Практична робота №2

ПЛАНУВАННЯ ВИТРАТ І ДОСТУПНОСТІ ХМАРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В AZURE

Мета заняття: ознайомитися з принципами планування витрат і доступності хмарної інфраструктури в Azure; дослідити фактори, що впливають на вартість ресурсів, та моделі оплати; навчитися виконувати оцінку вартості за допомогою Azure Pricing Calculator та Azure Retail Prices API; ознайомитися з можливостями Microsoft Cost Management для контролю витрат з використанням budgets і tags; навчитися розраховувати сукупний (composite) SLA для багатокомпонентних і багаторегіональних архітектур.

Теоретичні відомості

Загальні відомості про планування витрат у хмарі

Планування хмарної інфраструктури неможливо звести лише до вибору віртуальних машин чи інших сервісів хмарного провайдера. Заздалегідь необхідно оцінити, скільки коштуватимуть ресурси протягом усього життєвого циклу і наскільки надійним буде розгорнуте рішення. Обидві характеристики взаємопов’язані: підвищення доступності, як правило, потребує дублювання компонентів і, відповідно, збільшує вартість.

Capital Expenditure (CapEx) – капітальні витрати, тобто одноразові інвестиції у фізичну інфраструктуру, вартість якої згодом амортизується протягом строку її служби. У моделі власного датацентру до CapEx належать витрати на сервери, системи зберігання даних, мережеве обладнання, безстрокові ліцензії на програмне забезпечення, а також на будівництво або облаштування приміщення, систем живлення та охолодження. Такі витрати здійснюються наперед, а обладнання закуповується з розрахунку на пікове навантаження, тож частина потужностей тривалий час простоює.

Operational Expenditure (OpEx) – операційні витрати, тобто регулярні платежі за послуги або ресурси, які відносяться на той самий період, у якому їх здійснено. У хмарній моделі більшість витрат належить саме до OpEx:

оплачується лише фактично використаний обсяг ресурсів без попередніх інвестицій в обладнання. Водночас частина операційних витрат, наприклад оплата праці фахівців, що супроводжують інфраструктуру, присутня як у локальній, так і в хмарній моделі.

Хмара Azure побудована на **consumption-based model** – моделі оплати за фактичне споживання. Така модель дає змогу не платити за потужності, що простоюють, масштабувати ресурси відповідно до навантаження та видаляти їх, коли потреба зникає. Зворотним боком цієї моделі є менша передбачуваність витрат: забутий ресурс продовжує тарифікуватися, тому оцінка та контроль витрат є обов'язковою частиною експлуатації хмарної інфраструктури.

Раніше для порівняння вартості власної інфраструктури з розміщенням в Azure Microsoft пропонувала калькулятор сукупної вартості володіння (Total Cost of Ownership, TCO Calculator). У 2025 році цей інструмент було виведено з використання. Для оцінки вартості та потенційної економії під час міграції Microsoft рекомендує функцію business case у сервісі Azure Migrate, а для оцінки вартості хмарних ресурсів – Azure Pricing Calculator.

Фактори, що впливають на вартість ресурсів в Azure

Вартість одного й того самого рішення в Azure може суттєво відрізнятися залежно від низки факторів:

- тип ресурсу – кожен сервіс має власну модель тарифікації, а в межах сервісу ціна залежить від рівня (tier) та розміру (SKU): наприклад, віртуальні машини тарифікуються за час роботи, а Storage Account – за обсяг збережених даних і кількість операцій;
- обсяг споживання – більшість ресурсів оплачується за фактично використаний обсяг (години роботи, гігабайти, кількість запитів), тому вимкнення або видалення ресурсів, що не використовуються, безпосередньо зменшує витрати;
- супутні ресурси – створення одного ресурсу часто тягне за собою створення інших: віртуальна машина потребує дисків, мережевого

інтерфейсу, публічної IP-адреси; після видалення основного ресурсу супутні можуть залишитися і продовжувати тарифікуватися;

- географія – ціни на однакові ресурси відрізняються між регіонами через різну вартість електроенергії, оренди, податків і робочої сили;
- мережевий трафік – вхідний трафік у датацентри Azure не тарифікується, тоді як вихідний трафік в інтернет і трафік між регіонами оплачується залежно від обсягу та напрямку;
- тип підписки – окремі типи підписок, зокрема Azure for Students, містять кредит або безкоштовні обсяги певних сервісів;
- Azure Marketplace – рішення сторонніх постачальників можуть містити, окрім вартості ресурсів Azure, плату за ліцензію постачальника.

Моделі оплати та способи зменшення витрат

Окрім стандартної оплати за фактичне споживання, Azure пропонує моделі, що дають змогу зменшити витрати в обмін на певні зобов'язання або обмеження. Основні з них наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Моделі оплати в Azure

Модель	Суть	Типовий сценарій	Обмеження
Pay-as-you-go	Оплата за фактичне використання за базовою ціною без зобов'язань	Змінні або непередбачувані навантаження, тестові середовища	Найвища ціна за одиницю ресурсу
Reservations (1 або 3 роки)	Зобов'язання використовувати певний тип ресурсу (наприклад, серію віртуальних машин у певному регіоні) протягом терміну в обмін на знижку до 72 %	Стабільні навантаження, що працюють цілодобово	Знижка застосовується лише до відповідного типу ресурсу та регіону; оплата не залежить від фактичного використання
Savings plan for compute (1 або 3 роки)	Зобов'язання витрачати фіксовану суму на годину на обчислювальні ресурси в обмін на знижку до 65 %	Стабільні навантаження, конфігурація яких може змінюватися (серія віртуальних машин, регіон, сервіс)	Знижка менша, ніж для Reservations; невикористана погодинна сума не переноситься

Модель	Суть	Типовий сценарій	Обмеження
Spot VMs	Використання вільних обчислювальних потужностей Azure зі знижкою до 90 %	Пакетна обробка, CI/CD, обчислення, стійкі до переривань	Azure може примусово зупинити віртуальну машину (eviction), коли потужності знадобляться; SLA не надається
Azure Hybrid Benefit	Використання наявних ліцензій Windows Server або SQL Server з Software Assurance замість оплати ліцензії у складі ціни ресурсу	Організації з наявними ліцензіями Microsoft	Потребує відповідних ліцензій; зменшує лише ліцензійну складову ціни

Інструменти для оцінки вартості

Azure Pricing Calculator – вебінструмент для попередньої оцінки вартості розміщення інформаційних систем в Azure. Калькулятор доступний за адресою https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator та не потребує наявності підписки.

Інтерфейс Azure Pricing Calculator має три основні зони:

- product picker (вибір продуктів) – каталог усіх сервісів Azure з пошуком та фільтрами;
- estimate configuration – область, де налаштовуються параметри обраних сервісів: регіон, тип, розмір, клас сховища, кількість годин роботи, кількість екземплярів, модель оплати тощо; у разі зміни будь-якого значення (наприклад, кількості годин роботи віртуальної машини з 730 на 200) розрахунок оновлюється автоматично;
- estimation summary – підсумок з орієнтовними щомісячними та одноразовими витратами для всіх доданих сервісів, вибором валюти та плану підтримки, експортом у файл Excel і можливістю поділитися посиланням на розрахунок.

Для віртуальних машин та інших обчислювальних ресурсів у параметрах Savings Options доступні pay-as-you-go, savings plan та reserved instances на 1 або 3 роки, а для Windows і SQL Server – опція Azure Hybrid Benefit, що дає змогу одразу порівняти вартість різних моделей оплати. Вартість вихідного мережевого трафіку оцінюється окремим сервісом

Bandwidth. Після входу в обліковий запис оцінки можна зберігати, повертатися до них згодом і вносити зміни. Варто враховувати, що результат калькулятора є орієнтовним: він не враховує фактичних коливань споживання, податків та індивідуальних знижок.

Azure Retail Prices API – публічний REST API, що повертає роздрібні ціни на всі сервіси Azure. Для доступу до нього не потрібні ні автентифікація, ні підписка, тому запит можна виконати безпосередньо в адресному рядку браузера. Базова адреса API:

```
https://prices.azure.com/api/retail/prices
```

Для звуження результатів використовується параметр $filter із синтаксисом OData: оператор eq для порівняння, and для поєднання умов і функція contains() для пошуку підрядка. Найчастіше фільтрування виконується за полями serviceName (назва сервісу), armRegionName (регіон у форматі ARM, наприклад swedencentral), armSkuName (SKU у форматі ARM, наприклад Standard_D2s_v5) і priceType (Consumption або Reservation). Приклад запиту для отримання цін на віртуальну машину Standard_D2s_v5 у регіоні Sweden Central:

```
https://prices.azure.com/api/retail/prices?$filter=serviceName eq
'Virtual Machines' and armRegionName eq 'swedencentral' and armSkuName
eq 'Standard_D2s_v5'
```

Відповідь повертається у форматі JSON, де масив Items містить окремий запис для кожного лічильника (meter). Під час аналізу відповіді варто враховувати таке:

- поле retailPrice містить ціну без знижок, а поле unitOfMeasure – одиницю тарифікації (наприклад, 1 Hour);
- для Linux- та Windows-віртуальних машин повертаються окремі записи, які розрізняються за полем productName: записи для Windows містять у назві слово Windows;
- записи для Spot VMs та Low Priority розпізнаються за полем meterName, що містить відповідно Spot або Low Priority;
- для записів з type Reservation ціна вказується за весь термін резервування (поле reservationTerm), тому для порівняння з

погодинною ціною її необхідно поділити на кількість годин у терміні: 8760 для 1 року та 26 280 для 3 років;

- ціни для savings plan повертаються лише в preview-версії API, яка задається параметром api-version=2023-01-01-preview;
- валютою за замовчуванням є USD; іншу валюту можна задати параметром currencyCode, наприклад currencyCode='EUR'.

Контроль витрат з використанням Microsoft Cost Management

Якщо Azure Pricing Calculator оцінює витрати до розгортання ресурсів, то **Microsoft Cost Management** призначений для контролю фактичних витрат після розгортання. Сервіс доступний в Azure Portal на рівні Management group, Subscription або Resource group та надає такі можливості:

- Cost analysis – інтерактивний аналіз фактичних і прогнозованих витрат з групуванням та фільтруванням за Resource group, сервісом, регіоном, тегом тощо;
- Budgets – планові обсяги витрат для певної області та періоду з умовами сповіщень;
- Alerts – сповіщення про досягнення порогів бюджету, аномалії у витратах тощо;
- Advisor recommendations – рекомендації Azure Advisor щодо оптимізації витрат, наприклад зменшення розміру недовантажених віртуальних машин або видалення ресурсів, що не використовуються;
- Exports – регулярне вивантаження детальних даних про витрати в Storage Account для подальшого аналізу.

Дані про витрати надходять у Cost Management із затримкою, яка може сягати доби. Тому Cost analysis новоствореної підписки або підписки без витрат може не містити даних, а щойно створені ресурси відображаються в ньому не одразу.

Budget визначається такими параметрами: область (scope) – Subscription або Resource group, до якої застосовується бюджет; необов’язкові

фільтри (наприклад, за Resource group, сервісом чи тегом); період скидання (reset period) – щомісячний, щоквартальний або щорічний; дата створення та дата завершення дії; сума бюджету. До бюджету додаються умови сповіщень (alert conditions) двох типів:

- Actual cost – сповіщення надсилається, коли фактичні витрати досягають заданого відсотка від суми бюджету;
- Forecasted cost – сповіщення надсилається, коли прогнозовані до кінця періоду витрати досягають заданого відсотка, тобто ще до того, як фактичне перевищення відбудеться.

Сповіщення надсилаються на вказані адреси електронної пошти або передаються в action group – механізм Azure Monitor, що дає змогу автоматизувати реакцію на подію (виклик webhook, запуск Azure Functions чи Logic Apps тощо). Action groups буде розглянуто в практичній роботі, присвяченій моніторингу; у межах цієї практичної роботи для сповіщень достатньо електронної пошти. Для того, щоб листи зі сповіщеннями не потрапляли до спаму, адресу azure-noreply@microsoft.com рекомендується додати до списку дозволених відправників.

Важливо розуміти, що budget **не обмежує** витрати: після перевищення порогу ресурси продовжують працювати й тарифікуватися, а бюджет лише інформує про це. На відміну від бюджету, spending limit, який діє для окремих типів підписок, зокрема Azure for Students, вимикає ресурси після вичерпання наданого кредиту. Отже, spending limit захищає від перевищення кредиту, а budget допомагає контролювати витрати відповідно до власного плану.

Використання тегів для розподілу витрат

Tags – це пари «ключ–значення», що призначаються Subscription, Resource group або окремому ресурсу. У контексті керування витратами теги дають змогу розподіляти витрати між проєктами, підрозділами, середовищами чи центрами витрат незалежно від того, в яких Resource groups і Subscriptions розміщено ресурси. Наприклад, теги project=web-portal та

costCenter=CC1024 дають змогу в Cost analysis згрупувати витрати за проєктом, а в бюджеті – застосувати фільтр, щоб контролювати витрати лише одного проєкту.

Під час роботи з тегами в Cost Management варто враховувати такі особливості:

- теги, призначені Resource group, автоматично не успадковуються ресурсами всередині неї, тому для обліку витрат ресурсу за тегом цей тег має бути призначений безпосередньо ресурсу; механізм автоматичного успадкування тегів з використанням Azure Policy буде розглянуто в наступних практичних роботах;
- теги враховуються лише для витрат, що виникли після їх призначення, – витрати за минулі періоди заднім числом не перераховуються;
- значення тегів у фільтрах Cost analysis і бюджетів формуються з уже наявних даних про витрати, тому тег, з яким ще не пов’язано жодних витрат, у переліку для вибору відсутній.

Угода про рівень обслуговування (SLA) та розрахунок сукупної доступності

Service Level Agreement (SLA) – це угода між постачальником послуг і замовником, яка визначає гарантований рівень доступності сервісу, методику його вимірювання та розмір компенсації в разі невиконання гарантій. В Azure компенсація надається у вигляді service credits – відсотка від щомісячної плати за сервіс. Azure надає гарантії доступності для більшості платних сервісів (як правило, від 99,9 до 99,999 %), тоді як безкоштовні рівні сервісів, наприклад Free tier для App Service, гарантій доступності не мають. Актуальні значення SLA для всіх сервісів наведено в документі Service Level Agreements for Online Services (https://www.microsoft.com/licensing/docs/view/Service-Level-Agreements-SLA-for-Online-Services).

Значення SLA часто залежить від конфігурації ресурсу. Наприклад, для однієї віртуальної машини з дисками Premium SSD гарантується 99,9 %, для двох і більше віртуальних машин в Availability Set – 99,95 %, а для двох і більше віртуальних машин, розподілених між Availability Zones, – 99,99 %. Отже, рівень доступності є наслідком архітектурних рішень, а не лише вибору сервісу.

Відсоток доступності зручніше інтерпретувати як допустимий час простою. Відповідність між ними наведено в табл. 3; місячний простій розраховано для 730 годин – тієї самої тривалості місяця, що використовується в Azure Pricing Calculator.

Таблиця 3

Відповідність відсотка SLA максимальній тривалості простою

Відсоток SLA	Простій на добу	Простій на місяць (730 год)
99,5 %	7 хв 12 с	3 год 39 хв
99,9 %	1 хв 26 с	43 хв 48 с
99,95 %	43 с	21 хв 54 с
99,99 %	8,6 с	4 хв 23 с
99,999 %	0,86 с	26 с

Наведені значення є граничними: фактичний простій може бути меншим і залежить від архітектури рішення та його відмовостійкості.

Послідовне з’єднання компонентів. Якщо відмова будь-якого з компонентів робить систему недоступною, компоненти з’єднані послідовно. Наприклад, вебзастосунок на App Service, що звертається до Azure SQL Database, недоступний як у разі збою App Service, так і в разі збою бази даних. Сукупний SLA такої системи дорівнює добутку SLA всіх компонентів:

$$SLA(посл) = SLA_1 \times SLA_2 \times \ldots \times SLA_n$$

Сукупний SLA послідовної системи завжди нижчий за SLA найменш доступного компонента, тому кожен доданий до ланцюжка компонент знижує доступність системи.

Паралельне з’єднання компонентів. Якщо система містить кілька незалежних копій, кожна з яких здатна самостійно обслуговувати запити

(наприклад, повні копії застосунку в різних регіонах), то система недоступна лише тоді, коли одночасно недоступні всі копії. Імовірність недоступності однієї копії дорівнює (1 – SLA), а всіх n копій одночасно – $(1 – SLA)^n$. Звідси:

$$SLA(nap) = 1 – (1 – SLA)^n$$

Для розподілу запитів між копіями системи в різних регіонах потрібна глобальна точка входу, наприклад Azure Front Door або Azure Traffic Manager. Сама точка входу є окремим компонентом, що з'єднаний послідовно з усією паралельною частиною системи.

Приклад розрахунку. Розглядається вебзастосунок, що складається з App Service (SLA 99,95 %) та Azure SQL Database (SLA 99,99 %), у трьох варіантах архітектури.

Архітектура А – усі компоненти розміщено в одному регіоні та з'єднано послідовно:

$$SLA(A) = 0{,}9995 \times 0{,}9999 = 0{,}99940005 \approx 99{,}94\ \%$$

Допустимий простій становить $(1 – 0{,}99940005) \times 730 \times 60 \approx 26{,}3$ хв на місяць.

Архітектура Б – повні копії системи розміщено у двох регіонах без глобальної точки входу. Кожен регіон розглядається як послідовна система з SLA 99,94 %, а регіони з'єднані паралельно:

$$SLA(Б) = 1 – (1 – 0{,}99940005)^2 \approx 0{,}99999964 \approx 99{,}99996\ \%$$

Такий результат є суто теоретичним: без механізму, що переспрямовує користувачів до працездатного регіону, друга копія системи не підвищує фактичну доступність.

Архітектура В – повні копії системи розміщено у двох регіонах, а запити розподіляються через Azure Front Door (SLA 99,99 %), з'єднаний послідовно з паралельною частиною:

$$SLA(B) = 0{,}9999 \times 0{,}99999964 \approx 0{,}99989964 \approx 99{,}99\ \%$$

Допустимий простій становить ≈ 4,4 хв на місяць.

Порівняння архітектур показує, що розміщення копій системи у двох регіонах зменшило допустимий простій приблизно вшестеро, однак

сукупний SLA обмежений SLA глобальної точки входу: архітектура B не може перевищити 99,99 % незалежно від кількості доданих регіонів. Тому підвищення доступності потребує аналізу найслабшої ланки, а не дублювання всіх компонентів поспіль. Водночас кожна додаткова копія системи збільшує її вартість, тож вибір архітектури завжди є компромісом між доступністю та витратами.

Наведені розрахунки ґрунтуються на спрощеннях: відмови компонентів вважаються незалежними, перемикання між регіонами – миттєвим, а синхронізація даних між регіонами – такою, що не впливає на доступність. На практиці фактична доступність залежить також від помилок у самому застосунку, часу перемикання та способу реплікації даних.

Хід роботи

1. Використовуючи Azure Pricing Calculator (https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator) та дані з табл. 4, дослідити вплив факторів на вартість віртуальної машини. Параметри, не задані в таблиці, залишити за замовчуванням; тривалість роботи – 730 годин на місяць. Для цього:

- додати до оцінки сервіс Virtual Machines із SKU та операційною системою за варіантом у регіоні 1 і зафіксувати місячну вартість для кожної опції Savings Options: pay-as-you-go, 1 year savings plan, 3 year savings plan, 1 year reserved, 3 year reserved (не для усіх розмірів віртуальних машин за варіантом у всіх або певних регіонах доступні Savings Plan та/або Reserved Instance – у звіті пояснити чому);
- для варіантів з операційною системою Windows додатково зафіксувати вартість pay-as-you-go з увімкненою опцією Azure Hybrid Benefit;
- змінити регіон на регіон 2 та зафіксувати вартість pay-as-you-go;
- додати до оцінки сервіс Bandwidth з обсягом вихідного трафіку між регіонами (Inter Region) з регіону 1 у регіон 2 за варіантом і зафіксувати його вартість;

- експортувати оцінку у файл Excel та додати до звіту скріншот відкритого експортованого файлу, на якому видно всі позиції оцінки та підсумкову вартість.

Результати звести в таблицю у звіті та для кожної опції розрахувати відсоток економії або подорожчання відносно вартості pay-as-you-go у регіоні 1. До звіту додати скріншоти розрахунків і сформулювати висновки щодо впливу кожного з досліджених факторів на вартість.

2. Використовуючи Azure Retail Prices API, отримати ціни на віртуальну машину за варіантом (табл. 4) у регіоні 1. Запити виконати в адресному рядку браузера, підставивши замість <SKU> значення armSkuName, а замість <регіон> – значення armRegionName за варіантом:

```
https://prices.azure.com/api/retail/prices?$filter=serviceName eq
'Virtual Machines' and armRegionName eq '<регіон>' and armSkuName eq
'<SKU>' and priceType eq 'Consumption'
https://prices.azure.com/api/retail/prices?$filter=serviceName eq
'Virtual Machines' and armRegionName eq '<регіон>' and armSkuName eq
'<SKU>' and priceType eq 'Reservation'
```

У відповідях знайти та зафіксувати у звіті:

- погодинну ціну pay-as-you-go для операційної системи за варіантом;
- погодинну ціну Spot VM для операційної системи за варіантом;
- ціни резервування на 1 та 3 роки, перераховані в погодинну ціну.

Перерахувати отримані значення в місячні (730 годин) та порівняти з результатами завдання 1. Пояснити можливі розбіжності, враховуючи, що ціна резервування не містить вартості ліцензії Windows, та визначити, у скільки разів Spot VM дешевша за pay-as-you-go. До звіту додати використані запити та скріншоти відповідей з виділеними записами.

3. Створити Resource group з тегами та налаштувати бюджет для своєї Subscription:

- в Azure Portal створити Resource group з назвою rg-cost-yyy-zzz, де yyy – ініціали студента, zzz – номер варіанта (наприклад, для 15 варіанта – 015), у регіоні 1 з тегами за варіантом (табл. 4);

- на рівні Subscription перейти в Cost Management > Budgets та створити бюджет з назвою budget-yyy-zzz: Reset period – Monthly, Amount – сума бюджету за варіантом, дату завершення дії залишити за замовчуванням;
- на вкладці Set alerts додати дві умови сповіщень: Actual cost – 80 % і Forecasted cost – 100 %; для обох умов Action group – None; у полі Alert recipients (email) вказати власну університетську електронну пошту;
- відкрити Cost analysis на рівні Subscription та згрупувати витрати за тегом project (Group by > Tag > project).

До звіту додати скріншоти створеної Resource group з тегами, параметрів бюджету, умов сповіщень, переліку бюджетів підписки та Cost analysis. Пояснити, чому Cost analysis може не містити даних, чому для обліку витрат за тегом тег має бути призначений безпосередньо ресурсам та чи зупинить бюджет роботу ресурсів у разі перевищення суми. Після виконання завдання видалити Resource group; бюджет залишити до кінця семестру для контролю витрат підписки.

4. Розрахувати сукупний (composite) SLA і допустимий простій вебзастосунку за варіантом (табл. 5) для трьох архітектур та порівняти їх за доступністю і вартістю. Система складається з трьох компонентів – шару застосунку, шару даних і додаткового компонента; в архітектурі B до них додається точка входу. Архітектури відрізняються лише кількістю регіонів і наявністю точки входу:

- архітектура A – усі три компоненти розміщено в одному регіоні (першому в переліку за варіантом) та з’єднано послідовно (рис. Б.1);
- архітектура Б – повні копії архітектури A розміщено в усіх регіонах за варіантом без точки входу (рис. Б.2);
- архітектура B – архітектура Б, доповнена точкою входу за варіантом, через яку проходять усі запити користувачів (рис. Б.3).

Розрахунок виконати за алгоритмом, наведеним у додатку Б, з тими самими спрощеннями, що й у прикладі в теоретичних відомостях. Значення SLA в табл. 5 є умовними й використовуються лише для розрахунку.

Для архітектур A та B оцінити місячну вартість за допомогою Azure Pricing Calculator: до оцінки архітектури A додати три компоненти в першому регіоні, до оцінки архітектури B – ті самі компоненти в кожному регіоні за варіантом і точку входу. Параметри сервісів, не задані в табл. 5, залишити за замовчуванням; конфігурація компонентів в усіх регіонах має бути однаковою. Архітектура Б окремо не оцінюється, оскільки за складом компонентів у регіонах вона не відрізняється від архітектури B.

До звіту додати:

- схеми трьох архітектур, складені за шаблонами з додатка Б (рис. Б.1–Б.3), із назвами сервісів, значеннями SLA та регіонами за варіантом;
- розрахунки за кожним кроком алгоритму з додатка Б;
- заповнені таблиці результатів за шаблонами з додатка Б (табл. Б.1 і Б.2);
- скріншоти оцінок вартості архітектур A і B з Azure Pricing Calculator;
- висновки щодо того, який компонент обмежує доступність архітектури B і чи виправдане зростання вартості отриманим зменшенням простою.

Таблиця 4

Дані для виконання завдань 1–3

№	Віртуальна машина (armSkuName, ОС)	Регіон 1	Регіон 2	Вихідний трафік	Тег project	Тег costCenter	Бюджет, USD
1	Standard_D2s_v5 Linux	Sweden Central	East US	0,5 TB	web-portal	CC1037	5
2	Standard_D4s_v5 Windows	Norway East	Brazil South	1 TB	payments	CC1074	10
3	Standard_E2s_v5 Linux	Germany West Central	Central India	2 TB	analytics	CC1111	15
4	Standard_F4s_v2 Windows	Switzerland North	West US 2	5 TB	crm	CC1148	20
5	Standard_D2as_v5 Linux	France Central	Southeast Asia	0,5 TB	hr-portal	CC1185	25
6	Standard_E4s_v5 Windows	Sweden Central	Australia East	1 TB	iot-hub	CC1222	5
7	Standard_D4as_v5 Linux	Norway East	Canada Central	2 TB	billing	CC1259	10
8	Standard_F2s_v2 Windows	Germany West Central	West Europe	5 TB	search	CC1296	15
9	Standard_E2as_v5 Linux	Switzerland North	Japan East	0,5 TB	media-stream	CC1333	20
10	Standard_D2s_v5 Windows	France Central	UK South	1 TB	erp-core	CC1370	25
11	Standard_D4s_v5 Linux	Sweden Central	East US	2 TB	api-gateway	CC1407	5
12	Standard_E2s_v5 Windows	Norway East	Brazil South	5 TB	datalake	CC1444	10
13	Standard_F2s_v2 Linux	Germany West Central	Central India	0,5 TB	monitoring	CC1481	15
14	Standard_D2as_v5 Windows	Switzerland North	West US 2	1 TB	backoffice	CC1518	20
15	Standard_E4as_v5 Linux	France Central	Southeast Asia	2 TB	ml-inference	CC1555	25
16	Standard_D4as_v5 Windows	Sweden Central	Australia East	5 TB	integration	CC1592	5
17	Standard_F4s_v2 Linux	Norway East	Canada Central	0,5 TB	cache-layer	CC1629	10
18	Standard_E2as_v5 Windows	Germany West Central	West Europe	1 TB	edge-services	CC1666	15
19	Standard_D8s_v5 Linux	Switzerland North	Japan East	2 TB	sec-logging	CC1703	20
20	Standard_E4s_v5 Linux	France Central	UK South	5 TB	data-warehouse	CC1740	25

Примітка. У запитах до Azure Retail Prices API назва регіону (armRegionName) записується в нижньому регістрі без пробілів, наприклад Sweden Central – swedencentral, Germany West Central – germanywestcentral. У Azure Pricing Calculator SKU відображається без префікса Standard_ та символів підкреслення, наприклад Standard_D2s_v5 – D2s v5.

Таблиця 5

Дані для розрахунку сукупного SLA

№	Точка входу	Шар застосунку	Шар даних	Додатковий компонент	Регіони
1	Azure Front Door (99,99 %)	App Service (99,95 %)	Azure SQL Database (99,99 %)	Azure Cache for Redis, Standard (99,9 %)	Sweden Central, Germany West Central
2	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Azure Kubernetes Service, Standard tier (99,95 %)	Azure Cosmos DB (99,99 %)	Azure Service Bus, Standard (99,9 %)	Norway East, Switzerland North
3	Azure Front Door (99,99 %)	Virtual Machine Scale Sets (99,95 %)	Azure Database for PostgreSQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure API Management, Standard (99,95 %)	Germany West Central, France Central
4	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Azure Functions, Premium plan (99,95 %)	Azure Database for MySQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Key Vault (99,99 %)	Switzerland North, Sweden Central, Germany West Central
5	Azure Front Door (99,99 %)	Azure Container Apps (99,95 %)	Azure SQL Database (99,99 %)	Azure Storage, LRS (99,9 %)	France Central, Norway East
6	Azure Traffic Manager (99,99 %)	App Service (99,95 %)	Azure Cosmos DB (99,99 %)	Azure Cache for Redis, Standard (99,9 %)	Sweden Central, Germany West Central
7	Azure Front Door (99,99 %)	Azure Kubernetes Service, Standard tier (99,95 %)	Azure Database for PostgreSQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Service Bus, Standard (99,9 %)	Norway East, Switzerland North
8	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Virtual Machine Scale Sets (99,95 %)	Azure Database for MySQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure API Management, Standard (99,95 %)	Germany West Central, France Central, Norway East
9	Azure Front Door (99,99 %)	Azure Functions, Premium plan (99,95 %)	Azure SQL Database (99,99 %)	Azure Key Vault (99,99 %)	Switzerland North, Sweden Central
10	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Azure Container Apps (99,95 %)	Azure Cosmos DB (99,99 %)	Azure Storage, LRS (99,9 %)	France Central, Norway East
11	Azure Front Door (99,99 %)	App Service (99,95 %)	Azure Database for PostgreSQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Cache for Redis, Standard (99,9 %)	Sweden Central, Germany West Central

№	Точка входу	Шар застосунку	Шар даних	Додатковий компонент	Регіони
12	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Azure Kubernetes Service, Standard tier (99,95 %)	Azure Database for MySQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Service Bus, Standard (99,9 %)	Norway East, Switzerland North, Sweden Central
13	Azure Front Door (99,99 %)	Virtual Machine Scale Sets (99,95 %)	Azure SQL Database (99,99 %)	Azure API Management, Standard (99,95 %)	Germany West Central, France Central
14	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Azure Functions, Premium plan (99,95 %)	Azure Cosmos DB (99,99 %)	Azure Key Vault (99,99 %)	Switzerland North, Sweden Central
15	Azure Front Door (99,99 %)	Azure Container Apps (99,95 %)	Azure Database for PostgreSQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Storage, LRS (99,9 %)	France Central, Norway East
16	Azure Traffic Manager (99,99 %)	App Service (99,95 %)	Azure Database for MySQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Cache for Redis, Standard (99,9 %)	Sweden Central, Germany West Central, France Central
17	Azure Front Door (99,99 %)	Azure Kubernetes Service, Standard tier (99,95 %)	Azure SQL Database (99,99 %)	Azure Service Bus, Standard (99,9 %)	Norway East, Switzerland North
18	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Virtual Machine Scale Sets (99,95 %)	Azure Cosmos DB (99,99 %)	Azure API Management, Standard (99,95 %)	Germany West Central, France Central
19	Azure Front Door (99,99 %)	Azure Functions, Premium plan (99,95 %)	Azure Database for PostgreSQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Key Vault (99,99 %)	Switzerland North, Sweden Central
20	Azure Traffic Manager (99,99 %)	Azure Container Apps (99,95 %)	Azure Database for MySQL – Flexible Server (99,9 %)	Azure Storage, LRS (99,9 %)	France Central, Norway East, Switzerland North

Контрольні питання

1. Чим CapEx відрізняється від OpEx і як перехід у хмару змінює співвідношення між ними?
2. Що таке consumption-based model та які її переваги й ризики для організації?
3. Які фактори впливають на вартість ресурсів в Azure? Наведіть не менше чотирьох.
4. Чим відрізняються Reservations, Savings plan for compute і Spot VMs? Для яких навантажень доцільна кожна з моделей?
5. Для чого використовується Azure Pricing Calculator і чому його оцінка може відрізнятися від фактичного рахунку?
6. Які можливості надає Microsoft Cost Management для контролю фактичних витрат?
7. Чи зупиняє budget в Azure роботу ресурсів після перевищення порогу? Чим відрізняються умови сповіщень Actual cost і Forecasted cost?
8. Як теги допомагають розподіляти витрати між проєктами чи підрозділами і які обмеження їх використання в Cost Management?
9. Як розраховується composite SLA для послідовно та паралельно з’єднаних компонентів?
10. Чому дублювання сервісів у кількох регіонах не гарантує необмеженого зростання SLA системи? Яку роль відіграє глобальна точка входу?

Додаток А

Шаблон звітної таблиці для завдання 1

Базою порівняння є місячна вартість віртуальної машини за моделлю pay-as-you-go в регіоні 1. Відхилення вартості кожної опції від бази розраховується за формулою:

Відхилення = (Вартість опції – Вартість бази) / Вартість бази × 100 %

Від'ємне значення відхилення означає економію відносно бази, додатне – подорожчання; для самої бази відхилення дорівнює 0 %. Наприклад, якщо база коштує 100 USD на місяць, а 3 year reserved – 52 USD, відхилення становить (52 – 100) / 100 × 100 % = –48 %, тобто економію 48 %.

Таблиця А.1

Вплив факторів на вартість віртуальної машини

№	Опція	Досліджуваний фактор	Вартість, USD/міс	Відхилення від бази, %
1	Pay-as-you-go, регіон 1	База порівняння		0 %
2	1 year savings plan, регіон 1	Модель оплати, термін 1 рік		
3	3 year savings plan, регіон 1	Модель оплати, термін 3 роки		
4	1 year reserved, регіон 1	Модель оплати, термін 1 рік		
5	3 year reserved, регіон 1	Модель оплати, термін 3 роки		
6	Pay-as-you-go з Azure Hybrid Benefit, регіон 1 (лише для Windows)	Ліцензування		
7	Pay-as-you-go, регіон 2	Географія		
8	Bandwidth, Inter Region, з регіону 1 у регіон 2, обсяг за варіантом	Мережевий трафік		не розраховується

Правила заповнення таблиці:

- якщо опція недоступна для SKU за варіантом у відповідному регіоні, у стовпці «Вартість» вказується «недоступно», а під таблицею наводиться пояснення причини;
- для варіантів з операційною системою Linux рядок 6 не заповнюється;

- вартість наводиться з точністю до двох знаків після коми, відхилення – до одного знака після коми.

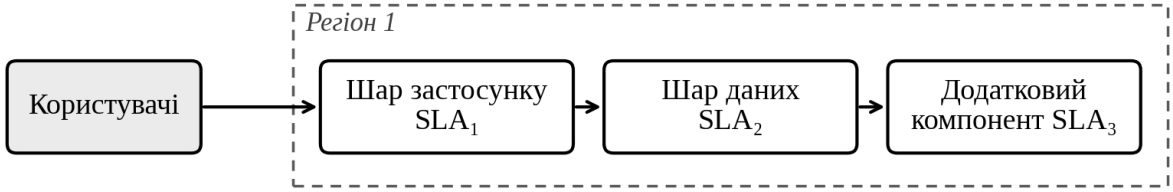
Висновки рекомендується формулювати окремо для кожного фактора:

- модель оплати та термін зобов’язання – яка модель дає найбільшу економію і чим reservation відрізняється від savings plan за гнучкістю;
- ліцензування (для Windows) – яку частку вартості віртуальної машини становить ліцензія Windows Server;
- географія – наскільки відрізняється вартість у регіоні 2 і чим це може бути зумовлено;
- мережевий трафік – яку частку від вартості віртуальної машини становить вартість міжрегіонального трафіку заданого обсягу.

Додаток Б

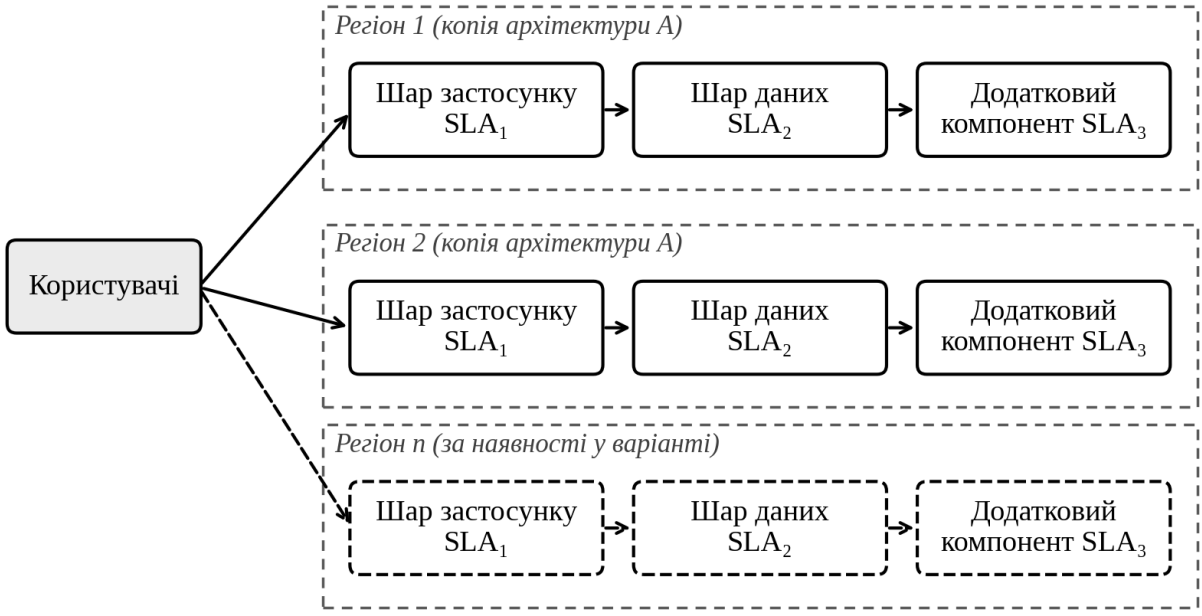
Шаблони схем архітектур для завдання 4

Схеми у звіті складаються за наведеними шаблонами. Замість загальних позначень компонентів (SLA_1 – шар застосунку, SLA_2 – шар даних, SLA_3 – додатковий компонент, SLA_0 – точка входу) вказуються назви сервісів і значення SLA за варіантом, а замість «Регіон 1», «Регіон 2» – назви регіонів. Блок «Регіон n» на рис. Б.2 і Б.3 включається до схеми лише для варіантів із трьома регіонами.



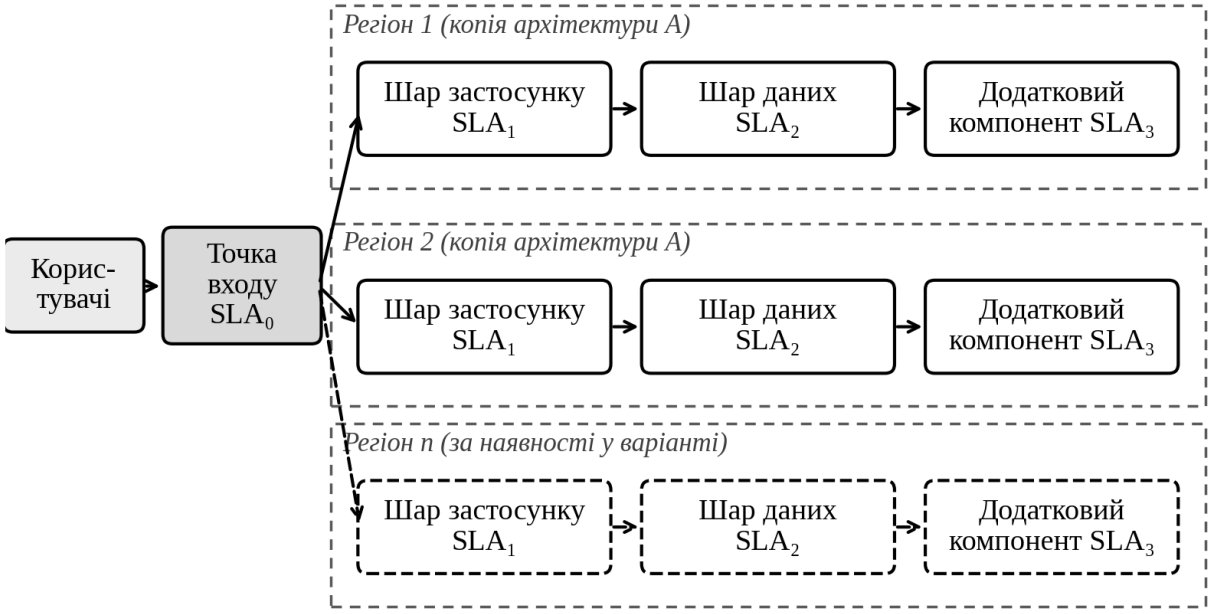
$$SLA(A) = SLA_1 \times SLA_2 \times SLA_3$$

Рис. Б.1. Шаблон схеми архітектури А



$$SLA(Б) = 1 - (1 - SLA(A))^n$$

Рис. Б.2. Шаблон схеми архітектури Б



$$SLA(B) = SLA_0 \times SLA(Б) = SLA_0 \times [1 - (1 - SLA(A))^n]$$

Рис. Б.3. Шаблон схеми архітектури В

Алгоритм розрахунку сукупного SLA

1. Виписати з табл. 5 значення SLA компонентів за варіантом і перевести їх з відсотків у частки: SLA = відсоток / 100 (наприклад, 99,95 % → 0,9995).
2. Розрахувати SLA архітектури А як добуток SLA трьох послідовно з'єднаних компонентів: $SLA(A) = SLA_1 \times SLA_2 \times SLA_3$.
3. Визначити кількість регіонів n за варіантом (2 або 3) і розрахувати SLA архітектури Б, у якій кожен регіон є незалежною копією архітектури А: $SLA(Б) = 1 - (1 - SLA(A))^n$.
4. Розрахувати SLA архітектури В, у якій точка входу з'єднана послідовно з паралельною частиною: $SLA(B) = SLA_0 \times SLA(Б)$.
5. Перевести результати кроків 2–4 у відсотки (помножити на 100) і записати з точністю не менше чотирьох знаків після коми; для архітектури Б кількість знаків збільшити настільки, щоб результат не округлювався до 100 %.
6. Для кожної архітектури розрахувати допустимий простій на місяць: Простій = (1 – SLA) × 730 × 60 хв, де SLA – частка; простій, менший за 1 хв, додатково перевести в секунди.

7. Порівняти архітектури A і B: розрахувати зміну вартості ΔВартість = (Вартість B – Вартість A) / Вартість A × 100 % та зменшення простою ΔПростій = Простій A – Простій B.
8. Визначити компонент, що обмежує SLA архітектури B: порівняти SLA(B) з SLA_0 і пояснити, чи зміниться SLA(B) суттєво, якщо додати ще один регіон.

Проміжні результати не округлюються; округлення виконується лише під час запису остаточних значень.

Шаблони таблиць результатів для завдання 4

Таблиця Б.1

Сукупний SLA, допустимий простій і вартість архітектур

Архітектура	Формула	SLA, частка	SLA, %	Простій на місяць	Вартість, USD/міс
A	$SLA_1 \times SLA_2 \times SLA_3$				
Б	$1 - (1 - SLA(A))^n$				не оцінюється
B	$SLA_0 \times SLA(Б)$				

Таблиця Б.2

Порівняння архітектур A і B

Показник	Значення
Зміна вартості під час переходу від A до B, %	
Зменшення допустимого простою під час переходу від A до B, хв на місяць	
Компонент, що обмежує SLA архітектури B	