



## АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі було проведено дослідження методів побудови хмарних гібридних архітектур інформаційних систем і розроблена хмарна інформаційна система ведення документації кафедри на гібридній хмарній платформі.

Особливу увагу приділено питанням проектування архітектури інформаційної системи.

Побудова гібридної хмарної архітектури засноване на структуризації і декомпозиції монолітної архітектури, що дозволяє отримати безліч варіантів розподілу модулів системи між публічним і приватним хмарами.

Для реалізації інформаційної системи ведення документації кафедри обрана хмарна платформа Microsoft Azure і ОЦ ОНУ ім. І.І. Мечникова. Аналіз ефективності реалізації в гібридній хмарі проведено для виділених двох хмарних архітектур. Порівняння архітектур за критеріями продуктивності, зберігання даних, вимоги до доступу дозволило знайти найбільш ефективний варіант. Для отриманих архітектур прорахована вартість їх експлуатації, показана економічна ефективність гібридної хмарної реалізації.

За результатами магістерської роботи опубліковані тези доповідей на п'ятнадцятій всеукраїнській конференції студентів та молодих науковців.

## ABSTRACT

In the master's work, a study of methods for constructing cloud-based hybrid architectures of information systems was conducted, and a cloud-based information system for maintaining the department's documentation on a hybrid cloud platform was developed.

Particular attention is paid to the design of information system architecture.

The construction of a hybrid cloud architecture is based on the structuring and decomposition of a monolithic architecture, which makes it possible to obtain many options for the distribution of system modules between the public and private clouds.

To implement the information system for maintaining the documentation of the department, the cloud platform Microsoft Azure and the CC of the I.I. Mechnikov University are chosen. Analysis of the implementation efficiency in a hybrid cloud conducted for the selected two cloud architectures. Comparison of architectures for performance criteria, data storage and access requirements allowed us to find the most effective option. For the obtained architectures, the cost of their operation is calculated, the economic efficiency of the hybrid cloud implementation is shown.

According to the results of master's work published abstracts at the fifteenth All-Ukrainian conference of students and young scientists.

## АННОТАЦИЯ

В магистерской работе было проведено исследование методов построения облачных гибридных архитектур информационных систем и разработана облачная информационная система ведения документации кафедры на гибридной облачной платформе.

Особое внимание уделено вопросам проектирования архитектуры информационной системы.

Построение гибридной облачной архитектуры основано на структуризации и декомпозиции монолитной архитектуры, что позволяет получить множество вариантов распределения модулей системы между публичным и частным облаком.

Для реализации информационной системы ведения документации кафедры выбрана облачная платформа Microsoft Azure и ВЦ ОНУ им. И.И. Мечникова. Анализ эффективности реализации в гибридном облаке проведен для выделенных двух облачных архитектур. Сравнение архитектур по критериям производительности, хранения данных, требования к доступу позволило найти наиболее эффективный вариант. Для полученных архитектур просчитана стоимость их эксплуатации, показана экономическая эффективность гибридной облачной реализации.

По результатам магистерской работы опубликованы тезисы докладов на пятнадцатой всеукраинской конференции студентов и молодых учёны

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ГІБРИДНІЙ ХМАРНІЙ ПЛАТФОРМІ.	10
1.1 Основні поняття хмарних обчислень .....	10
1.1.1 Приватна хмара .....	11
1.1.2 Публічна хмара.....	12
1.1.3 Гібридна хмара .....	13
1.2 Огляд і аналіз хмарних технологій і платформ.....	15
1.2.1 Гібридна реалізація хмари Microsoft Azure Stack.....	16
1.2.2 Гібридне хмарне рішення компаній Cisco і Google.....	17
1.2.3 Dell EMC Enterprise Hybrid Cloud .....	18
1.2.4 Гібридна хмара Oracle Cloud Machine .....	19
1.3 Огляд і аналіз методів розгортання і міграції інформаційних систем на хмарну платформу.....	21
2 ПРОЕКТУВАННЯ ГІБРИДНИХ ХМАРНИХ АРХІТЕКТУР ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ КАФЕДРИ...	24
2.1 Аналізована інформаційна система.....	26
2.1.1 Архітектура інформаційної системи.....	27
2.1.2 Реалізація інформаційної системи ведення документації кафедри .....	30
2.2 Аналіз можливих хмарних архітектур інформаційної системи .....	39
2.2.1 Міграція серверів баз даних в публічну хмару .....	40
2.2.2 Міграція бізнес-логіки додатка в публічну хмару.....	41
2.2.3 Міграція використовуваних сервісів в публічну хмару.....	41
2.2.4 Комплексна міграція модулів інформаційної системи .....	42
2.3 Проектування хмарних архітектур інформаційної системи ведення документації кафедри .....	43
2.3.1 Проектування хмарної архітектури М1 .....	44
2.3.2 Проектування хмарної архітектури М2 .....	45

2.3.3 Аналіз отриманих архітектур.....	45
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ГІБРИДНИХ ХМАРНИХ АРХІТЕКТУР ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ КАФЕДРИ .....	48
3.1 Платформа розгортання Microsoft Azure.....	48
3.1.1 Використовувані сервіси Microsoft Azure .....	49
3.1.2 Конфігурація ресурсів Microsoft Azure.....	52
3.2 Системна реалізація форматів зв'язків підсистем інформаційної системи ведення документації кафедри.....	53
3.3 Модифікація реалізації інформаційної системи .....	54
3.3.1 Модифікація програмної частини інформаційної системи .....	55
3.3.2 Модифікація зв'язків з базами даних .....	60
4 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МІГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ КАФЕДРИ НА ГІБРИДНІЙ ХМАРНІЙ ПЛАТФОРМІ.....	63
4.1 Оцінка системи згідно з функціональними вимогам .....	63
4.2 Оцінка системи згідно нефункціональним вимогам .....	64
4.2.1 Аналіз продуктивності інформаційної системи ведення документації кафедри .....	65
4.2.2 Аналіз гібридних архітектур за критерієм «Зберігання даних »... 67	
4.2.3 Аналіз гібридних архітектур за критерієм «Вимога до доступу » 69	
4.2.4 Аналіз економічної складової міграції інформаційної системи на гібридну хмарну платформу .....	72
ВИСНОВОК.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТОК А. СПИСОК ПРОПОНОВАНИХ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ MICROSOFT AZURE (PAAS).....	83
ДОДАТОК Б. СПИСОК ПРОПОНОВАНИХ РЕСУРСІВ БАЗИ ДАНИХ POSTGRESQL (PAAS).....	84
ДОДАТОК В. СПИСОК ПРОПОНОВАНИХ ВІРТУАЛЬНИХ МАШИН (SAAS) .....	85
ДОДАТОК Г. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДИФІКАЦІЙ ЗВ'ЯЗКУ ПІДСИСТЕМ .....	86

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

JDBC — Java DataBase Connectivity.

IoC — Inversion of Control.

IoT – Internet of Things.

MVC — Model-View-Controller.

REST — Representational State Transfer.

SOA — Service-Oriented Architecture.

ВМ – віртуальна машина.

ЗВО – заклад вищої освіти.

ОЦ – обчислювальний центр.

ПЗ – програмне забезпечення.

СУБД – система управління базами даних.

ЦОД – центр обробки даних.

## ВСТУП

На сьогоднішній день хмарні технології впевнено закріпилися в житті людства. Понад 95% користувачів інтернету використовує хмарні технології, навіть не підозрюючи про це. Це, наприклад, онлайн-відео, різні поштові сервіси, соціальні мережі, сервіси для зберігання даних (Google Drive і т.п.) і так далі. У сучасних центрах обробки даних зосереджені колосальні обчислювальні потужності і величезні обсяги дискового простору. Сучасне програмне забезпечення і канали зв'язку дозволяють серверам, розташованим на різних континентах, працювати як єдине ціле. Потрібно лише створити зручну систему доступу, і тоді весь масив цієї могутності можна надавати тим, хто його потребує. Засоби віртуалізації дозволяють розділяти обчислювальні потужності на окремих споживачів в будь-яких пропорціях. І така система доступу була розроблена. Тепер користувач може отримати доступ до віддалених обчислювальних ресурсів через web-сервіс. І все це завдяки хмарних обчислень або хмар.

Згідно зі звітом Cisco Global Cloud Index 2016-2021 очікується стійке зростання мультиоблачного трафіку. Швидке зростання трафіку ЦОД визначається сплеском хмарних додатків. Згідно зі звітом, до 2021 р глобальний річний трафік хмарних ЦОД виросте в 3,3 рази і досягне 19,5 зетабайт (ЗБ) (в 2016 р - 6 ЗБ), а глобальний хмарний трафік до 2021 р досягне 95% сукупного трафіку ЦОД, в 2016 році цей показник склав 88%. Зростанню хмарного трафіку сприяють вдосконалення інформаційної безпеки і розвиток Інтернету речей, що показує, що на поточний момент область хмарних обчислень бурхливо розвивається [1].

Проте, не дивлячись на таке активне і повсюдне використання хмар досі не виведена єдина методика для реалізації програм (ІТ-середовище) на гібридній хмарній платформі. Для кінцевого користувача, який хоче перемістити свій додаток або сервіс в хмару немає чіткого плану дій для оцінки свого додатку на предмет можливості перенесення в хмару, які частини

програми необхідно виносити в хмару, а які залишати на потужностях свого ЦОД, реалізуючи модель гібридної хмари, і чи має сенс взагалі виносити свій додаток на рейки хмарних обчислень.

Найбільші хмарні провайдери пропонують свої способи реалізації безшовних інтеграцій в гібридній хмарі, що дозволяють безболісно проводити міграцію з приватного в публічне і навпаки.

Наприклад, Microsoft представила своє рішення, у вигляді продукту під назвою Microsoft Azure Stack. Він являє собою апаратно-програмне рішення, яке можна встановити в локальному ЦОДі, що надає майже всі можливості повноцінної хмари Microsoft Azure. Або компанія VmWare, яка надає різні сценарії перенесення віртуальних машин на хмарну платформу.

Отже, об'єктом дослідження в даній роботі є процес створення гібридної хмарної інфраструктури ІТ-середовища підприємства.

Предмет дослідження - методи побудови ефективної гібридної хмарної архітектури та технології реалізації додатка на гібридній хмарній платформі.

Мета роботи - розробка гібридної хмарної архітектури системи ведення документації кафедри і реалізація її в гібридній хмарі для підвищення ефективності апаратно-програмного ІТ-середовища ЗВО.

Для досягнення даної мети необхідно:

- 1) провести аналіз і огляд хмарних сервісів, технологій і платформ;
- 2) огляд і аналіз існуючих методів побудови ефективної гібридної хмарної архітектури додатку;
- 3) провести структурування і архітектурну декомпозицію системи ведення документації кафедри;
- 4) провести проектування гібридних хмарних архітектур інформаційної системи ведення документації кафедри;
- 5) вибрати хмарну платформу розміщення і розробити конфігурації її ресурсів під завдання системи ведення документації кафедри;
- 6) розробити і реалізувати гібридну хмарну архітектуру системи ведення документації кафедри;
- 7) провести аналіз ефективності часткової міграції на основі обраної сукупності критеріїв.

## ВИСНОВОК

У магістерській роботі проведена розробка гібридної хмарної архітектури системи ведення документації кафедри і реалізація її в гібридному хмарі Microsoft Azure , а також вирішені наступні завдання:

1) Проведено аналіз існуючих моделей обслуговування, який показав, що гібридна хмара, поєднує в собі переваги як моделі приватної хмари, так і моделі публічної хмари, що робить її більш універсальною, досконалою і дозволяє використовувати в безлічі різних сценаріїв. Аналіз технологій гібридних хмарних платформ показав, що провідні хмарні провайдери приділяють значну увагу розробці апаратно-програмних засобів, що моделюють роботу публічної хмари на локальних платформах корпоративних замовників. Це підтверджує доцільність подальших досліджень в області реалізації програм і їх підсистем в гібридному хмарі.

2) Огляд, запропонованих на даний момент, методів розгортання систем на хмарній платформі показав, що на поточний момент ці методи досить узагальнені і відображають загальні етапи міграції інформаційних систем на хмарну платформу. Особливий практичний інтерес представляє собою процес часткового перенесення окремих підсистем додатків в хмару. Однак, в запропонованих методиках відсутнє детальне опрацювання кроків цього етапу часткової міграції.

3) Проведена структуризація і архітектурна декомпозиція інформаційної системи ведення документації кафедри, яка дозволила отримати підсистему ведення документообігу та підсистему архівації, що мають модульну структуру, а саме модуль бізнес-логіки, модуль уявлення і модуль обробки даних. Така структура дозволяє реалізувати різні гібридні хмарні архітектури.

4) В результаті проектування гібридних хмарних архітектур інформаційної системи, було виділено дві гібридні хмарні архітектури M1 і M2. M1 - гібридна хмарна архітектура, яка містить в приватній хмарі

підсистему архівації та базу даних, а в публічній хмарі - підсистему ведення документації і шар вистави. M2 - гібридна хмарна архітектура, яка містить в приватній хмарі підсистему архівації відповідну базу даних для цієї підсистеми, а в публічній хмарі - підсистему ведення документації, базу даних підсистеми ведення документації і шар вистави.

5) Для реалізації спроектованих гібридних хмарних архітектур обрана хмарна платформа Microsoft Azure, на основі якої була розміщена інформаційна система в гібридній хмарі. В даній хмарі була налаштована віртуальна машина на основі моделі обслуговування IaaS з відповідними настройками доступу. На даній віртуальній машині була розгорнута підсистема ведення документації та база даних відповідно до гібридної хмарної архітектурі M2.

6) В рамках реалізації гібридних хмарних платформ в хмарі Azure була змінена модель зв'язків між підсистемами інформаційної системи ведення документації за допомогою HTTP Invoker 'а', проведено модулювання системи для коректної роботи підсистем, а також змінена конфігурація і реалізація роботи підсистем додатки з базами даних.

7) За нефункціональним вимогам продуктивності, зберігання даних і доступності була проведена оцінка кожної з обраних хмарних архітектур інформаційної системи, а також проведено тестування пропускну здатності каналу зв'язку і продуктивності бізнес-логіки. Так само була показана економічна ефективність експлуатації системи для гібридної архітектурі M2. В рамках даної оцінки було отримано, що архітектура M2 є більш прийнятною.

На даний момент система розгорнута за адресою <http://40.113.101.118:8080> та знаходиться у тестовому стані.

В результаті роботи, проведено проектування і реалізація двох хмарних гібридних архітектур для інформаційної системи ведення документації на основі платформи Microsoft Azure . Надалі ця робота може бути продовжена в рамках аналізу на основі більш розширених функціональних вимог .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стаття о Cisco Global Cloud Index 2016-2021 [Електронний ресурс] – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные\\_вычисления\\_%28мировой\\_рынок%29#Cisco\\_Global\\_Cloud\\_Index\\_2016-2021](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления_%28мировой_рынок%29#Cisco_Global_Cloud_Index_2016-2021)
2. Облачные вычисления [Електронний ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Облачные\\_вычисления](https://ru.wikipedia.org/wiki/Облачные_вычисления)
3. Частное облако [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://ukraine.emc.com/corporate/glossary/private-cloud.htm>
4. Публичное облако [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://ukraine.emc.com/corporate/glossary/public-cloud.htm>
5. Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана, Гибридное облако [Електронний ресурс] – Режим доступа: [https://ru.bmstu.wiki/Гибридное\\_облако](https://ru.bmstu.wiki/Гибридное_облако)
6. Microsoft Azure Stack [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/azure-stack/>
7. Google Cloud Platform [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://cloud.google.com>
8. Кириллов И., Гибридные облака: синергия двух подходов // Сети и Бизнес. – Киев, 2017. – Вып. 5/96. – С.16-19.
9. Dell EMC Enterprise Hybrid Cloud [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://www.dellemc.com/en-us/cloud/hybrid-cloud-computing/index.html>
10. Oracle Cloud Machine [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://www.oracle.com/assets/oracle-cloud-machine-ds-ru-2949541-ru.pdf>

11. Как компании перенести свою инфраструктуру в облако и избежать ошибок. Блог компании ИТ-ГРАД [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/company/it-grad/blog/337834/>

12. Планирование миграции корпоративных приложений в облако [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.cisco.com/web/RU/pdf/services/migration\\_of\\_enterprise\\_apps\\_to\\_cloud\\_white\\_paper.pdf](https://www.cisco.com/web/RU/pdf/services/migration_of_enterprise_apps_to_cloud_white_paper.pdf)

13. Архитектурные особенности проектирования и разработки Веб-приложений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/curriculum/956/courses/467/lecture/28784?page=3>

14. Технология JavaServer Pages [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/JavaServer\\_Pages](https://ru.wikipedia.org/wiki/JavaServer_Pages)

15. Библиотека Bootstrap [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://getbootstrap.com>

16. Spring Framework [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://spring.io/>

17. Система управления базами данных PostgreSQL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.postgresql.org>

18. IoC контейнер [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Spring\\_Framework](https://ru.wikipedia.org/wiki/Spring_Framework)

19. Spring Web MVC [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/web.html>

20. Model-View-Controller [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller>

21. Фреймворк Spring Security [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://spring.io/projects/spring-security>

22. Spring Security Reference [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.spring.io/spring-security/site/docs/current/reference/htmlsingle>

23. Технология Java Database Connectivity [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Java\\_Database\\_Connectivity](https://ru.wikipedia.org/wiki/Java_Database_Connectivity)

24. Оценка эффективности реализации IT приложения на гибридной облачной платформе / Л.А. Волощук, О.И. Розновец // III Міжнародна Конференція «Комп'ютерна Алгебра та Інформаційні Технології» САІТ-Odessa-2018. – Одесса. – 2018. – С.96-100.

25. Контейнер Apache Tomcat 8 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.bmstu.wiki/Apache\\_Tomcat](https://ru.bmstu.wiki/Apache_Tomcat)

26. Spring в действии. Третье издание / Craig Walls / – М.: ДМК Пресс, 2013. – С.494-498.

27. Интеллектуальная реляционная служба облачной базы данных Microsoft Azure [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/services/sql-database/>

28. Управление доступностью виртуальных машин Windows в Azure [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/virtual-machines/windows/manage-availability?toc=%2Fazure%2Fvirtual-machines%2Fwindows%2Ftoc.json>

29. Приложение Iperf for Windows [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iperfwindows.com>

30. State of the Web report [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://httparchive.org/reports/state-of-the-web?start=2018\\_01\\_01&end=latest&view=list](https://httparchive.org/reports/state-of-the-web?start=2018_01_01&end=latest&view=list)

31. Драбинка В.В., Анализ существующих реализаций гибридного облака / Драбинка В.В., Волощук Л.А // Информатика, інформаційні системи та

технології: тези доповідей п'ятнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 27 квітня 2018 р. – Одеса, 2018. □ С. 128-129.

32. Цены на управляемые диски [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/pricing/details/managed-disks/>

33. Цены на База данных Azure для PostgreSQL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/pricing/details/postgresql/>

34. Одесский Национальный Университет им. И.И. Мечникова [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/abitur>

35. Поддержка принятия решений о реализации приложений в гибридной облачной инфраструктуре / Л.А. Волощук, О.И. Розновец, Д.Д. Волощук // Информатика та математичні методи в моделюванні. Том 8, №1 – Одесса. – 2018. – С.86-97.