

Дослідження хмарних технологій як сервісів для системи інженерних розрахунків

Вступ та постановка задачі. Тенденції росту пропозицій ринку хмарних сервісів України і прогнози світових витрат IDS (International Data Corporation) [1] підтверджують необхідність використання хмарних сервісів. В зв'язку з чим і постає завдання провести дослідження таких сервісів не лише на вітчизняному ринку, а й в світовій індустрії. Будь-яку послугу, що надається користувачеві за запитом через Інтернет із серверів постачальників хмарних обчислень будемо називати *хмарним сервісом* (as a Service, aaS). Таким чином хмарні сервіси саме і створені для того, щоб забезпечити простий, масштабований доступ і повністю керуються постачальником хмарних послуг. З метою задоволення потреб своїх користувачів хмарний сервіс може динамічно масштабуватись, тим паче, що компанії не турбуються про власні ресурси і ІТ-персонал, оскільки постачальник хмарних послуг забезпечує для цього необхідну апаратуру та програмне забезпечення.

Для ефективного вибору платформи для розміщення технологічного забезпечення підприємства, а саме систем інженерних розрахунків та систем автоматизованого проектування (Computer Aided Engineering as a Service (CAEaaS)), постає нелегке завдання мінімізації часу відповіді для критично важливих програм як корпоративних користувачів, так і масових клієнтів. Сучасні тенденції розвитку хмарних технологій не зменшують ймовірність помилкових концептуальних рішень. Адже “не знання” не звільняє від відповідальності за зроблений вибір. Таким чином необхідно вирішити проблематику, яка полягає у дослідженні існуючих хмарних сервісів, визначення серед цих сервісів місця CAEaaS.

В роботах [1]-[5] розглядаються лише три основні моделі обслуговування хмарних технологій. Оскільки моделі обслуговування хмарних технологій відображають будову не тільки хмарних технологій, але й інформаційних технологій в цілому, то на думку авторів дані дослідження не повною мірою охоплюють технічні і технологічні можливості хмарних обчислювальних технологій. Таким чином аналіз є дещо обмеженим.

Мета роботи. Дослідити можливості використання нової парадигми хмарних обчислень в системах, що підтримують автоматичну роботу технологічних процесів підприємств машинобудування і верстатобудування, оборонної і аерокосмічної промисловості, енергетики, суднобудування, виробництва напівпровідників, телекомунікації, хімічної, фармацевтичної і медичної промисловості, будівництва, виробництва систем опалювання, кондиціонування, вентиляції. Знайти зв'язок хмарних сервісів з рішенням інженерних задач, з метою усунення наступних проблем: пошуку необхідних платформ і сервісів для забезпечення

технологічного процесу; повторного використання програмного обчислення; моделювання і створення фізичного прототипу.

Основна частина

1 Моделі хмарних сервісів

Хмарні обчислення можуть надаватися в вигляді: сервісів, технологій, програм, платформ і інфраструктури [1-5]. Коли йде мова про хмарні обчислення (від англ. *cloud computing*), то за визначенням А.Е.Кононюка [2]: “розуміють забезпечення користувача комп’ютерними ресурсами і потужностями в вигляді інтернет-сервісів”. Відповідно до вимог NIST (національного інституту стандартів і технологій США) [8] хмарні технології повинні об’єднувати Штати, Європу, Азію та забезпечувати можливість універсального з’єднання, відкритий доступ, надійність, сумісність і користувацький вибір, конфіденційність, безпеку, стійкий розвиток і економічну вигоду. В рамках даної статті проаналізуємо саме хмарні обчислення як сервіси, які зазвичай називають aaS (від "as a Service", тобто "як сервіс", або "в вигляді сервісу"). Проведемо дослідження існуючих хмарних обчислень як сервісів.

Content as a service (CaaS) або managed content as a service (MCaaS) (керований контент як сервіс) це орієнтована на сервіс модель [1-5], де постачальник послуг доставляє контент на вимогу споживачеві сервісу за допомогою веб-служб, які ліцензуються після передплати. Вміст розміщується постачальником послуг централізовано у хмарі та пропонується зацікавленим споживачам і доставляється в будь-які застосунки чи систему.

Data as a service (DaaS) дані як сервіс - це модель надання та розповсюдження інформації, в якій файли даних (включаючи текст, зображення, звуки та відео) надаються клієнтам через мережу, як правило, в Інтернеті [1-5]. Модель використовує хмарну базову технологію, яка підтримує веб-сервіси та SOA (сервісно-орієнтовану архітектуру). Інформація DaaS зберігається у хмарі та є доступною через різні пристрої. Сервіс також вивантажує хмарний провайдер даних для хмарного постачальника. Як приклад використання DaaS можна навести Fidelitone, компанія з управління ланцюжками поставок та логістики, що використовує рішення ARI DataStream DaaS для розгортання каталогів деталей у канал клієнтів; Urban Mapping, послуга географічних даних, надає клієнтам дані для вбудовування у власні веб-сайти та програми; Xignite - це компанія, яка надає клієнтам фінансові дані; D&B Hoovers надає клієнтам ділові дані про різні організації. DaaS тісно пов’язаний зі зберіганням як сервісом (SaaS) та програмним забезпеченням як сервісом (також скорочено SaaS) і може бути інтегрований з однією або обома з цих моделей надання. Як і у випадку з цими та іншими технологіями хмарних

обчислень, прийняттю DaaS можуть заважати проблеми щодо безпеки, конфіденційності та власності.

Desktop as a service (теж DaaS) робочий стіл як сервіс – це ті ж самі віртуальні настільні комп'ютери, але вже розміщені у хмарі. Тобто віддалена віртуалізація на робочому столі також може бути надана за допомогою хмарних обчислень, подібних до тих, що надаються з використанням програмного забезпечення як моделі обслуговування SaaS. Хмарні віртуальні настільні комп'ютери поділяються на дві технології[1-5]: керована VDI (virtual desktop infrastructure), яка базується на технології VDI, що надається як послуга керованого аутсорсингу, та настільний сервіс (DaaS), що забезпечує більш високий рівень автоматизації та реальну багатосторонність, знижуючи витрати на технологію. Постачальник DaaS, як правило, несе повну відповідальність за розміщення та підтримку інфраструктури для комп'ютера, зберігання та доступу, а також ліцензій на застосунки та прикладне програмне забезпечення, необхідні для надання послуги настільних комп'ютерів взамін фіксованої щомісячної плати. Провідні постачальники DaaS: VMware - Horizon Cloud; MTM Technologies – AnywhereApp; Microsoft - Windows Virtual Desktop; dinCloud – dinWorkspace; Evolve IP; Cloudalize - Desktop-as-a-Service; Citrix - Managed Desktops; Amazon Web Services – WorkSpaces.

Function as a service (FaaS) функція як сервіс - це хмарний обчислювальний сервіс, що забезпечує платформу, що дозволяє клієнтам розробляти, запускати та керувати функціональними додатками без будь-якої інфраструктури. Тобто такий сервіс має безсерверну архітектуру і, як правило, використовується під час створення програм мікросервісів. Для користувачів сервісу FaaS є важливим пом'якшення так званих “холодних стартів”, оскільки розмір артефакту, логіка запуску, мова програмування, конфігурація (пам'ять, VPC) можуть стати першопричиною затримки запуску.

Infrastructure as a service (IaaS) інфраструктура як сервіс - хмарний сервіс, який забезпечує основну обчислювальну інфраструктуру: сервери, сховища та мережеві ресурси (віртуальний центр даних). Тобто іншими словами, IaaS – ще порівнюють з орендою автомобіля, за обслуговування і оновлення якого ви не несете відповідальність. Відноситься до основних, базових сервісів, які використовують для побудови інших сервісів. Так частковими випадками IaaS є DaaS (Desktop as a Service) віртуальний робочий стіл як послуга; WaaS, (Workplace as a Service) робоче місце як послуга – надання віртуалізованого робочого місця. Основні постачальники послуг IaaS включають веб-служби Amazon, Microsoft Azure та Google Compute Engine. Застосовується модель оплати за те, що ви використовуєте. Ідеально підходить для ІТ-адміністраторів, хоча й коштує дорого. Ось кілька сценаріїв використання IaaS [13]: хостинг веб-

сайтів або застосунків; віртуальні центри обробки даних (ЦОД); аналіз величезної кількості даних.

Integration platform as a service (IPaaS) інтеграційна платформа як сервіс - це форма інтеграції систем у бізнес, що надається як хмарні обчислювальні послуги, що стосуються даних, процесів, архітектури, орієнтованої на сервіс (service-oriented architecture SOA) та інтеграції застосунків. Інтеграційна платформа як сервіс IPaaS забезпечує єдиний набір інструментів і послідовний процес переміщення даних між усіма програмами вашого підприємства, незалежно від того, чи вони локальні, чи хмарні. Платформа розміщується та управляється вашим постачальником хмарних послуг і пропонується як послуга - ви просто підписуєтеся на платформу, вибираєте інструменти та сервіси, необхідні для налаштування та автоматизації інтеграції між застосунками та приступаєте до роботи. Хмарний постачальник обробляє решту, включаючи управління даними, безпеку, програмні виправлення, управління обладнанням та нові оновлення функцій, коли вони стають доступними. IPaaS зазвичай доступний за щомісячну абонентську плату або ставку оплати за користування. IPaaS не слід плутати з PaaS платформою як послугою. PaaS надає хмарне середовище з усім необхідним для підтримки повноцінного життєвого циклу створення та доставки веб-(хмарних) застосунків - все без витрат і складності придбання та управління базовим обладнанням, програмним забезпеченням, забезпеченням та хостингом. IPaaS може доповнити PaaS, надаючи інструменти, необхідні для інтеграції цих веб-застосунків та даних, що їх живлять. Cloudreach - постачальник послуг інтеграції, що швидко зростає [1-5].

Mobile backend as a service (MBaaS) мобільний сервіс як послуга або **Backend as a Service (BaaS)** бекенд як сервіс - набір готової серверної функціональності, який дозволяє спростити і прискорити розробку застосунків. Іншими словами, це повноцінне середовище розробки, розміщене в хмарі, що дозволяє користуватися усіма перевагами технології, такими як, наприклад, необмежена масштабованість. Між BaaS і безсерверними обчисленнями існує певне перекриття, оскільки в обох розробник повинен лише написати свій код програми і не замислюватися про підсистему. Крім того, багато постачальників BaaS також пропонують серверні обчислювальні сервери. Однак існують значні експлуатаційні відмінності між програмами, побудованими за допомогою BaaS, та справжньою архітектурою без сервера. Резервні програми безсерверних програм розбиваються на функції, кожна з яких реагує на події та виконує лише одну дію. Тим часом функції BaaS на сервері створюються, але розробникам не потрібно займатися кодуванням нічого іншого, крім власної програми. Три основні постачальники в просторі MBaaS - це Firebase Google, Apple CloudKit та Kinvey.

Network as a service (NaaS) мережа як сервіс - послуга за поданням мережевої інфраструктури в якості альтернативи власної мережі. Можливості NaaS дозволяють користуватися інструментами маршрутизації, а також збільшувати або зменшувати пропускну спроможність каналу. NaaS пакує мережеві ресурси, послуги та застосунки як продукт, який можна придбати для багатьох користувачів, як правило, за контрактний період часу. Він може включати такі послуги, як підключення до широкої мережі (WAN), підключення до центру даних, пропускну здатність на вимогу (Bandwidth On Demand), служби безпеки та інші програми. Хмарні сервіси, такі як NaaS та PaaS, надаються шляхом створення великої масштабованої інфраструктури, яку можна віртуалізувати, щоб її можна було продати окремим клієнтам. До великих постачальників NaaS належать основні CSP (Common server platform), включаючи Amazon та Rackspace, а також глобальні постачальники послуг, такі як AT&T, Communications Level 3, Telefonica та Verizon. Загалом, NaaS застосовується до широкого набору програм та послуг. Наприклад, Aryaka та Pertino пропонують WAN і захищають віртуальну приватну мережу (VPN) як послугу, Akamai пропонує CDN як послугу, Amazon пропонує веб-хостинг, приватну хмару та зберігання як послугу, а багато постачальників послуг пропонують пропускну здатність на вимогу і мережі розміщення як послугу. Навіть постачальники послуг можуть передати аутсорсинг своїх мереж, як у випадку з оператором мобільної віртуальної мережі (MVNO).

Platform as a service (PaaS) платформа як сервіс або **application platform as a service (aPaaS)** платформа застосунків як послуга або послуга на основі платформи - такий хмарний сервіс, який надає клієнтові готову програмну платформу. Клієнти можуть встановлювати будь-які застосунки та використовувати будь-які інструменти в інфраструктурі, яку вони отримують. А ось операційною системою, обробкою даних, мережею, серверами та сховищами керує і обслуговує постачальник (сервіс-провайдер). Таким чином постачальники PaaS забезпечують повну інфраструктуру (сервери, бази даних, операційні системи, середовище тестування, тощо) для розробки застосунків, тоді як розробники відповідають лише за код. Тобто іншими словами, PaaS – ще порівнюють з використанням таксі, за обслуговування і оновлення якого ви не переймаєтесь, а лише вказуєте адресу. Також відноситься до основних, базових сервісів, які використовують для побудови інших сервісів. SaaS (Communication as a Service) комунікації як сервіс – надання хмарних послуг зв'язку (IP-телефонії, пошти тощо); SECaaS інформаційна безпека як сервіс; BaaS (Backup as a Service) резервне копіювання як сервіс; aPaaS (application Platform as a Service) платформа бізнес-додатка як сервіс – різновид PaaS, який передбачає доступ споживача до хмарного сервісу, що надає повноцінне середовище для проектування та розгортання власних

бізнес-застосунків; DraaS (Disaster Recovery as a Service) аварійне відновлення як сервіс, за допомогою якого клієнт регулярно платить встановлену договором страхову премію, а постачальник надає потужності на тимчасовій основі, поки клієнт відновлює основний майданчик після збою. PaaS спочатку призначався для застосунків на публічних хмарних сервісах, перш ніж розширився на приватні та гібридні варіанти. Переваги PaaS полягають насамперед у тому, що він дозволяє програмувати більш високий рівень із різко зниженою складністю; загальна розробка додатка може бути ефективнішою, оскільки зменшуються ресурси інфраструктури; і технічне обслуговування та вдосконалення програми, таким чином, простіше. До недоліків різних постачальників PaaS, на які посилаються користувачі, можна віднести підвищення цін у більших масштабах, відсутність функціональних можливостей, зниження контролю, та труднощі систем маршрутизації трафіку [1-5]. Прикладами послуг PaaS є Heroku, Elastic Beanstalk (що пропонують Amazon Web Services) та Google App Engine. PaaS ідеально підходить для розробників програмного забезпечення. При розміщенні сервісів деякої компанії безпосередньо в хмарі не потрібно забувати про безпеку, адже загрози не зникають. Вони такі ж, як і при локальному використанні сервісів.

Security as a service (SECaaS або SaaS) безпека як сервіс – це бізнес-модель, у відповідності до якої підприємства економлять на обладнанні і висококваліфікованому обслуговуванні, за рахунок швидкого використання даного хмарного сервісу. Безпека розповсюджується на веб-технології, листування, локальні мережі. Тому власні системи безпеки не потрібні, адже їх забезпечує сервіс SECaaS. До функцій захисту SECaaS відносять: протидію DDoS атакам, захист корпоративного веб-сервера, захист облікових записів від крадіжки, шифрування документів, Data Leak Prevention, Zero - day, ATP і т.і. В Україні сервіс SECaaS надають наступні провайдери: Wolfson, Датагруп, Укртелеком[1-5]. Одним із самих поширеніших базових сервісів є надання замовникові в користування яких-небудь програм, які розташовані в хмарі сервіс-провайдера.

Software as a Service (SaaS) програмне забезпечення як сервіс – являє собою модель ліцензування та доставки ПЗ, яка організовується централізовано на підписаній основі. Ще його називають “програма на вимогу”. До програм SaaS зазвичай звертаються користувачі за допомогою веб-браузера. SaaS стала загальною моделлю доставки для багатьох ділових застосунків, включаючи офісне ПЗ, ПЗ для обміну повідомленнями, ПЗ для обробки заробітної плати, ПЗ для СУБД, ПЗ для управління, ПЗ для САПР, ПЗ для розробки, гейміфікація, віртуалізація, облік, співпраця, керування співпраці з співробітниками (CRM), інформаційні системи керування (MIS), планування ресурсів фірми (ERP), виставлення рахунків, керування людьми як ресурсами (HRM), придбання досвіду, системи керування навчанням, керування контентом (CM),

географічні ІС (ГІС), і навіть керування службою підтримки. SaaS включений у стратегію майже всіх провідних корпоративних програмних компаній. Всі програмні та технічні засоби надаються та керуються постачальником, тому не потрібно нічого встановлювати чи налаштовувати. Застосунок готовий до запуску, як тільки надається логін та пароль. SaaS - це як їхати автобусом. Автобусу призначили маршрут, який ви оплатили попередньо, і вам нічого не потрібно виконувати, ви просто насолоджуєтеся їздою з іншими пасажирами. Сервіс SaaS ідеально підходить для кінцевих користувачів. Насправді послуги Gmail та Hotmail електронної пошти - приклади хмарних служб SaaS. Іншими прикладами послуг SaaS є офісні інструменти (Office 365 та Google Docs), програмне забезпечення для керування співпраці з клієнтами (Salesforce), програмне забезпечення для управління подіями (Planning Pod) тощо. До прикладів програм як сервісів, створених в Україні можна віднести: Unisender, Zadarma, YouScan, Yaware, Worksection, WORKABOX, Serpstat, Reply.io, PromoRepublic, iFin, bpm'online sales, Binotel, Хорошоп, Таксер.

Data Base as a Service (DBaaS) база даних як сервіс – хмарний ресурс, який ще називають правою рукою розробника бази даних, що допомагає використовувати хмарні сховища даних, документів, ключів і цінностей для координації та керування роботою підприємств. При цьому постачальник послуги забезпечує розробників базою даних на вимогу у приватній або загальнодоступній хмарі. Оплата здійснюється лише за ті ресурси, якими ви користуєтесь, понад 40 сервісів надається безкоштовно. Їх головна перевага - можливість ефективно вирішувати питання масштабування та гнучкості для сучасних програм, а також економія на техніці, ліцензіях і безпеці.

Information as a Service (теж IaaS) інформація як сервіс – враховує динаміку будь-якої інформації і надає її актуальне значення щосекунди (щомиті) завдяки віддаленій хмарі.

Integration as a Service (теж IaaS) інтеграція як сервіс - передбачає надання хмарного інтеграційного пакету в повному обсязі. Це можуть бути окремі інтерфейси між застосунками або керування цілими алгоритмами для оптимізації, інтеграції та централізації.

Management або **Governance as a Service** (MaaS або GaaS) адміністрування або керування як сервіс – ресурс, призначений для керування будь-якою кількістю хмарних ресурсів з заданими параметрами (virtualization, use of resources, topology).

Process as a Service (теж PaaS) процес як сервіс – ресурс в хмарі, який служить для керування поєднанням даних або послуг в межах одного бізнес-проекту, що розміщені на одній хмарі або доступні на інших хмарах.

Storage as a Service (STaaS) зберігання як сервіс – сервіс, що забезпечує дисковим простором за вимогою. Зовнішній склад даних

знаходиться в хмарі. Послуга Storage as a Service є найпростішою і базовою для інших ресурсів. Користувач має додаткові мережні директорії або окремий логічний диск. Додатковою обов'язковою умовою провайдера є резервування, що можна віднести до переваг даного сервісу. Microsoft OneDrive і Google Drive саме й використовують послуги STaaS.

Testing as a Service (TaaS) тестування як сервіс – ця послуга використовується для економії як техніки так і ПЗ. А саме перевірка безпосередньо систем на місці і систем, які знаходяться в хмарі відбувається з застосуванням тестів ПЗ в хмарі.

Disaster Recovery as a Service (DRaaS) аварійне відновлення як сервіс - сервіс швидкого післяаварійного відновлення роботи віртуальних серверів в резервному ЦОД на випадок відмови власного локального. Послуга передбачає відновлення роботи після збою менш ніж за 15 хвилин, що забезпечує безперебійну роботу бізнес підприємств з жорсткими вимогами до застосунків і системних сервісів. Підтримує функцію резервування.

Backup as a Service (BaaS) резервне копіювання як сервіс – це унікальна інтегрована цілодобова послуга для збереження критично необхідних даних в хмарі. Сервіс призначений для безперебійної роботи підприємств в непередбачених умовах, таких як зловмисне або неумисне ушкодження даних в результаті використання програм-шкідників, збою програм або помилок з боку користувачів. Таким чином підприємства не переймаються у власних надійних сховищах. На українському ринку хмарних сервісів цю послугу забезпечує компанія “Парковий” і надійно зберігає дані від одного віртуального комп'ютера до інфраструктури підприємства з тарифом 1 грн. за 1 GB від 1 до 448 днів.

Monitoring as a Service (MaaS) моніторинг як сервіс – це сучасна модель доставки хмарних послуг, що призначена для контролю в режимі реального часу поточного стану окремої обчислювальної машини і системних сервісів у хмарі. В Україні хмарний MaaS надається тільки клієнтам хмари De Novo і по суті є простим інструментом моніторингу сервісів IaaS.

Hardware as a Service (HaaS) устаткування як сервіс – досить нова послуга, в рамках якої апаратна серверна інфраструктура надається із хмари. Походить від SaaS, але постачальник рішення надає готові пакети, де вже є не лише програмне, а й апаратне забезпечення, впровадження і подальша підтримка. По суті, це найбільш широкий варіант IT-аутсорсингу, у рамках якого оптимізована інфраструктура замовника розгортається або на його території, або в дата-центре, або в хмарі.

Communications as a Service (CaaS) комунікація як сервіс – це сукупність різних послуг постачальників, що полегшують ділові комунікації з метою зниження витрат та збільшення ефективності процесів в бізнесі і не тільки з застосуванням аудіо- або відеозв'язку. CaaS

включають передачу голосу через Інтернет (протокол VoIP) або Інтернет-телефонні рішення та відеоконференції.

Container as a Service (CaaS) контейнер як сервіс – це послуга, що розвивається, яка дозволяє користувачам керувати та розгортати контейнери, програми та кластери за допомогою віртуалізації на основі контейнерів. CaaS є дуже корисним для IT-підрозділів та розробників у створенні захищених та масштабованих застосунків з контейнерами. За допомогою CaaS це можна досягти, використовуючи локальні центри обробки даних або з хмари.

Resource as a Service (RaaS) ресурс як послуга – це нова модель купівлі та продажу ресурсів хмарних обчислень. Замість провайдерів, які продають виключно серверні віртуальні машини протягом деякого часу (як це робиться в сучасних хмарах IaaS), провайдери все частіше продають окремі ресурси (такі як процесор, пам'ять та ресурси введення/виведення) протягом декількох раз за секунду.

Customer Relationship Management as a Service (CRMaaS) керування взаємовідносинами з клієнтами як сервіс пропонує спосіб використання інформації щодо клієнтів, безпечно ділитися нею, відстежувати та реєструвати діяльність у всьому бізнесі. Ідеально підходить для клубів та ігрових майданчиків.

Bookkeeping as a Service (BaaS) бухгалтерський облік як сервіс пропонує віртуальний сервіс бухгалтерії в цілому.

Даний перелік хмарних сервісів не охоплює всі можливі варіанти, оскільки в якості сервісу може бути будь-що Anything as a Service або все All as a Service (AaaS).

Зарубіжні та вітчизняні провайдери розширюють з кожним роком кількість хмарних послуг в Україні. Рекламні пропозиції українських компаній Воля, De Novo, Tucha, Vega, забезпечують підтримку ряду хмарних сервісів: IaaS; STaaS; BaaS; RaaS; CRMaaS; CaaS; BaaS (Bookkeeping as a Service).

2. Зв'язок хмарних сервісів з рішенням інженерних задач

Аналіз моделей обслуговування хмарних сервісів показав, що основними сервісами, які призначені для вирішення різних інженерних задач, розрахунків, аналізу і створення моделей фізичних процесів є PaaS і SaaS сервіси [1-5].

PaaS ідеально підходить для ефективного надання програмних середовищ та інструментів для розробників промисловим організаціям, які розробляють і тестують програмне забезпечення та застосунки для баз даних. Це забезпечує повне та централізоване середовище розвитку, яке доступне на вимогу.

При правильній реалізації SaaS може означати значну економію коштів від традиційного підходу до володіння програмним забезпеченням. Ця модель хмарної послуги пропонує мінімізовані витрати на налаштування устаткування та програмного забезпечення, навіть якщо вона забезпечує надмірність і високу доступність, що дозволяє обслуговувати запущені програми. Кінцеві користувачі звільняються від управління та контролю базової IT-інфраструктури. Ліцензії на безпеку, мережу, обчислення та всі ліцензії на програмне забезпечення вкладаються в щомісячну або щорічну плату, виключаючи або значно скорочуючи капітальні витрати. Натомість існує разова вартість доступу до будь-яких бажаних послуг. Організації платять за те, що вони використовують, і часто мають можливість додавати або видаляти послуги за потребою.

Деякі середовища, що базуються на хмарі, включають складні середовища моделювання для повного тестування проектних застосунків перед переміщенням їх у виробничу систему. Програми та застосунки для баз даних можуть бути спеціальними програмами, які промислові організації раніше використовували, але зараз розгортаються на віртуальних машинах у хмарі. Вони також можуть бути додатками, побудованими з нуля в хмарі за допомогою платформи та інструментів, наданих постачальником послуг автоматизації.

У деяких випадках те саме програмне забезпечення може використовуватися для програм SaaS і PaaS. Інженери з управління та процесів можуть використовувати модель PaaS для розробки програми та SaaS для їх виробничого середовища. Наприклад, автоматизація, керування процесами та програмне забезпечення SCADA, що традиційно пропонується лише на базі замовника, доступні як позапроцесорне середовище розробки та моделювання (Open VEP) або як програмне забезпечення SCADA, оптимізоване для забезпечення надійності та безпеки для моніторингу на рівні підприємства та контролю ширококорозповсюджених активів.

Розміщення такого програмного забезпечення в центрі обробки даних з прямим високошвидкісним підключенням до телекомунікацій та Інтернету дає можливість швидкодіючого та надійного підключення до всіх віддалених пристроїв та візуалізації загального бізнесу.

В рамках даних сервісів з'являється досить новий перспективний сервіс CAEaaS (англ. Computer Aided Engineering as a Service) комп'ютерні системи інженерного аналізу як сервіс, який покликаний перенести роботу систем автоматизованого проектування (САПР) на хмарну платформу.

CAE або Computer-Aided Engineering - термін, що використовується для опису процедури всього процесу інженерії продукту, від проектування та віртуального тестування за допомогою складних аналітичних алгоритмів до планування виготовлення. Комп'ютерна інженерія є стандартною в майже будь-якій галузі, яка використовує якесь програмне

забезпечення для розробки продуктів. CAE - це наступний крок не тільки розробки продукту, але й підтримки інженерного процесу, оскільки він дозволяє виконувати випробування та моделювання фізичних властивостей виробу без необхідності фізичного прототипу. У контексті CAE, найбільш часто використовуються типи моделювання аналізу, що включають аналіз кінцевих елементів, обчислювальну динаміку рідин, термічний аналіз, багатодіагностику та оптимізацію. Використовуючи переваги інженерного моделювання, особливо в поєднанні з потужністю та швидкістю високоефективних хмарних обчислень, вартість та час кожного циклу ітерації проектування, а також загальний процес розробки можуть бути значно скорочені. Стандартний робочий процес CAE - спочатку генерувати початкову конструкцію, а потім моделювати геометрію САПР. Потім результати моделювання оцінюються та використовуються для вдосконалення конструкції. Цей процес повторюється до тих пір, поки всі вимоги продукту не будуть виконані та практично не підтверджені. У разі будь-яких слабких місць або областей, коли продуктивність цифрового прототипу не відповідає очікуванням, інженери та дизайнери можуть вдосконалити модель CAD (від англ. Computer-Aided Design – це професійна конструкторська система, що об'єднує в собі потужні параметричні засоби 2D і 3D-моделювання) та перевірити наслідки їх зміни, перевіривши оновлений дизайн у новій симуляції. Цей процес підтримує швидший розвиток продукту, оскільки немає необхідності будувати фізичні прототипи на ранніх стадіях розробки. Моделювання за допомогою методів CAE займе лише декілька годин, порівняно з днями чи, ймовірно, тижнями, які потребують побудови фізичного прототипу. Кожен, знайомий з процесом розробки продукту, знає, що перед початком серійного виробництва товару неминуче потрібно побудувати фізичний прототип, але моделювання може допомогти зменшити кількість цих прототипів. Плануючи інтегрувати методи моделювання в процес розробки продукту, важливо знати про навколишнє середовище (сили, температури тощо), якому товар буде піддаватися. Знання цих умов має вирішальне значення для правильного налаштування моделювання. Прогнозним значенням будь-якого моделювання може бути лише точність зроблених граничних умов. Досі, окрім прогнозування факторів та умов навколишнього середовища, інженерне моделювання було складним завданням, яке в основному виконували досвідчені інженери та експерти з моделювання. Початківцям необхідно довго навчатися. Сучасні засоби моделювання CAE намагаються розбити ці бар'єри, дозволяючи навіть недосвідченим користувачам без глибокого знання фізичних процесів та спеціальних характеристик отримувати гарні результати моделювання.

Моделювати складну геометрію дуже складно навіть для сучасних комп'ютерів. Ось чому потрібно багато обчислювальних потужностей для виконання реалістичних результатів моделювання. Великі компанії із

складною ІТ-інфраструктурою можуть використовувати власні сервери для розміщення та запуску моделювання. Зростання хмарних обчислень дає меншим компаніям, які зазвичай не можуть дозволити собі купувати та обслуговувати необхідне обладнання, доступ до тих же інструментів моделювання та можливостей, які раніше були зарезервовані лише для декількох. Цей зрив на ринку продуктів для імітації дає змогу всім імітувати виробу, які вони розробляють.

CAE можна використовувати майже в будь-якій галузі та компанії, яка розробляє продукт, що піддається впливу різних середовищ. Промисловості, що використовують технологію автоматизованого машинобудування в процесі розробки своїх продуктів, включають, але не обмежуються ними: автомобілебудування, аерокосмічний, заводський інжиніринг, електроніку, енергетику, товари народного споживання та кондиціонери. Продукти, які можна імітувати, варіюються від надзвичайно малих частин виробів до дуже великих і складних конструкцій, таких як гоночні машини, мости або навіть електростанції.

Тестування конструкційної цілісності крана, який несе певне навантаження на дах, є можливим застосуванням, а також оцінка акустичної конструкції концертного залу або конвективного потоку всередині лампочки; все це приклади програм, де моделювання може зменшити затрати на величезний обсяг роботи, а іноді і рятувати життя.

Окрім витрат на ліцензування та навчання, пов'язані з програмним забезпеченням САД та CAE, локальні обчислювальні сервери потребують технічного обслуговування, оновлення програмного та апаратного забезпечення, ІТ-персоналу, енергетичних потреб та витрат на оренду додаткового місця. Хмарні рішення пропонують альтернативу, коли витрати на ліцензування замінюються платою яка зменшується, коли збільшується доступ до спільних ресурсів у хмарі.

3. Результати дослідження

Під час аналізу результатів виникла необхідність зупинитись на знаходженні CAE в хмарних сервісах. Для деяких провайдерів сервіси наведені в табл.1.

Сервіс PaaS забезпечує зовнішню мережну підтримку, яка доповнюється ІТ інфраструктурою, обчислювальними ресурсами, виробничим технічним забезпеченням, прикладним програмним забезпеченням завдяки сервісам IaaS, NaaS і SaaS.

Для прикладу скористаємось двома загальновідомими брендами CAE[20].

Характеристики сервісів, що використовуються для вибору послуг постачальників

Постачальник	Сервіс
IaaS Google Drive, Dropbox, Amazon еластичні хмарні обчислення	Онлайн-зберігання, синхронізація файлу Віртуальні машини
PaaS Microsoft Windows Azure Amazon сервіс реляційних баз даних Salesforce.com, мережні сайти	Розвиток і розміщення мережевих застосунків Система запиту бази даних для аналізу великих наборів даних Розвиток інтерфейсів користувача і соціальних мережевих сайтів
HaaS Ponoko, shapeways MFG.com, Quickparts.com	Виготовлення добавок Постачання пошукових систем, хмара-заснована на e-Sourcing
SaaS Autodesk 360 платформа Dassault Systemes Sabalcore	CAD файловий редактор, мобільний оглядач, надання хмари 3D моделювання Високопродуктивні обчислення для FEA/ CFD

ANSYS - система, що активно застосовується на таких відомих підприємствах, як ABB, BMW, Boeing, Caterpillar, Daimler - Chrysler, Exxon, FIAT, Ford, БелАЗ, General Electric, Lockheed Martin, MeyerWerft, Mitsubishi, Siemens, Shell, Volkswagen - Audi та ін., а також на провідних виробництвах РФ, як, ГУП НІІМосстрой. Дійсно має свої активи в хмарі і щорічно оновлюється не вимагаючи перевстановлення ключів. А ось на відміну від неї російська універсальна система для проектування і розрахунку в області машинобудування APM WinMachine встановлюється з диску або флешки і після кожного оновлення вимагає новий електронний ключ.

Тобто не всі системи CAE можна використовувати в якості сервісу CAEaaS, а лише ті що доступні в хмарах.

Ще одними з найважливіших питань які необхідно враховувати при виборі хмарної платформи є питання ціни і безпеки (тема наступного дослідження). Ціни українських провайдерів доступніші і прозоріші, але досвід дає перевагу не на користь вітчизняних постачальників.

Висновки

У роботі проведений розширений аналіз хмарних обчислень як сервісів. Серед наведених сервісів виділено базові сервіси IaaS, SaaS, PaaS,

які є основою для існування більш уніфікованих сервісів, що збільшують область використання. Щоб перенести роботу систем автоматизованого проектування (САПР) на хмарну платформу з'являється досить новий перспективний сервіс CAEaaS (англ. Computer Aided Engineering as a Service) комп'ютерні системи інженерного аналізу як сервіс. Успіх реалізації того чи іншого проектного рішення залежить від усвідомлення відповідального вибору на самому першому етапі. На жаль, Україна в підтримці хмарного сервісу CAEaaS робить лише перші кроки і забезпечити технологічні потреби підприємств може при умові залучення закордонних постачальників. Адже, якщо б мова йшла про економічну доцільність використання українських ЦОД, то тут перевага віддавалася б за меншою віддаленістю постачальника. На думку авторів роботи, за хмарним сервісом CAEaaS майбутнє української промисловості. Адже САЕ допомагає скороти витрати і час на розробку продукту, покращити якість та довговічність продукту. Дизайнерські рішення можна приймати виходячи з їх впливу на продуктивність. Конструкції можна оцінити та вдосконалити, використовуючи комп'ютерне моделювання, а не фізичне тестування прототипів, економлячи гроші та час. САЕ може дати уявлення про ефективність раніше в процесі розробки, коли зміни дизайну зробити дешевше. САЕ допомагає інженерним командам керувати ризиками та розуміти наслідки для продуктивності їх конструкцій. Комплексне керування даними САЕ та управління процесами розширює здатність ефективно використовувати уявлення про ефективність та вдосконалювати конструкції для широкої спільноти. Гарантійний вплив зменшується шляхом виявлення та усунення потенційних проблем. При належному інтегруванні в розробку продукту та виробництва САЕ може включити попереднє вирішення проблеми, що може значно зменшити витрати, пов'язані з життєвим циклом продукту.

Література:

1. Worldwide Public Cloud Services Spending Will More Than Double by 2023. USA, Framingham, July 3, 2019. [Online]. Available: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45340719>. Accessed on: January 16, 2020.

2. А.Е. Кононюк, Фундаментальная теория облачных технологий: Общенаучные подходы формирования систем облачных технологий (Киев, Освіта України, 2018) кн 1, 621.

3. К.О. Вольська, та А.П. Дикий, " Бухгалтерський облік у "хмарі": порядок переходу та адаптації інформаційної системи підприємства ", Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу, ЖДТУ, № 2(37), с. 24-29, 2017. DOI: 10.26642/pbo-2017-2(37)-24-29.

4. Хмарні обчислення, Integrity Systems. [Електронний ресурс].
Доступно: <http://integritysys.com.ua/solutions/pricatecloud-solution>. Дата
звернення: Січ. 27, 2020.

5. А.Е. Кононюк, Фундаментальная теория облачных технологий:
Введение в фундаментальную теорию облачных технологий (Киев, Освіта
України, 2018) кн 2, 528.