

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

БАГЛАЙ РОМАН ОЛЕГОВИЧ



УДК 004:336.71

**ІНФОРМАЦІЙНА АРХІТЕКТУРА БАНКУ
НА ОСНОВІ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі кібернетики та системного аналізу Київського національного торговельно-економічного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник

доктор економічних наук, професор
Роскладка Андрій Анатолійович,
Київський національний торговельно-
економічний університет,
завідувач кафедри кібернетики
та системного аналізу.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Раскін Лев Григорович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
завідувач кафедри розподілених інформаційних
систем і хмарних технологій;

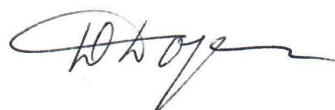
кандидат технічних наук, доцент
Вялкова Віра Іванівна,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка,
доцент кафедри кібербезпеки
та захисту інформації.

Захист відбудеться «30» січня 2020 року о 16:00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розісланий «23» грудня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Ю. І. Дорофєєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Поява хмарних обчислень різко змінила уявлення про інфраструктуру та архітектуру інформаційних технологій (ІТ), моделі постачання та розробки програмного забезпечення. Як еволюційний крок, перехід від використання програмного забезпечення, що встановлено на локальному комп'ютері, до роботи з додатками, встановленими на віддаленому сервері в онлайн-режимі (через веб-браузер) на основі хмарних сервісів, має не менше значення, ніж перехід від мейнфреймів до моделей розгортання клієнт-сервер. Хмарні обчислення поєднують елементи grid технологій, обчислювальних ресурсів як публічних платних сервісів, автономних обчислень в єдину інноваційну архітектуру розгортання програмних додатків.

Проблеми застосування хмарних технологій в різних соціально-економічних сферах досліджують, зокрема, вітчизняні та зарубіжні науковці О. Андрощук, А. Апосту, О. Батаєв, В. Бобиль, С. Гіованні, С. Гривас, Д. Зісіс, А. Кондратьєв, В. Корольов, Д. Леккас, С. Литвинова, К. Нагаті, Ф. Пуїцан, Е. Реднік, Р. Сьорч та інші.

Зважаючи на значний внесок зазначених науковців у дослідження вказаних проблем, варто відмітити, що малодослідженими залишаються проблеми та переваги застосування хмарних технологій у банківських установах України.

Банки, які не є професійними компаніями з інформаційних технологій, змушені інвестувати і підтримувати значну кількість ресурсів інфраструктури ІТ та персоналу для управління власними бізнес-процесами. У такій ситуації хмарні технології дозволяють скоротити витрати та підвищити ефективність використання банківських інформаційних систем (ІС).

Серед проблем застосування хмарних технологій слід виділити регуляторні обмеження законодавства та Національного банку України (НБУ); відсутність системних підходів до захисту інформації та забезпечення конфіденційності клієнтських даних, цілісності і криптографічного захисту даних; низький рівень довіри до постачальників публічних хмарних сервісів; відсутність чітких вимог до постачальників сервісів, стандартів, сертифікації та ліцензування постачальників в Україні.

Переваги від застосування хмарних технологій для банківських установ: зменшення сукупної вартості володіння рішеннями з інформаційних технологій за рахунок застосування хмарних технологій; збільшення ефективності використання апаратних ресурсів серверів; забезпечення відмовостійкості на основі хмарних технологій за рахунок побудови сервіс-орієнтованої архітектурної моделі.

В контексті Євроінтеграції українські банки мають бути готовими до радикальної модернізації клієнтських, операційних та звітних систем. Впровадження Європейських регуляторних вимог є складною проблемою

для служб ІТ будь якого українського банку. Вирішення проблеми лежить у площині застосування новітніх ІТ, зокрема побудови архітектури ІТ банку, яка базується на хмарних сервісах.

Тому розробка моделей, методів та інформаційної технології, яка дозволяє досягти підвищення ефективності обробки інформації регламенту операційного дня банку шляхом модернізації інформаційної архітектури банку на основі впровадження хмарних технологій є актуальною науково-прикладною задачею, яка потребує подальшого дослідження та склала основу дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі кібернетики та системного аналізу Київського національного торговельно-економічного університету згідно з планом держбюджетних НДР МОН України: «Інформаційні технології в моделюванні діяльності бізнес-структур» (ДР № 0117U000062) та «Моделювання процесів управління трансформаційними проектами фінансової установи» (ДР № 0118U000050), в яких здобувач брав участь як виконавець окремих етапів. Особистий внесок автора полягає у розробці: сценаріїв застосування технології єдиного входу (SSO) для підвищення ефективності бізнес-процесів банку; підходів для застосування федеративних сценаріїв доступу з зовнішніх доменів безпеки.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності обробки інформації регламенту операційного дня банку шляхом модернізації інформаційної архітектури банку на основі впровадження хмарних технологій.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

- провести аналіз існуючих інформаційних технологій, моделей і методів оптимізації потужності та вартості хмарних обчислень для побудови сервіс-орієнтованих банківських систем;
- побудувати математичну модель процесу закриття операційного дня банку і вирішити задачу оптимізації часу та вартості обробки інформації для банківських ІС, розгорнутих у хмарному середовищі;
- удосконалити метод оцінки загроз безпеки інформаційної архітектури банку на основі хмарних технологій за класифікацією міжнародних стандартів;
- провести аналіз інформаційних технологій мінімізації ризиків безпеки хмарних технологій для автоматизованих банківських систем шляхом застосування механізмів єдиного входу для забезпечення багатофакторної автентифікації користувачів.
- удосконалити інформаційну технологію реплікації даних банківських ІС та хмарних додатків з метою врахування вимог щодо локалізації банківських клієнтських даних на території України.

Об'єктом дослідження є процеси автоматизованого управління потоками даних інформаційної архітектури банку на основі хмарних технологій.

Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційні технології оптимізації обробки банківської інформації на основі хмарної інфраструктури.

Методи досліджень. Теоретичні методи та системні підходи до проектування, побудови, інтеграції та підтримки баз та сховищ даних, а також методи експертних оцінок, економіко-математичні та евристичні методи; графічний метод уніфікованої мови моделювання (UML) – для проектування потоків даних; метод класифікації систем – при визначенні пріоритетних напрямів застосування різних моделей розгортань хмарних технологій; метод кількісного аналізу – при дослідженні нефункціональних вимог до банківських ІС; метод якісного аналізу ризиків – при дослідженні вразливостей інформаційної безпеки згідно міжнародних стандартів; метод синтезу – при формуванні вибірки систем, які несуть найбільше навантаження та є критичними щодо безперервності діяльності бізнесу; метод пріоритетів – для оптимізації двох компромісних цілей вартості та часу використання хмарного сервісу; метод визначення сукупної вартості володіння – для розрахунку економічного ефекту від впровадження результатів моделювання.

Емпіричною базою дослідження є вітчизняний та зарубіжний досвід щодо розроблення інформаційних банківських систем. Інформаційною базою є законодавчі та нормативні акти, монографічні й періодичні українські та зарубіжні видання, дані щодо діяльності вітчизняних та зарубіжних банків.

Наукова новизна одержаних результатів. У процесі виконання дисертаційної роботи отримано ряд нових, науково обґрунтованих результатів щодо вирішення проблем інформаційної безпеки, ефективності використання апаратних ресурсів, масштабування ресурсів та відмовостійкості за рахунок обчислювальних потужностей хмарних технологій та забезпечення мінімальної вартості їх використання:

уперше побудовано математичну модель процесу закриття операційного дня банку і вирішено задачу оптимізації часу та вартості обробки інформації для банківських ІС, розгорнутих у хмарному середовищі, що дозволило визначити оптимальну конфігурацію хмарних сервісів в інформаційній архітектурі банку;

удосконалено метод оцінки загроз інформаційної безпеки банку при впровадженні хмарних технологій, що на відміну від існуючих має в основі якісний аналіз імовірності ризику та обсягу збитків згідно міжнародного стандарту класифікації кібернетичних атак MITRE, що дозволяє оптимізувати механізми захисту інформаційної архітектури банку від потенційних кібератак;

удосконалено інформаційну технологію реплікації даних банківських ІС, що на відміну від існуючих ґрунтується на механізмах деперсоніфікації

клієнтських даних, що дозволило покращити захист конфіденційності даних та виконати вимоги НБУ щодо локалізації банківських персоніфікованих клієнтських даних на серверах, які фізично розташовані на території України;

отримала подальшого розвитку методологія керування доступом в інформаційній архітектурі банку шляхом управління обліковими даними, механізмами єдиного входу в систему та федеративними сценаріями доступу, що дозволяє забезпечити сильну автентифікацію користувачів банківських ІС.

Практичне значення одержаних результатів. На базі розроблених моделей та специфікацій створено архітектурний концепт та практичні рекомендації для впровадження комплексу комп'ютерних програм відповідно до мети та завдань дослідження. Запропонований комплекс дозволяє максимально використовувати обчислювальні потужності при одночасному зниженні загальної вартості ресурсів та підвищенні відмовостійкості рішень інформаційних технологій. Розроблені моделі дозволяють проводити комплексне дослідження процесів у хмарному середовищі. Основні результати роботи знайшли застосування у визначенні оптимальних конфігурацій архітектури автоматизованих банківських систем.

Практичні результати дисертаційної роботи апробовано та впроваджено у діяльність управління менеджменту портфелю проектів АТ «Райффайзен Банк Аваль» (м. Київ) щодо модернізації архітектури банківських інформаційних систем та розробки програмного забезпечення АТ «Райффайзен Банк Аваль» на основі хмарних технологій (довідка від 17.10.2018 за № 163/1020); у діяльність ТОВ «ІТ Інновації Україна» (м. Київ) щодо класифікації загроз інформаційної безпеки на основі якісної оцінки ризиків та ефективності використання серверних ресурсів за рахунок застосування хмарних обчислень (довідка від 16.10.2018 за № 04/10-18).

Результати досліджень впроваджено у навчальний процес кафедри кібернетики та системного аналізу Київського національного торговельно-економічного університету при викладанні дисципліни «Information systems and technologies in management» для студентів освітнього ступеня «магістр», що навчаються за англomовною магістерською програмою.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні положення, розроблені математичні моделі, алгоритми, архітектурні концепти, технічні специфікації, результати чисельного моделювання, а також формулювання і обґрунтування методики та алгоритму визначення оптимальної конфігурації інформаційної архітектури банку належать авторові. Автор особисто приймав участь у дослідній перевірці результатів досліджень.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних науково-практичних конференціях: «Стратегічні пріоритети розвитку внутрішньої торгівлі

України на інноваційних засадах» (Львів, 2017); «Структурні зміни у суспільстві та економіці під впливом комунікацій та інформації» (Полтава, 2016); «International conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications» (Херсон, 2019).

Публікації. Основні наукові положення, висновки та результати дисертації опубліковано у 8 наукових працях, з яких 4 статті в наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз; 1 стаття у зарубіжному науковому фаховому виданні; 3 – матеріали міжнародних наукових конференцій (одна стаття індексована у Scopus).

Структура роботи. Дисертація складається з анотації двома мовами, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації складає 139 сторінок і містить 18 рисунків та 13 таблиць по тексту, 122 найменування використаних джерел на 12 сторінках, 6 додатків на 6 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, зазначено зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про практичне використання, апробацію результатів та їх висвітлення у публікаціях.

У **першому розділі** проведено аналіз основних підходів до управління банківською інформацією та перспективних напрямів застосування хмарних технологій для банківських інформаційних систем. Зокрема, проведено декомпозицію об'єкта дослідження на складові – «інформаційна архітектура», «хмарні технології», «хмарні обчислення» «банківська ІС» з метою подальшого застосування методів аналізу та синтезу.

Згідно визначення міжнародної організації «Інститут інформаційної архітектури» інформаційна архітектура – це:

- 1) структурна конструкція спільного інформаційного середовища;
- 2) мистецтво та наука організації та маркування веб-сайтів, внутрішніх мереж, онлайн спільноти та програмного забезпечення для підтримки зручності використання функціональності та доступності;
- 3) спільнота практик, що розвивається, орієнтована на запровадження принципів дизайну та архітектури до цифрового ландшафту.

Хмарні технології – це інноваційна інформаційна архітектура, що є майбутнім обчислень, рушійною силою, переосмисленням розуміння операційних систем, архітектури клієнт-сервер та веб-браузерів.

Хмарні обчислення – це модель для забезпечення зручного доступу до спільного пулу обчислювальних мережевих ресурсів, які можливо налаштувати згідно оперативних вимог, що виникають (наприклад, мережі, сервери, сховища, програми та служби), що можуть бути швидко

наданими з мінімальними зусиллями адміністрування та мінімальним часом взаємодії з постачальником послуг.

Банківська ІС – це комплекс програмно-апаратних засобів, призначений для технічної та технологічної підтримки діяльності банку.

Для визначення пріоритетних напрямів дослідження щодо управління банківською інформацією на основі хмарних технологій проведено аналіз внутрішніх чинників, які впливають на їх практичну значущість та ефективність. Зокрема, до таких чинників відносяться високі витрати на капітальні інвестиції та зростаючі поточні витрати на обслуговування інформаційної інфраструктури банку, зростання обсягів даних, необхідність поліпшення якості інформації, відсутність гнучких інструментів збільшення апаратної потужності.

Проаналізовано зовнішні чинники, що впливають на методи управління: вплив уряду та його політики, новітні продукти та технології, нові практики та тенденції ринку ІТ та банківських послуг.

У другому розділі досліджено інформаційні технології мінімізації загроз безпеки хмарних технологій для автоматизованих банківських систем шляхом застосування механізмів єдиного входу з метою забезпечення сильної автентифікації користувачів. Досліджено механізми впровадження такої автентифікації та їх практичне застосування для забезпечення безпеки та підвищення ефективності бізнес-процесів банку.

Вироблено пропозиції щодо критеріїв вибору постачальника інформаційної технології управління обліковими даними як сервісу, механізмів єдиного входу в систему та федеративних сценаріїв доступу для забезпечення сильної автентифікації користувачів банківських ІС.

Автором удосконалено метод оцінки загроз інформаційної безпеки банку при впровадженні хмарних технологій, який має в основі якісний аналіз імовірності ризику та обсягу збитків на основі міжнародного стандарту класифікації кібернетичних атак MITRE, що дозволило оптимізувати механізми захисту інформаційної архітектури банку від потенційних кібератак.

Для розрахунку імовірності настання ризику згідно з даними ресурсу MITRE використовуються наступні фактори: імовірність, складність реалізації, застосовність, доступність ресурсів.

На рис. 1 представлено візуалізацію процесу оцінки ризиків кібернетичних атак згідно зі стандартами корпорації MITRE. По осі ординат розміщена шкала масштабу збитків (у відносних величинах) по осі абсцис – шкала ймовірності настання ризику. Значення параметрів розраховано для кожної із загроз, що входять до однієї з категорій міжнародного рейтингу найбільших загроз безпеки ІТ OWASP top 10 (табл. 1).

Кодування загроз позначено згідно зі стандартами корпорації MITRE:

- C(CAPEC)66: SQL ін'єкція;
- C90: Атака відображення в протоколі автентифікації, маніпуляція протоколом;

- C54: Запит ІС на інформацію;
- C197: XML розширення сутностей;
- C74: Маніпуляція ідентифікатором привілеїв користувача;
- C25: Циклічне блокування декількох паралельних процесів, завершення яких залежить від попередника;
- C63: Міжсайтовий скриптинг (XSS);
- C250: XML ін'єкція;
- C111: JSON злам (JavaScript злам);
- C75: Маніпуляція не захищеним від запису конфігураційним файлом.

Оцінка ризиків кібер атак

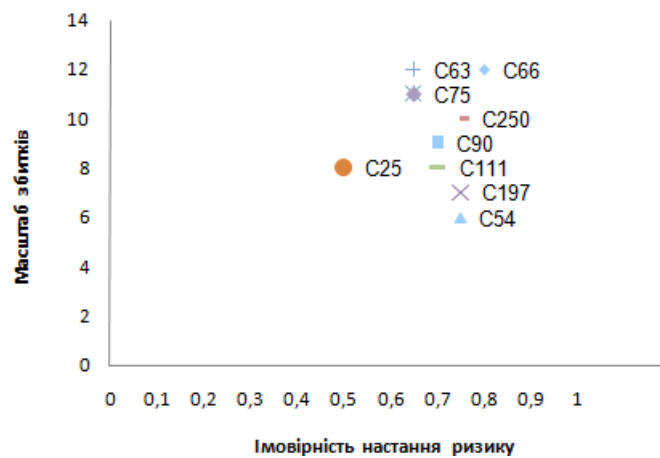


Рисунок 1 – Оцінка ризиків кібератак

Таблиця 1 – Числові значення факторів ризику кібератак

№. CVE	Імовірність	Складність реалізації	Застосовність	Доступність ресурсів	Імовірність настання ризику	Вплив на конфіденційність	Вплив на цілісність	Вплив на доступність	Потенційна шкода	Масштаб збитків
C66	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	3	3	3	3	12
C90	0,2	0,15	0,2	0,15	0,7	3	3	1	2	9
C54	0,2	0,15	0,2	0,2	0,75	2	2	1	1	6
C197	0,2	0,2	0,15	0,2	0,75	1	1	3	2	7
C74	0,15	0,15	0,2	0,15	0,65	3	3	2	3	11
C25	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	1	1	3	3	8
C63	0,2	0,1	0,15	0,2	0,65	3	3	3	3	12
C250	0,2	0,2	0,15	0,2	0,75	3	3	2	2	10
C111	0,2	0,15	0,15	0,2	0,7	3	1	1	3	8
C75	0,2	0,15	0,2	0,1	0,65	3	3	2	3	11

Числове значення параметрів визначається на основі класифікацій MITRE: unlikely = 0,1; likely = 0,15; very likely = 0,2; та Knowledge and skill required: low = 0,1; medium = 0,15; high = 0,2.

Для розрахунку масштабу збитків використовуються наступні фактори (табл. 1): вплив на конфіденційність, вплив на цілісність, вплив на доступність, потенційна шкода. Числове значення параметрів визначається на основі класифікації ресурсу MITRE: low = 1, medium = 2, high = 3.

Найбільш критичними щодо ймовірності настання та масштабу потенційного збитку виявилися атаки з класифікації OWASP A1 (SQL ін'єкція) та CAPEC66, що призводить до таких критичних технічних наслідків як виконання недозволеного коду, команд, отримання привілеїв доступу, підробка облікових даних, модифікація даних програмного додатку тощо.

Для захисту від такого типу атак запропоновано застосувати механізм багатofакторної автентифікації та захисту цілісності за допомогою механізмів криптографічного аналізу. Такі функціональні можливості забезпечує механізм SSO єдиного входу в програмні додатки за допомогою багатofакторної автентифікації.

Обґрунтовано необхідність застосування SSO та основні засади методології керування доступом в інформаційній архітектурі банку шляхом управління обліковими даними, механізмами єдиного входу в систему та федеративними сценаріями доступу, що дозволяє забезпечити сильну автентифікацію користувачів банківських ІС. Сценарії застосування єдиного входу SSO використано для підвищення ефективності бізнес-процесів банку. Застосування федеративних сценаріїв доступу з зовнішніх доменів безпеки дозволяє надавати унікальні сервіси клієнтам та виконати вимоги Європейської директиви щодо стандартів публічних платіжних сервісів PSD2, що ратифікована НБУ.

Досліджено функціональні можливості ІС (рис. 2) та запропоновано власну систему вимог для побудови інформаційної архітектури на основі хмарних технологій.



Рисунок 2 – Високорівнева архітектурна схема ІТ-ландшафту банку

Запропонована архітектурна схема містить такі системи ІТ-ландшафту: корпоративна шина даних ESB (Enterprise Service Bus), система вивантаження трансформації та завантаження ETL (Extract Transform Load), система управління основними даними MDM (Master Data Management), управління обліковими даними та доступом користувачів IAM (Identity Access Management), система операційного дня банку CBS (Core banking system).

У **третьому розділі** розроблено ІТ-рішення для банківської системи на основі хмарних технологій, що дозволяє перенести великі обчислювальні навантаження в хмарне середовище, забезпечивши відповідність вимогам загального регламенту про захист даних (GDPR) та національних регуляторів. Анонімізація даних клієнта описується як рішення для уникнення ризиків, пов'язаних із конфіденційністю даних клієнтів, а також необхідністю їх згоди на розміщення персональних даних у хмарному середовищі.

Удосконалено інформаційну технологію реплікації даних банківських ІС, що ґрунтується на механізмах деперсоніфікації клієнтських даних. Це дозволило покращити захист конфіденційності даних та виконати вимоги НБУ щодо локалізації банківських персоніфікованих клієнтських даних на серверах, які фізично розташовані на території України.

Розроблена архітектура рішень ІТ поєднує обробку даних у режимі реального часу та пакетних завантажень даних. На відміну від традиційного способу використання даних вони не тільки мігрують в базу даних (БД), розгорнуту на хмарній інфраструктурі, а також реплікуються назад у наземну інфраструктуру. Вимоги безпеки, що регулюються стандартами конфіденційності, цілісності та доступності даних, повністю задовольняються відповідними хмарними технологіями.

Доведено, що для роботи з навантаженнями CBS потрібно зберігати велику кількість апаратних ресурсів. Більша частина цієї потужності використовується під час роботи наприкінці дня, коли система недоступна для користувачів, оскільки ресурси повністю задіяні для завдань онлайнової аналітичної обробки OLAP (On-Line Analytical Processing) (рис. 3).

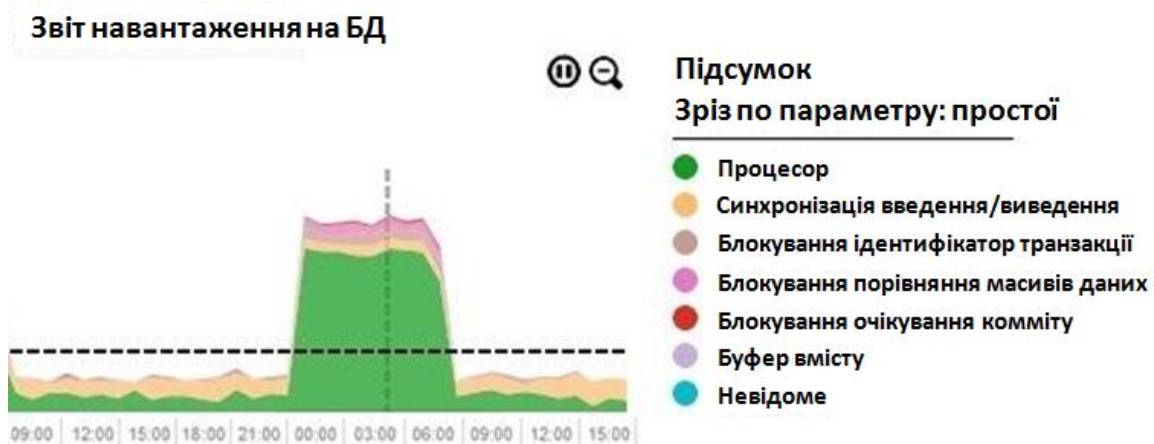


Рисунок 3 – Звіт щодо завантаженості ресурсів БД CBS

Решту дня навантаження на систему досить низьке, тому недостатнє використання ресурсів є неефективним. У цій ситуації необхідно здійснювати великі капітальні вкладення для закупівель та оперативних витрат на подальше обслуговування такого обладнання.

Натомість хмарні технології забезпечують високу ефективність використання апаратного забезпечення завдяки масштабованості та гнучкості, що призводить до значної економії коштів та часу, оскільки завдання, пов'язані з адмініструванням інфраструктури, обробляються постачальником хмарних сервісів. При цьому основними ризиками є порушення вимог GDPR щодо постійного керування даними клієнтів та вимоги місцевих регуляторів зберігати дані в межах кордонів країни. Єдиний підхід до анонімізації даних дозволяє уникнути обох ризиків.

Секретний ідентифікатор формується за допомогою унікального ідентифікатора клієнта (табл. 2), доступ до якого надається виключно для адміністраторів БД.

Таблиця 2 – Спрощена структура довідника системи MDM

Унікальний ID клієнта	Секретний ID клієнта	ID клієнта у системі X,Y,Z
-----------------------	----------------------	----------------------------

На рис. 4, 5 наведені схеми, що демонструють архітектуру банку у вигляді IT-рішення на базі веб-сервісів Amazon (AWS).

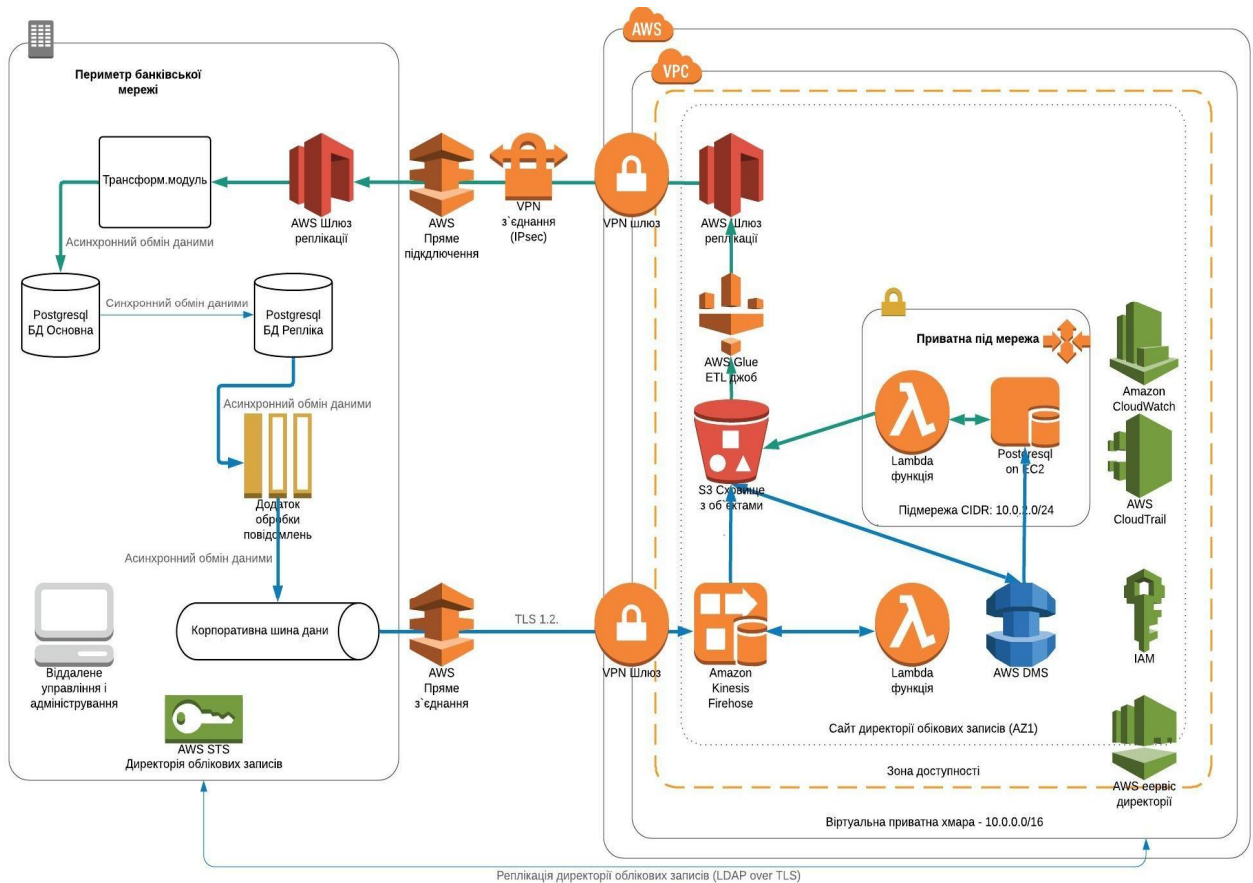


Рисунок 4 – Інформаційна архітектура банку на базі AWS

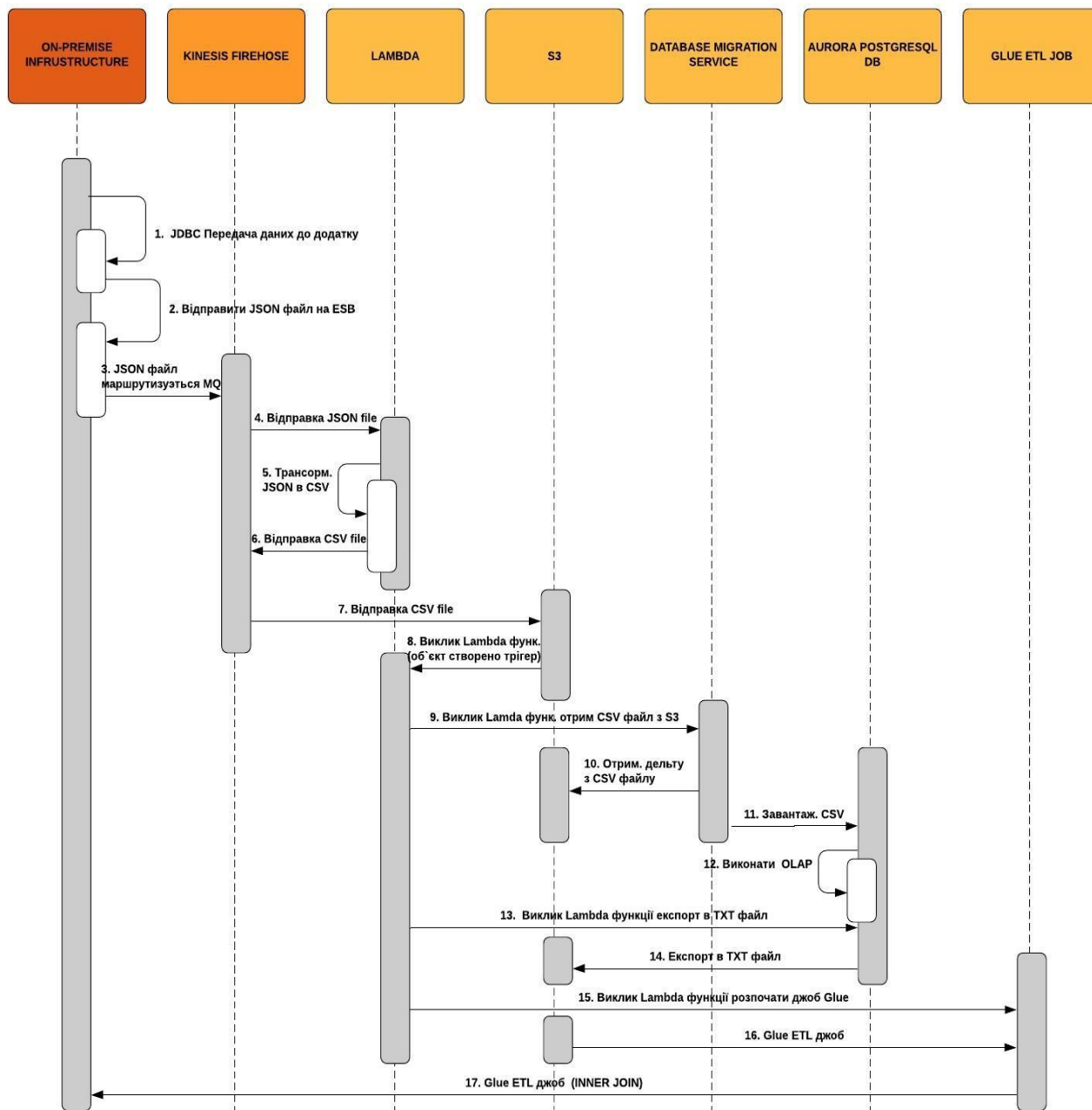


Рисунок 5 – UML діаграма з послідовністю міжсистемної взаємодії

Найважливішими цілями такої архітектури є:

- 1) масштабованість та максимальна ефективність використання хмарних обчислень з використанням автоматичного масштабування та моделі ціноутворення AWS;
- 2) підвищена безпека (цілісність, конфіденційність та доступність);
- 3) відокремлення онлайнної транзакції, аналітичної обробки та пакетних завантажень за допомогою AWS Lambda на кожному етапі процесу реплікації даних на два потоки даних:
 - з власної до хмарної інфраструктури (рис. 5, кроки 1 – 12);
 - від хмарної до власної інфраструктури (рис. 5, кроки 13 – 17).

Типовий регламент закриття операційного дня зазвичай включає 4 OLAP задачі.

Задача 1. Агрегація білінгу та платежів відповідно до угод клієнта.

Задача 2. Нарахування комісій на касові послуги, нарахування відсотків на поточні рахунки, за овердрафтами, кредитами та депозитами.

Задача 3. Агрегація даних щодо прострочених кредитів та початок відліку днів простроченої заборгованості. Розрахунок ефективної процентної ставки за кредитами та депозитами. Переоцінка валютної позиції. Розрахунок резервів на покриття збитків від знецінення.

Задача 4. Формування щоденного балансового файлу (сукупні активи та зобов'язання). Формування файлів статистичної звітності.

Емпіричні спостереження дозволили визначити основні вимоги до масштабованості та конфігурації при вирішенні вказаних задач:

- розмір бази даних близько 3 ТВ;
- клієнтська база має до 15 мільйонів клієнтів;
- кількість операцій становить 50 мільйонів на день;
- кількість рахунків клієнтів становить 25 мільйонів.

З огляду на такі параметри та специфіку таких вимог до реляційної БД як атомарність, узгодженість, ізолюваність та довговічність (ACID) обґрунтовано, що робоче навантаження OLAP вимагає високої обчислювальної потужності, яку здатні забезпечити наступні мінімальні вимоги до конфігурації серверу:

- обсяг оперативної пам'яті не менше 256 GB;
- обсяг постійної пам'яті не менше 3 ТВ.

Уведемо позначення:

k – кількість задач, які містить регламент закриття операційного дня банку;

n – кількість типів модулів (instance);

CPU_j – максимальна кількість ядер CPU в модулі типу j ;

$f_i(CPU_j)$ – функція залежності часу виконання задачі номер i від максимальної кількості CPU в модулі типу j ;

p_i – мінімально необхідна кількість CPU для виконання задачі номер i ;

RAM_j – обсяг оперативної пам'яті модуля j ;

$Storage_j$ – обсяг постійної пам'яті модуля j ;

R_i – мінімально необхідний обсяг оперативної пам'яті для розв'язування задачі номер i ;

S_i – мінімально необхідний обсяг постійної пам'яті для розв'язування задачі номер i ;

c_j – вартість використання модуля типу j за годину;

t_{ij} – час використання модуля j для виконання задачі номер i ;

x_{ij} – кількість модулів типу j , що використовується для вирішення задачі номер i .

Автором побудовано математичну модель процесу закриття операційного дня банку і вирішено задачу оптимізації часу та вартості обробки інформації для банківських ІС, розгорнутих у хмарному середовищі, що дозволило визначити оптимальну конфігурацію хмарних сервісів в інформаційній архітектурі банку на базі сервісів AWS:

$$F_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n t_{ij} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot f_i(CPU_j) \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$F_2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n c_j \cdot t_{ij} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_{ij} \cdot f_i(CPU_j) \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n CPU_j \cdot x_{ij} \geq p_i, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot RAM_j \geq R_i, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot Storage_j \geq S_i, \\ x_{ij} \in \mathbb{Z}, x_{ij} \geq 0, i = 1, \dots, k. \end{array} \right. \quad (3)$$

Задача (1)–(3) відноситься до класу задач багатокритеріальної оптимізації. Цільова функція (1) виражає умову мінімізації часу використання хмарного сервісу, а функція мети (2) виражає умову мінімізації вартості його використання. При вирішенні оптимізаційної задачі застосовано метод пріоритетів, який полягає у тому, що на першому етапі розв’язана однокритеріальна задача з меншим цільовим пріоритетом (наприклад, лінійна задача (1), (3)), а на другому етапі – задача (2), (3) з приєднанням до системи обмежень (3) нерівності, що не дозволяє погіршити оптимальне значення цільової функції (1), отримане на першому етапі.

На рис. 6, 7 зображено поетапний процес формування математичної моделі (1)–(3) оптимізації часу використання хмарного сервісу.

При побудові матриці М (рис. 6) розмірністю 8x4 (кількість типів модулів та кількість типів задач), значення елементів якої відображають залежність часу (в хвиликах) обчислення задачі від кількості ядер серверу, використано емпіричні дослідження автора, які були проведені з використанням 32-ядерного процесора. Час виконання кожної з чотирьох задач закриття операційного дня представлено в табл. 3.

Таблиця 3 – Час для розв’язання задачі на 32-ядерному процесорі

Номер задачі	1	2	3	4
Час розв’язування задачі, хв.	5	30	40	45

Значення елементів матриці М отримано шляхом екстраполяції емпіричних даних з табл. 3 на іншу кількість ядер процесора.

$$\begin{aligned} & \text{ORIGIN} := 1 \quad s := 1..8 \quad k := 1..4 \\ n_s & := \begin{cases} \text{for } i \in 1..6 \\ n_s \leftarrow i \text{ if } \text{CPU_Unit}_s = \text{CPU}_i \\ n_s \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{ns-module serial number } s \\ \text{in the list of vector CPU} \end{array} \\ i & := 1..8 \quad t_i := n_i \end{aligned}$$

Time to solve each of the 4 tasks for each of the 8 types of instances

$$M_{(t_i,1)} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 22 \\ 15 \\ 8 \\ 5 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix} \quad M_{(t_i,2)} = \begin{pmatrix} 23 \\ 15 \\ 38 \\ 37 \\ 34 \\ 30 \\ 23 \\ 15 \end{pmatrix} \quad M_{(t_i,3)} = \begin{pmatrix} 35 \\ 28 \\ 102 \\ 79 \\ 58 \\ 45 \\ 35 \\ 28 \end{pmatrix} \quad M_{(t_i,4)} = \begin{pmatrix} 29 \\ 19 \\ 88 \\ 72 \\ 50 \\ 40 \\ 29 \\ 19 \end{pmatrix}$$

Рисунок 6 – Пошук часу обчислення задачі в залежності від типу модуля

У більшості випадків головним критерієм оптимальності є вартість, проте для забезпечення безперервності бізнесу ключовим критерієм також виступає мінімізація часу регламенту закриття банківського дня.

$$i := 1..8 \quad j := 1..4$$

Target function of time minimization

$$F_{\text{time}}(X) := \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^8 [X_{j,i} \cdot M_{(t_j,i)}]$$

Given

Limits to the minimum number of cores

$$\sum_{j=1}^8 [X_{j,1} \cdot \text{CPU}_{(j,1)}] \geq 8 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,2} \cdot \text{CPU}_{(j,2)}] \geq 16 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,3} \cdot \text{CPU}_{(j,3)}] \geq 40 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,4} \cdot \text{CPU}_{(j,4)}] \geq 64$$

Limit the minimum amount of RAM

$$\sum_{j=1}^8 [X_{j,1} \cdot \text{RAM}_{(j,1)}] \geq 256 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,2} \cdot \text{RAM}_{(j,2)}] \geq 256 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,3} \cdot \text{RAM}_{(j,3)}] \geq 256 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,4} \cdot \text{RAM}_{(j,4)}] \geq 256$$

Limit the minimum amount of Storage

$$\sum_{j=1}^8 [X_{j,1} \cdot \text{Storage}_{(j,1)}] \geq 3000 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,2} \cdot \text{Storage}_{(j,2)}] \geq 3000$$

$$\sum_{j=1}^8 [X_{j,3} \cdot \text{Storage}_{(j,3)}] \geq 3000 \quad \sum_{j=1}^8 [X_{j,4} \cdot \text{Storage}_{(j,4)}] \geq 3000$$

$$X \geq 0$$

Рисунок 7 – Формулювання оптимізаційної задачі мінімізації часу роботи хмарного сервісу

У табл. 4 представлено параметри можливих конфігурацій хмарних серверів.

Таблиця 4 – Модулі конфігурації хмарних серверів класу EC2

Name	Memory	vCPUs	Maximum number of CPU cores	Instance Storage	Network Performance	Linux Reserved cost
X1 Extra High-Memory 16xlarge	976,0 GB	64 vCPUs	32	1920 GiB SSD	10 Gigabit	\$5,754 hourly
X1 Extra High-Memory 32xlarge	1952,0 GB	128 vCPUs	64	3840 GiB SSD	25 Gigabit	\$11,508 hourly
X1E Extra Large	122,0 GB	4 vCPUs	2	120 GiB SSD	Up to 10 Gigabit	\$0,719 hourly
X1E Double Extra Large	244,0 GB	8 vCPUs	4	240 GiB SSD	Up to 10 Gigabit	\$1,438 hourly
X1E Quadruple Extra Large	488,0 GB	16 vCPUs	8	480 GiB SSD	Up to 10 Gigabit	\$2,877 hourly
X1E Eight Extra Large	976,0 GB	32 vCPUs	16	960 GiB SSD	Up to 10 Gigabit	\$5,753 hourly
X1E 16xlarge	1952,0 GB	64 vCPUs	32	1920 GiB SSD	10 Gigabit	\$11,506 hourly
X1E 32xlarge	3904,0 GB	128 vCPUs	64	3840 GiB SSD	25 Gigabit	\$23,013 hourly

Згідно з отриманим розв'язком оптимальною є конфігурація на базі серверу X1 Extra High-Memory 32xlarge, наведена у табл. 4. Мінімальний час роботи серверу за такої конфігурації апаратного забезпечення для розв'язання чотирьох задач становить 64 хвилини (табл. 5).

Таблиця 5 – Мінімальний час роботи серверу X1 Extra High-Memory 32xlarge

Номер задачі	1	2	3	4
Час розв'язування, хв.	2	15	28	19

На рис. 8 наведено результат оптимізації часу роботи хмарного сервісу, який отримано за допомогою функції Minimize системи Mathcad.

Розв'язування багатокритеріальної задачі (1)–(3) з основною цільовою функцією мінімізації вартості використання хмарного сервісу здійснено шляхом приєднання до системи (3) обмеження

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot CPU_j \cdot f_i(CPU_j) \leq 64.$$

При цьому мінімальне значення вартості використання хмарного сервісу становить

$$F_{2\min} = 12,26\$.$$

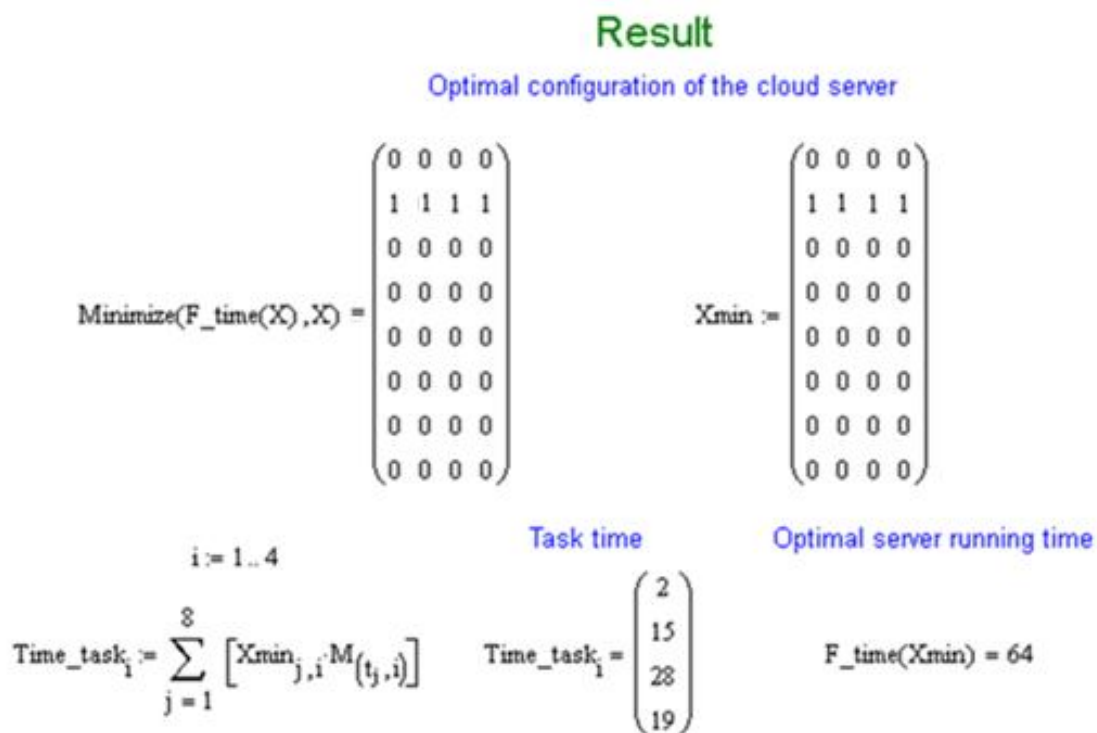


Рисунок 8 – Формулювання математичної моделі для мінімізації часу роботи хмарного сервісу

Для оцінки ефективності впровадження моделі застосовано метод розрахунку сукупної вартості володіння (рис. 9), в основу якого покладено компаративний аналіз сукупної вартості володіння для фізичної інфраструктури та хмарних серверів. Для визначеної в результаті моделювання оптимальної конфігурації хмарного серверу економія на період у три роки складатиме 255 тис. дол. або 85 % у порівнянні з фізичною інфраструктурою.

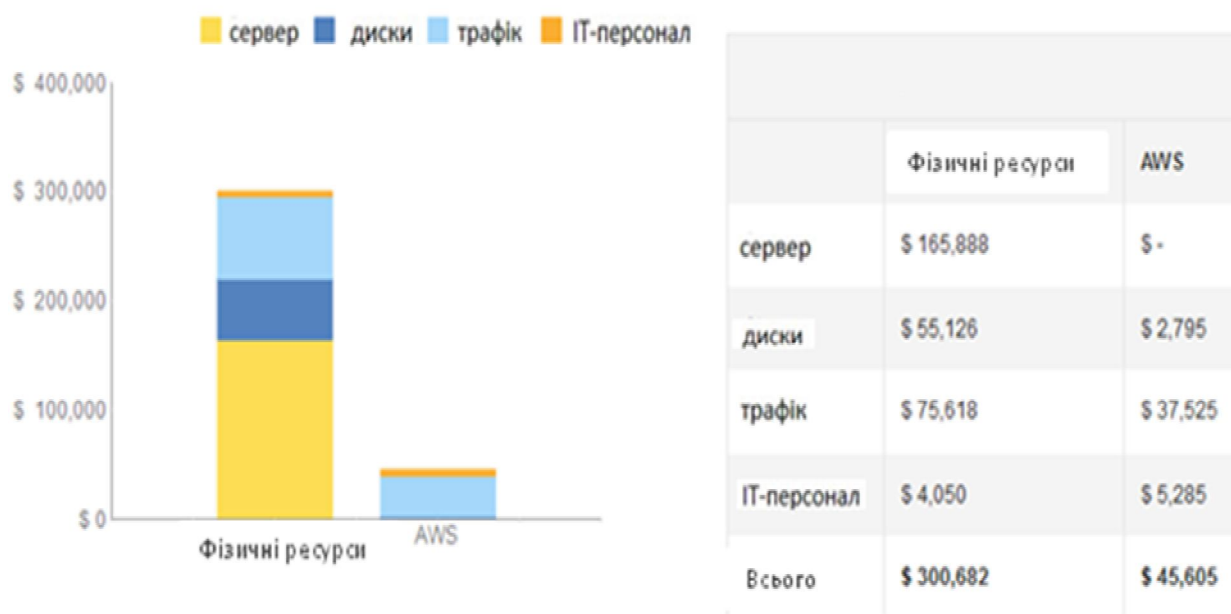


Рисунок 9 – Порівняння вартості хмарної та фізичної інформаційної архітектури банку за трирічний період

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності обробки інформації регламенту операційного дня банку шляхом модернізації інформаційної архітектури банку на основі впровадження хмарних технологій.

1. Проведено аналіз існуючих інформаційних технологій, моделей і методів оптимізації потужності та вартості хмарних обчислень для побудови сервіс-орієнтованих банківських систем. Проаналізовано основні банківські ІС та доцільність застосування до них різних моделей розгортання хмарних технологій. У порівнянні з аналогічними відомими сервісами, такими як віртуалізація, це забезпечує перевагу, адже немає необхідності придбання чи оренди обладнання, а обчислювана потужність може масштабуватися в значно ширшому діапазоні.

2. Побудовано математичну модель процесу закриття операційного дня банку і вирішено задачу оптимізації часу та вартості обробки інформації для банківських ІС, розгорнутих у хмарному середовищі, що дозволило визначити оптимальну конфігурацію хмарних сервісів в інформаційній архітектурі банку.

3. Удосконалено метод оцінки загроз інформаційної безпеки банку при впровадженні хмарних технологій, що на відміну від існуючих має в основі якісний аналіз імовірності ризику та обсягу збитків згідно міжнародного стандарту класифікації кібернетичних атак MITRE, що дозволяє оптимізувати механізми захисту інформаційної архітектури банку від потенційних кібератак.

4. Проведено аналіз інформаційних технологій мінімізації ризиків безпеки хмарних технологій для автоматизованих банківських систем шляхом застосування механізмів єдиного входу для забезпечення багатофакторної автентифікації користувачів. Для вирішення проблем порушення цілісності, конфіденційності та доступності запропоновано сучасні підходи, які базуються на застосуванні механізмів єдиного входу SSO, що дозволяє забезпечити сильну автентифікацію користувачів.

5. Удосконалено інформаційну технологію реплікації даних банківських ІС та хмарних додатків щодо ефективного розподілення потоків даних для уникнення деградаційного впливу на основну репліку бази даних системи за рахунок модернізації інформаційної архітектури банку на основі хмарних технологій. Це дозволяє підвищити ефективність обробки великих обсягів запитів на читання, анонімізацію та шифрування даних, захисту цілісності транспортних інтерфейсів. Реплікація даних до власного наземного дата-центру банку дозволяє врахувати вимоги НБУ щодо локалізації банківських клієнтських даних на території України.

6. Виконано впровадження результатів дисертаційної роботи у діяльність управління менеджменту портфелю проектів АТ «Райффайзен Банк Аваль» (м. Київ) щодо модернізації архітектури банківських інформаційних систем та розробки програмного забезпечення на основі

хмарних технологій; у діяльність ТОВ «ІТ Інновації Україна» (м. Київ) щодо класифікації загроз інформаційної безпеки на основі якісної оцінки ризиків та ефективності використання серверних ресурсів за рахунок застосування хмарних обчислень.

Результати досліджень впроваджено у навчальний процес кафедри кібернетики та системного аналізу Київського національного торговельно-економічного університету.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Баглай Р.О. Хмарні обчислення в діяльності банківських установ / Р.О. Баглай // Системи обробки інформації. – 2017. – № 151. – С. 76-81.
2. Baglai R. Research of deployment models of cloud technologies for banking information systems / R. Baglai // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2018. – № 3/4 (41). – С. 47-52.
3. Баглай Р.О. Загрози безпеки хмарних технологій для банків / Р.О. Баглай // Системи обробки інформації. – 2018. – № 1 (152). – С. 127-135.
4. Баглай Р.О. Механізми управління безпекою банківських інформаційних систем / Р.О. Баглай // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2018. – № 31. – С. 113-118.
5. Baglai R. Cloud identity access management for banks / R. Baglai // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – 2018. – № 2A/2018. – С. 16-25.
6. Баглай Р.О. Cloud-based architecture of a bank / Р.О. Баглай, А.А. Роскладка // Структурні зміни у суспільстві та економіці під впливом комунікацій та інформації : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції / Полтава : ПУЕТ, 2016. – С. 254-258.
7. Баглай Р.О. Cloud banking for e-commerce. European perspective / Р.О. Баглай // Стратегічні пріоритети розвитку внутрішньої торгівлі України на інноваційних засадах : матеріали міжнародної науково-практичної конференції / Львів : Видавництво ЛТЕУ. – 2017. – С. 228-229.
8. Baglai R. Cloud based architecture of the core banking system / A. Roskladka, N. Roskladka, G. Kharlamova, R. Baglai // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – Vol. 2393. – P. 316-331.

АНОТАЦІЇ

Баглай Р.О. Информационная архитектура банка на основе облачных технологий. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Киевский национальный торгово-экономический университет, Киев, 2019.

В диссертации проведен анализ возможности внедрения облачных технологий для обеспечения деятельности банковских учреждений и поддержки функционирования бизнес-процессов. Рассмотрены проблемы и преимущества облачных технологий на различных уровнях архитектурного ландшафта банка с учетом специфики нормативно-правового регулирования деятельности финансового учреждения.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности обработки информации регламента операционного дня банка путем модернизации информационной архитектуры банка на основе внедрения облачных технологий.

Рассмотрены современные подходы к управлению безопасностью ИТ банковских учреждений для минимизации угроз, в том числе порожденных облачными технологиями. Предложено современный подход к построению систем с механизмами обеспечения безопасности ИТ. Проведен анализ угроз безопасности информационных технологий при внедрении облачных вычислений для обеспечения бесперебойной и эффективной деятельности банковских учреждений и предложены меры по минимизации этих угроз.

Результаты исследования апробированы путем внедрения соответствующих проектов, обусловленных вызовами и тенденциями банковской сферы, рыночными и регуляторными изменениями.

Ключевые слова: информационная технология, архитектура банка, облачная технология, база данных, OLTP, OLAP.

Баглай Р.О. Інформаційна архітектура банку на основі хмарних технологій. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Київський національний торговельно-економічний університет, Київ, 2019.

У дисертації проведено аналіз можливості впровадження хмарних технологій для забезпечення діяльності банківських установ та підтримки функціонування бізнес-процесів. Розглянуто проблеми та переваги хмарних технологій на різних рівнях архітектурного ландшафту банку з урахуванням специфіки нормативно-правового регулювання діяльності фінансової установи.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності обробки інформації регламенту операційного дня банку шляхом модернізації інформаційної архітектури банку на основі впровадження хмарних технологій.

Розглянуто сучасні підходи щодо управління безпекою ІТ банківських установ для мінімізації загроз, в тому числі породжених хмарними технологіями. Запропоновано сучасний підхід до побудови систем з механізмами забезпечення безпеки ІТ. Проведено аналіз загроз безпеки інформаційних технологій при впровадженні хмарних обчислень для забезпечення безперебійної та ефективної діяльності банківських установ та запропоновано заходи щодо мінімізації цих загроз.

Результати дослідження апробовані шляхом впровадження відповідних проектів, обумовлених викликами і тенденціями банківської сфери, ринковими та регуляторними змінами. Виконано впровадження результатів дисертаційної роботи у діяльність управління менеджменту портфелю проектів АТ «Райффайзен Банк Аваль» (м. Київ) щодо модернізації архітектури банківських інформаційних систем та розробки програмного забезпечення на основі хмарних технологій; у діяльність ТОВ «ІТ Інновації Україна» (м. Київ) щодо класифікації загроз інформаційної безпеки на основі якісної оцінки ризиків та ефективності використання серверних ресурсів за рахунок застосування хмарних обчислень.

Ключові слова: інформаційна технологія, архітектура банку, хмарна технологія, база даних, OLTP, OLAP.

Baglai R. Cloud-Based Information Architecture of a Bank. – Manuscript.

The research for a Ph.D. science degree by specialty 05.13.06 – information technologies. – Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, 2019.

The feasibility study for implementation of cloud technologies to support the activities of banking institutions and functioning of business processes is conducted in the dissertation. The problems and advantages of cloud technologies at different levels of the bank's architectural landscape are investigated, taking into account the specifics of regulatory activity of a financial institution.

The purpose of the dissertation is to increase the efficiency of information processing in frames of end of day procedure of the Core Banking System by modernizing the information architecture of the bank based on cloud technologies implementation.

Modern approaches to managing IT security of banking institutions to minimize threats, including those generated by cloud technologies, are considered. A modern approach to building systems with IT security mechanisms is proposed. The analysis of information technology security threats in the implementation of cloud computing has been conducted to ensure the smooth and efficient operation of banking institutions and measures have been proposed to minimize these threats.

The proof of concepts for results of the study was included to the relevant projects, driven by the challenges and trends of the banking sector, market and regulatory changes.

Keywords: information technology, architecture of a bank, cloud technology, data base, OLTP, OLAP.



БАГЛАЙ РОМАН ОЛЕГОВИЧ

**ІНФОРМАЦІЙНА АРХІТЕКТУРА БАНКУ
НА ОСНОВІ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. 838

Видавець і виготовлювач
Київський національний торговельно-економічний університет
вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, 02156