'Reilly Media, 2018. 149 p.
7. Crosby M., Pattanayak P., Verma S., Kalyanaraman V. Blockchain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2016. No. 2. P. 71.
8. An M. та ін. Blockchain Technology Research and Application: A Literature Review and Future Trends. *Journal of Data Science and Intelligent Systems*, 2023. P. 1–12.

Yurchenko V.A., Yeromina N.S., Blyznychenko O.M. BLOCKCHAIN ARCHITECTURE AND ITS APPLICATION IN MODERN INFORMATION SYSTEMS

The article examines blockchain architectures and consensus algorithms that form the basis of modern decentralized information systems, as well as the features of their application in various fields. Particular attention is paid to the classification of blockchain systems by type (public, private, and consortium) and to the analysis of their impact on system efficiency, security, and scalability. The principles of operation of the main consensus mechanisms are studied, including Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), and Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), along with their characteristics in terms of transaction processing speed, energy efficiency, and resistance to attacks. A comparative analysis of these approaches is conducted, which makes it possible to determine their suitability depending on system requirements. The influence of architectural choices and consensus mechanisms on the performance of information systems and their ability to operate under high load conditions is considered. Special attention is given to practical aspects of blockchain technology implementation in financial systems, data management systems, and government services. The study employs comparative analysis and modeling methods to evaluate the effectiveness of different approaches. Based on the obtained results, recommendations are formulated for selecting the optimal architecture and consensus algorithm depending on security requirements, data processing speed, and the level of decentralization. The results confirm that a rational choice of blockchain architecture and consensus mechanism significantly improves system performance while maintaining a high level of data security and adaptability to various application conditions. Additionally, it is emphasized that a comprehensive approach to the analysis of architectural solutions and consensus mechanisms contributes to a more justified implementation of blockchain technologies in practical systems, taking into account their functional and operational characteristics.

Keywords: blockchain, architecture, decentralization, consensus algorithms, Proof of Work, Proof of Stake, PBFT, scalability, performance, digital economy.

Дата першого надходження статті до видання: 23.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 19.05.2026