

# ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ (DIGITAL TWINS) У ПРОЄКТУВАННІ ТА ТЕСТУВАННІ ІТ-СИСТЕМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У статті розглянуто концепцію цифрових двійників та їх застосування в проєктуванні і тестуванні ІТ-систем у реальному часі. Описано принципи побудови цифрового двійника, технічні підходи до реалізації та потенційні сфери використання, зокрема в кібербезпеці, хмарних технологіях і Інтернеті речей (IoT). Проаналізовано переваги впровадження цифрових двійників, а також виклики, пов'язані з їх інтеграцією в ІТ-інфраструктуру.

**Ключові слова:** цифрові двійники, інформаційні технології, системне моделювання, тестування в реальному часі, IoT, кібербезпека.

## Abstract

This article explores the concept of digital twins and their application in designing and testing IT systems in real time. It describes the principles of digital twin creation, technical implementation approaches, and potential use cases, particularly in cybersecurity, cloud technologies, and the Internet of Things (IoT). The advantages of digital twin implementation and the challenges of integrating them into IT infrastructures are analyzed.

**Keywords:** digital twins, information technology, system modeling, real-time testing, IoT, cybersecurity.

## Вступ

У сучасному світі цифрові двійники (Digital Twins) стають одним з ключових інструментів в інформаційних технологіях (ІТ) та комп'ютерній інженерії. Завдяки швидкому розвитку цифрового моделювання та обчислювальних можливостей, стало можливим створювати точні віртуальні копії фізичних об'єктів, процесів або систем, які працюють синхронно з реальними прототипами. Хоча спочатку концепція цифрових двійників виникла в промисловості для оптимізації виробництва, сьогодні вона успішно застосовується й у сфері ІТ — зокрема в проєктуванні, симуляції та тестуванні складних інформаційних систем в режимі реального часу. Це відкриває нові горизонти для підвищення надійності, безпеки та продуктивності ІТ-інфраструктур.

## Сутність та архітектура цифрових двійників

Цифровий двійник — це віртуальна копія фізичної системи в реальному часі. У контексті ІТ це означає динамічну модель усієї інфраструктури — серверів, мереж, застосунків, навантажень і навіть взаємодії користувачів. Вона безперервно відображає стан середовища, що значно спрощує моніторинг, аналіз і покращення роботи систем. В ІТ-сфері цифровий двійник може охоплювати повний ландшафт інфраструктури: від фізичних серверів до віртуалізованих хмарних ресурсів, від користувацьких дій до мережевого трафіку. Такий підхід забезпечує цілісне розуміння процесів, що відбуваються в системі, та створює основу для моделювання потенційних сценаріїв її поведінки [1].

У склад цифрового двійника зазвичай входить низка взаємопов'язаних компонентів, що формують повноцінну модель ІТ-інфраструктури. Насамперед це фізичне обладнання, зокрема сервери, сховища та мережеві пристрої, які забезпечують базовий рівень функціонування системи. Важливою частиною є програмне забезпечення, яке включає операційні системи, прикладні застосунки та фонові служби. Також цифровий двійник охоплює шари віртуалізації — такі як контейнери, віртуальні машини та хмарні інстанси — які дозволяють гнучко управляти обчислювальними ресурсами. Окрему роль відіграє мережева топологія, яка відображає потоки трафіку, правила маршрутизації та конфігурацію брандмауерів. До моделі також інтегрується поведінка користувачів, включаючи шаблони активності, аномальні дії та загальні тенденції використання систем. Завершує структуру цифрового двійника блок

показників продуктивності та стану, що охоплює дані про завантаження процесора (CPU), обсяг доступної пам'яті, інтенсивність операцій введення/виведення (I/O), рівень затримок та аптайм системи. Усі ці елементи у сукупності дозволяють цифровому двійнику точно і динамічно відображати реальний стан IT-інфраструктури. На рисунку 1. схематично зображено життєвий цикл цифрового двійника, який включає ключові етапи: проєктування, виготовлення, експериментальне тестування, експлуатацію та оптимізацію. Кожен з етапів взаємопов'язаний та забезпечує безперервну інтеграцію нових даних у модель, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення, прогнозувати відмови, оптимізувати ресурси та забезпечувати високу надійність IT-системи.

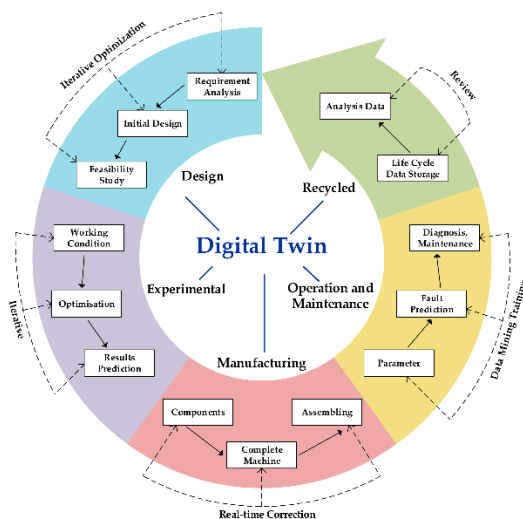


Рисунок 1. – схема життєвого цикл цифрового двійника

### Практичне застосування цифрових двійників в IT-системах

У сучасних умовах цифрові двійники стають потужним інструментом для ефективного управління складними IT-інфраструктурами. Завдяки своїй здатності відображати роботу систем у реальному часі, цифрові двійники широко застосовуються у сфері розробки, тестування, моніторингу та оптимізації IT-середовищ.

Однією з ключових сфер їх застосування є проактивне моніторингове управління. За допомогою цифрового двійника адміністратори можуть у режимі реального часу візуалізувати стан серверів, мережних підсистем, віртуальних машин і додатків, що дозволяє вчасно виявляти аномалії та запобігати аварійним ситуаціям.

Іншою важливою сферою є тестування змін в інфраструктурі. Перш ніж впроваджувати оновлення, змінювати конфігурації чи масштабувати систему, інженери можуть безпечно змодельовати ці дії в цифровому двійнику. Це значно знижує ризики простоїв або помилок, що є критично важливим для великих компаній у сферах електронної комерції, банківського сектору та телекомунікацій.

Крім того, цифрові двійники відіграють важливу роль у плануванні навантажень і ресурсів. IT-відділи можуть прогнозувати майбутні потреби в обчислювальних потужностях, дисковому просторі чи пропускній здатності мережі, базуючись на симуляціях у віртуальній моделі. Це допомагає уникнути як перевантаження, так і надмірного резервування ресурсів, оптимізуючи витрати та продуктивність.

З розвитком хмарних обчислень та штучного інтелекту майбутнє цифрових двійників обіцяє ще більш точні прогнози, підвищену автоматизацію та здатність адаптуватися до змін у реальному часі. Ця технологія стане невід'ємною частиною формування стійкого та інноваційного майбутнього, глибоко інтегруючись у наше повсякденне життя [2].

### Виклики та обмеження технології

Попри численні переваги, впровадження цифрових двійників в IT-системи супроводжується низкою технічних, організаційних та етичних викликів. Однією з головних проблем є складність реалізації. Побудова повноцінного цифрового двійника потребує значних ресурсів — як обчислювальних, так і

людських. Необхідно забезпечити інтеграцію різнорідних джерел даних, підтримку синхронізації в реальному часі та високу точність моделі.

Іншим серйозним викликом є безпека та конфіденційність даних. Оскільки цифрові двійники оперують реальними параметрами функціонування систем, уразливості в самій моделі можуть стати точкою доступу для кібератак або витоку конфіденційної інформації. Це вимагає ретельного захисту каналів передачі даних, впровадження механізмів шифрування та контролю доступу.

Також слід враховувати питання стандартизації. Відсутність єдиного загальноприйнятого підходу до проєктування цифрових двійників ускладнює їхню масштабованість, взаємодію з іншими системами та повторне використання в різних середовищах.

Ще одним бар'єром є висока вартість впровадження. Необхідність у дорогому апаратному та програмному забезпеченні, хмарних обчисленнях, зберіганні великих обсягів даних і кваліфікованому персоналі може бути стримуючим фактором для малих та середніх підприємств [3].

Таким чином, попри перспективність цифрових двійників, їх успішне впровадження вимагає стратегічного планування, інвестицій та комплексного підходу до вирішення супутніх проблем.

### Висновок

Цифрові двійники є інноваційним інструментом, що відкриває нові можливості у сфері управління, моніторингу та вдосконалення ІТ-систем. Завдяки здатності динамічно відображати роботу інфраструктури в реальному часі, вони дозволяють не лише оперативно реагувати на зміни в середовищі, а й прогнозувати потенційні проблеми, оптимізувати ресурси та підвищувати загальну ефективність систем. Водночас, впровадження цієї технології супроводжується низкою викликів. Серед них – технічна складність реалізації, питання безпеки даних та конфіденційності, а також значні фінансові витрати. Для успішного застосування цифрових двійників необхідний стратегічний підхід, залучення висококваліфікованих фахівців та гармонійна інтеграція з вже існуючими ІТ-процесами.

У довгостроковій перспективі цифрові двійники мають потенціал стати фундаментальним елементом цифрової трансформації підприємств. Вони обіцяють забезпечити безпрецедентний рівень прозорості, гнучкості та адаптивності інформаційних систем, відкриваючи шлях до інноваційного майбутнього.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vidwans A. Digital Twin for IT Infrastructure: What It Is and Why It Matters. *LinkedIn: Log In or Sign Up*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-twin-infrastructure-what-why-matters-amol-vidwans-wz0vf> (дата звернення: 24.05.2025).
2. Monika Antoniuk. Practical applications of Digital Twins in modern networking. *CodiLime*. URL: <https://codilime.com/blog/digital-twins-networking/> (дата звернення: 24.05.2025).
3. Digital Twin Implementation - Challenges & Practices. *Digital Twin Implementation - Challenges & Practices*. URL: <https://www.toobler.com/blog/challenges-in-digital-twin-implementation> (дата звернення: 24.05.2025).

**Пілчорний Данило Олександрович** – студент групи ІБС-22Б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [danyadenpod@gmail.com](mailto:danyadenpod@gmail.com)

**Pidchorny Danylo Oleksandrovych** – student of group ІBS-22B, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [danyadenpod@gmail.com](mailto:danyadenpod@gmail.com)