

УДК 004.75:004.6

## **ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ВЕЛИКИМИ ДАНИМИ ЧЕРЕЗ МУЛЬТИТЕНАНТНІ ХМАРНІ СИСТЕМИ**

Сердюк Н.М., Вольгуст М.С.

email: [nataliya.serdyuk@nure.ua](mailto:nataliya.serdyuk@nure.ua), [maksym.volhust@nure.ua](mailto:maksym.volhust@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТС  
м. Харків, Україна

Modern intelligent manufacturing systems face challenges related to processing large volumes of data in real-time. One of the promising approaches is the use of a multitenant cloud architecture, which ensures high performance, reliability, and adaptability to variable workloads. This paper proposes an architectural model that integrates containerization (Docker), orchestration (Kubernetes), and intelligent data analysis. The proposed system has been tested, and its effectiveness has been proven in the context of cyber-physical manufacturing environments.

Розвиток промисловості у контексті Індустрії 4.0 супроводжується постійним зростанням обсягу даних, що генеруються під час роботи інтелектуальних виробничих ліній. Важливим завданням є забезпечення ефективної обробки цих даних без втрат продуктивності. Одним із ключових рішень є впровадження мультистенантних хмарних систем, які дозволяють одночасно обслуговувати кілька клієнтів без зниження ефективності.

Одним із прикладів використання таких систем є теплообмінники, які широко застосовуються у харчовій промисловості, енергетиці та нафтохімії. Моніторинг їхніх параметрів у реальному часі (температура, тиск, швидкість потоку робочого середовища) дозволяє прогнозувати зниження продуктивності через забруднення поверхонь і планувати оптимальні режими очищення [1]. Для ефективної роботи таких систем необхідне масштабоване хмарне середовище, здатне динамічно перерозподіляти ресурси між підключеними об'єктами.

Запропонована мультистенантна архітектура системи складається з трьох основних рівнів: рівень інтерфейсу користувача, рівень обробки даних та рівень зберігання [2].

Рівень інтерфейсу користувача забезпечує взаємодію з системою через веб- та мобільні додатки, дозволяючи операторам та аналітикам контролювати виробничі процеси в реальному часі.

Рівень обробки включає механізми оркестрації (Kubernetes) та контейнеризації (Docker), які забезпечують динамічний розподіл ресурсів між тенантами та підтримку високої доступності.

Рівень зберігання реалізований на основі розподілених баз даних, що гарантують надійність та ізоляцію даних кожного тенанта, а також підтримують резервне копіювання.

Архітектура дозволяє масштабувати систему відповідно до потреб виробництва, забезпечуючи стабільну роботу навіть при змінних навантаженнях. На рис.1 представлена структурна схема системи, що демонструє взаємодію між рівнями та ключовими компонентами.

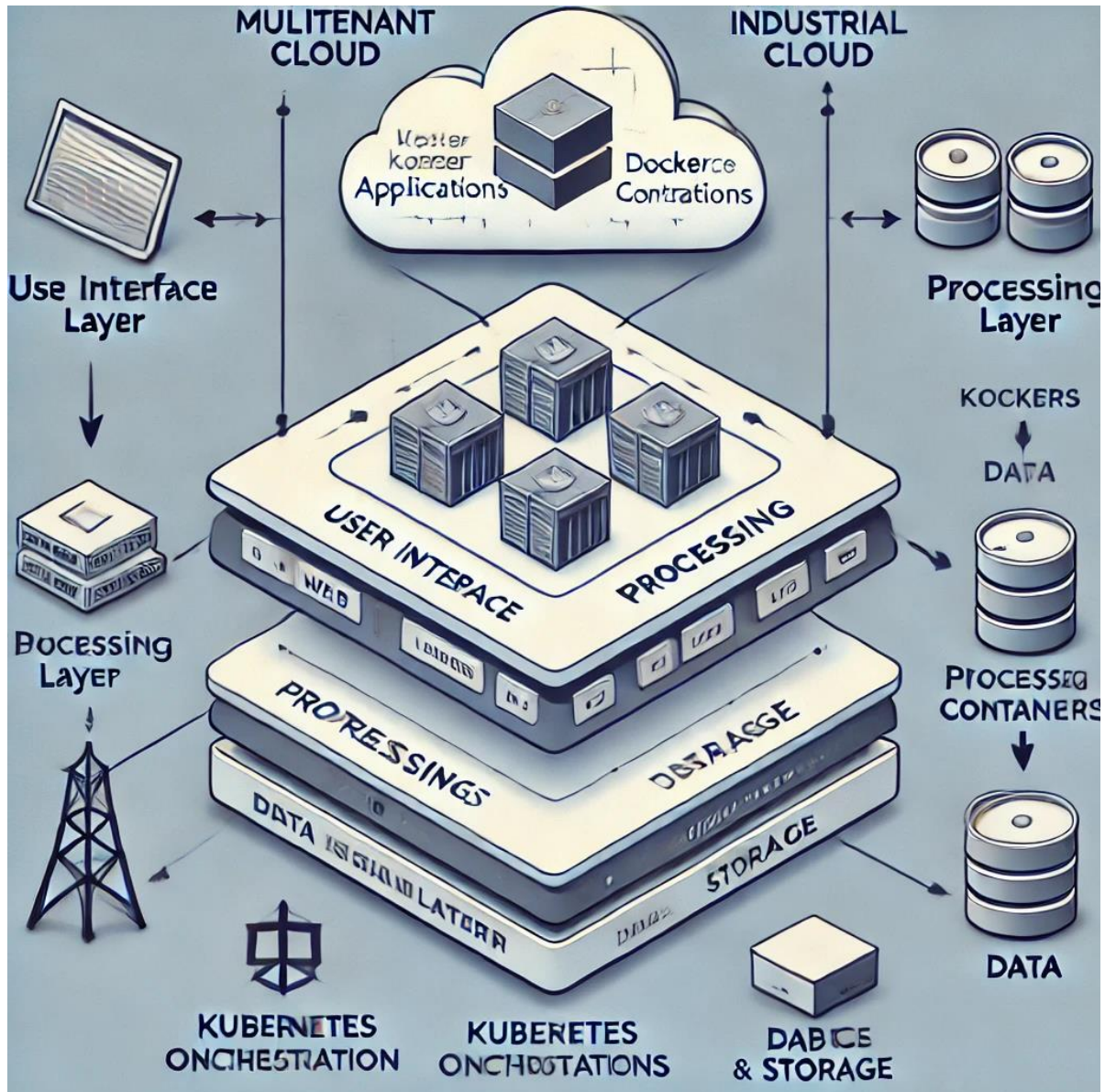


Рис. 1 - Архітектурна схема мультитенантної хмарної системи

Для перевірки ефективності архітектури проведено навантажувальне тестування за допомогою Apache JMeter та Locust, що дозволило змоделювати реальні сценарії роботи виробничої системи.

Тестування продемонструвало, що запропонована архітектура по-перше забезпечує ізоляцію даних для кожного клієнта, що критично важливо у мультитенантних середовищах. По-друге, підтримує автоматичне масштабування, що дозволяє уникати перевантажень і підтримувати стабільну роботу. По-третє, гарантує ефективний розподіл

ресурсів, завдяки чому обчислювальні потужності використовуються оптимально, а також дозволяє інтелектуальне управління теплообмінниками, що допомагає прогнозувати деградацію продуктивності та знижувати енергоспоживання.

Результати тестування підтвердили, що система здатна працювати в умовах високих навантажень без значного зниження продуктивності.

Розроблена мультитенантна архітектура демонструє ефективність у контексті інтелектуальних виробничих систем, що працюють із великими обсягами даних. Вона забезпечує гнучкість, масштабованість та ізоляцію даних, що робить її придатною для застосування у кібер-фізичних системах. Запропонований підхід дозволяє ефективно керувати розподілом обчислювальних ресурсів, автоматично масштабувати навантаження залежно від змін у виробничому середовищі та зменшувати затримки в обробці даних.

Окрему увагу приділено застосуванню архітектури в управлінні теплообмінниками у промислових середовищах, де необхідно безперервно контролювати робочі параметри, такі як температура, тиск та швидкість потоку [1]. Аналіз великих масивів даних у реальному часі дозволяє передбачати зниження ефективності теплообміну через забруднення поверхонь, а також автоматично визначати оптимальні режими очищення та технічного обслуговування. Використання запропонованої архітектури забезпечує безперервність роботи виробничих систем, мінімізує простой та зменшує витрати на технічне обслуговування.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розширення можливостей системи шляхом інтеграції методів оптимізації енергоспоживання, що дозволить підвищити ефективність виробничих процесів та зменшити вуглецевий слід підприємств. Додатково розглядатиметься застосування розподілених обчислювальних платформ, що забезпечить ще вищу продуктивність та надійність системи в умовах масштабних промислових кластерів.

#### Список використаних джерел:

1. Ilyunin, O., Bezsonov, O., Rudenko, S., Serdiuk, N., Udovenko, S., Kapustenko, P., Plankovskyy, S., & Arsenyeva, O. "Thermal Science and Engineering Progress." *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 2024, 2024. DOI: 10.1016/j.tsep.2024.102615.

2. Armstrong, C., & Ford, T. "Multitenancy in Cloud Computing: A Comparative Study." *Journal of Cloud Computing*, vol. 8, no. 1, 2019, pp. 1-15.