

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій  
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-вимірювальних технологій  
(повна назва)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Підвищення якості функціонування ІТ-сервісів за допомогою технології  
розгортання функції якості (SQFD)  
(тема)

Виконав:  
здобувач другого року навчання,  
групи ЗЯМ-23-2  
Заболотний Є. О.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 175 Інформаційно-  
вимірювальні технології  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Забезпечення якості  
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Мощенко І.О.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Захаров І.П.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

2025 р.

## Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій  
 Кафедра Інформаційно-вимірювальних технологій  
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
 Спеціальність 175 Інформаційно-вимірювальні технології  
 (код і повна назва)  
 Тип програми освітньо-професійна  
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)  
 Освітня програма Забезпечення якості  
 (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Заболотному Євгену Олександровичу  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення якості функціонування ІТ-сервісів за допомогою технології розгортання функції якості (SQFD)

затверджена наказом університету від 12 листопада 2024 р. № 12902Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 05 січня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

ІТ-сервіс із забезпечення відповідності стандартам доступності;

ДСТУ ISO 9001:2015, ДСТУ ISO/IEC 25010:2016; ДСТУ ISO 20000-1:2019; ДСТУ ISO/IEC 27001:2023; ISO 16355-1:2021 Application of statistical and related methods to new technology and product development process — Part 1: General principles and perspectives of quality function deployment (QFD)

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

1. Міжнародні стандарти управління якістю ІТ-послуг та показники якості ІТ-сервісів  
2. Технологія розгортання функції якості (QFD) та її застосування до оцінки якості ІТ-послуг (SQFD)


3. Програмна реалізація технології SQFD


4. Застосування програмної реалізації SQFD для ІТ-сервісу із забезпечення відповідності стандартам доступності, визначення показників якості до та після застосування підходу SQFD, порівняння комплексних показників якості до та після.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз міжнародних стандартів управління якістю IT-послуг та визначення показників якості IT-сервісів	05.11.2024	
2	Розробка програмної реалізації технології SQFD	20.11.2024	
3	Розробка основної частини	01.12.2024	
4	Написання пояснювальної записки	20.12.2024	
5	Підготовка презентації та доповіді	25.12.2024	
6	Представлення закінченої дипломної роботи на кафедрі	05.01.2025	

Дата видачі завдання 01 листопада 2024 р.

Здобувач   
(підпис)

Керівник роботи  доц. Мощенко І.О.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи містить 102 сторінки, 13 рисунків, 12 таблиць, перелік посилань з 36 назв.

РОЗГОРТАННЯ ФУНКЦІЇ ЯКОСТІ, КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, ІТ-СЕРВІСИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ДОСТУПНІСТЬ, ISO/IEC 25010, ISO/IEC 20000-1, ОЦІНКА ЯКОСТІ, ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження — процеси управління якістю.

Мета дослідження полягає в оцінці ефективності методології розгортання функції якості для покращення якості ІТ-сервісів.

Методи дослідження включають застосування до ІТ-сервісів міжнародних стандартів та підходів до управління якістю, таких як вимірювання ключових показників ефективності, розгортання функції якості та розрахунок комплексного показника ефективності.

У роботі проведено аналіз основних міжнародних стандартів управління якістю ІТ-сервісів, визначено ключові показники ефективності для розглянутого ІТ-сервісу з підтримки доступності. На основі аналізу зв'язків між вимогами користувачів і технічними характеристиками визначено аспекти сервісу, що потребують вдосконалення. Також було розроблено програмне рішення, з допомогою якого було проведено оцінку комплексного показника якості ІТ-сервісу до і після впровадження рекомендацій, розроблених на основі розгортання функції якості, завдяки чому було визначено ефективність впровадження даного підходу.

Новизна роботи полягає у впровадженні методології розгортання функції якості у процеси управління якістю ІТ-сервісів, що дозволило інтегрувати користувацькі вимоги з технічними характеристиками.

## ABSTRACT

The explanatory note to the master's qualification thesis contains 102 pages, 13 figures, 12 tables, a list of references with 36 titles.

DEPLOYMENT OF THE QUALITY FUNCTION, KEY PERFORMANCE INDICATORS, IT SERVICES, INFORMATION TECHNOLOGIES, ACCESSIBILITY, ISO/IEC 25010, ISO/IEC 20000-1, QUALITY ASSESSMENT, TECHNICAL CHARACTERISTICS, IMPLEMENTATION EFFICIENCY

The object of the study is quality management processes.

The purpose of the study is to assess the effectiveness of the methodology for deploying the quality function to improve the quality of IT services.

The research methods include the application of international standards and approaches to quality management to IT services, such as measuring key performance indicators, deploying a quality function, and calculating a comprehensive performance indicator.

The paper analyzes the main international standards for quality management of IT services, identifies key performance indicators for the considered IT service to support accessibility. Based on the analysis of the relationship between user requirements and technical characteristics, aspects of the service that require improvement are identified. A software solution was also developed, with the help of which an assessment of the comprehensive quality indicator of the IT service was carried out before and after the implementation of recommendations developed on the basis of the deployment of the quality function, due to which the effectiveness of the implementation of this approach was determined.

The novelty of the work lies in the introduction of the methodology for deploying the quality function into the processes of quality management of IT services, which allowed integrating user requirements with technical characteristics.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 НОРМАТИВНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ ІТ-ПОСЛУГ .....	12
1.1 Концепції управління якістю ІТ-послуг на основі міжнародних стандартів .....	12
1.1.1 Забезпечення якості за стандартом ISO 9001:2015 .....	15
1.1.2 Стандарт ISO/IEC 20000-1:2018 і управління ІТ-послугами.....	16
1.1.3 Стандарти ISO/IEC 27000 та управління інформаційною безпекою..	18
1.1.4 Стандарт ISO 25000 (SQuaRE): Якість програмних продуктів.....	19
1.1.5 Взаємозв'язок стандартів та їх спільне застосування.....	20
1.1.6 Виклики та перспективи впровадження міжнародних стандартів в ІТ- сервіси.....	22
1.2 Моделі якості системи надання ІТ-послуг .....	23
1.2.1 Огляд стандартів ISO/IEC 25000 (SQuaRE) .....	23
1.2.2 Моделі якості за ISO/IEC 25010 .....	25
1.2.3 Характеристики якості програмного продукту за ISO/IEC 25010 .....	27
1.2.4 Формування показників якості на основі стандартів ISO/IEC 2502n.	30
1.2.5 Інструменти для оцінки якості ІТ-сервісів.....	32
1.3 Формування системи ключових показників ефективності функціонування ІТ-сервісів.....	33
1.3.1 Вступ до ключових показників ефективності для ІТ-сервісів .....	33
1.3.2 Вибір метрик для оцінки якості ІТ-сервісів за ISO/IEC 25010.....	34
1.3.4 Формування системи ключових показників ефективності для ІТ- сервісів доступності .....	37
1.3.5 Впровадження системи КРІ для моніторингу та покращення якості ІТ-сервісів.....	43
2 АНАЛІЗ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗГОРТАННЯ ФУНКЦІЇ ЯКОСТІ SQFD ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ІТ-СЕРВІСІВ .....	45
2.1 Методологія розгортання функції якості (QFD) та її адаптація для програмних продуктів у вигляді SQFD .....	45
2.2 Програмне рішення для впровадження SQFD в процеси управління якістю ІТ-сервісів. Умови та обмеження застосування.....	52

3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ SQFD ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СПОЖИВЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІТ-СЕРВІСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ UREMEDIATE.....	62
3.1 Оцінка комплексного показника якості функціонування ІТ-сервісу .....	62
3.2 Розгортання функції якості для ІТ-сервісу .....	70
3.3. Оцінка комплексного показника якості функціонування ІТ-сервісу після впровадження SQFD в процеси управління якістю ІТ-сервісу.....	82
3.4. Розрахунок ефективності впровадження.....	85
ВИСНОВКИ .....	87
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	89
ДОДАТОК А .....	93
ДОДАТОК Б.....	97
ДОДАТОК В .....	99

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ISO – International Organization for Standardization (Міжнародна організація зі стандартизації).

IEC – International Electrotechnical Commission (Міжнародна електротехнічна комісія).

ДСТУ ISO – Державний стандарт України, еквівалент міжнародних стандартів ISO.

SQuaRE – Software Quality Requirements and Evaluation (Вимоги та оцінки до якості програмного забезпечення)

WCAG – Web Content Accessibility Guidelines (Керівництво з доступності веб-контенту).

ADA – Americans with Disabilities Act (Акт про захист прав осіб з обмеженими можливостями).

KPI – Key Performance Indicators (Ключові показники ефективності).

QFD – Quality Function Deployment (Розгортання функції якості).

SQFD – Software Quality Function Deployment (Розгортання функції якості програмного забезпечення).

HoQ – House of Quality (Будинок якості).

CI/CD – Continuous Integration/Continuous Deployment (Безперервна інтеграція/безперервне розгортання).

SLA – Service Level Agreement (Угода про рівень обслуговування).

UX – User Experience (Досвід користувача).

JSON – JavaScript Object Notation (Формат обміну даними).

API – Application Programming Interface (Інтерфейс програмування застосунків).

AI – Artificial Intelligence (Штучний інтелект).

## ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та підвищених вимог до якості ІТ-сервісів, питання управління якістю стає особливо актуальним. ІТ-сервіси є ключовими елементами бізнес-процесів багатьох компаній, і їхня ефективність безпосередньо впливає на продуктивність організації та задоволеність клієнтів. Водночас, потреби користувачів стають дедалі складнішими, що зумовлює необхідність пошуку нових підходів до управління якістю, здатних забезпечити відповідність програмних продуктів очікуванням клієнтів.

Одним з таких підходів є розгортання функції якості (Quality Function Deployment, QFD), яке дозволяє систематизувати процес розробки продуктів, орієнтуючись на вимоги користувачів [1]. Застосування SQFD (Software Quality Function Deployment), адаптованого для програмного забезпечення, є перспективним напрямком для підвищення якості ІТ-сервісів [2]. Однак, ефективність використання цього підходу в контексті сучасних ІТ-сервісів потребує додаткового дослідження.

Застосування QFD для покращення якості програмних продуктів отримало значну увагу у дослідженнях науковців, які досліджують методи підвищення продуктивності розробки, задоволення вимог користувачів та управління якістю. Фундаментальними у сфері розгортання функції якості є роботи авторів концепції QFD – Йоджі Акао [3] та Шигеру Мідзуно [4]. А проблематику підвищення якості ІТ-сервісів із застосуванням підходу QFD досліджували науковці і дослідники, як Лоуренс Коен [5], Глен Мазур [6], Томас Фельман [7]. Вони вивчали адаптацію QFD для програмного забезпечення і важливість орієнтації на вимоги користувачів під час розробки ІТ-сервісів.

Ця робота спрямована на вивчення того, як SQFD може впливати на якість ІТ-сервісів, орієнтованих на задоволення потреб користувачів. Зокрема, як приклад ІТ-сервісів розглядаються системи, що забезпечують підтримку стандартів доступності, таких як WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)

[8] та ADA (the Americans with Disabilities Act) [9], які є важливими для інклюзивності цифрових рішень. Дослідження дозволить оцінити, наскільки використання SQFD сприяє відповідності програмних продуктів конкретним вимогам, а також визначити ключові показники, які можуть бути використані для вимірювання ефективності цього підходу.

Об'єктами даного дослідження є процеси управління якістю IT-сервісів, що охоплюють усі етапи життєвого циклу програмних продуктів: від визначення вимог користувачів до розробки, впровадження, підтримки та оцінки ефективності IT-сервісів. Оскільки IT-сервіси є важливими елементами бізнес-процесів і взаємодії з користувачами, об'єктом дослідження виступає весь спектр дій, спрямованих на покращення їхньої якості, стабільності та відповідності очікуванням клієнтів.

Для забезпечення високого рівня якості IT-сервісів та відповідності їх міжнародним стандартам використовуються численні нормативні документи, що регулюють управління якістю в інформаційних технологіях:

- ISO 9001, що встановлює вимоги до систем управління якістю та підходить для будь-яких організацій, включаючи ті, що надають IT-сервіси [10];
- ISO/IEC 20000-1 є спеціалізованим стандартом для управління IT-послугами, який зосереджений на управлінні життєвим циклом IT-сервісів [11];
- для забезпечення безпеки даних у рамках IT-сервісів використовується серія стандартів ISO/IEC 27000 [12];
- стандарти сімейства ISO/IEC 25000 визначають вимоги щодо якості та оцінювання програмних систем [13], зокрема ISO/IEC 25010 дозволяє оцінювати його функціональну придатність, продуктивність, надійність, зручність використання, безпеку тощо [14].

Предмет дослідження зосереджений на впливі методології SQFD на процеси розробки та управління IT-сервісами, зокрема на відповідність програмних продуктів вимогам користувачів і стандартам якості.

Мета дослідження полягає в тому, щоб оцінити ефективність SQFD у покращенні якості ІТ-сервісів, зокрема в контексті їхньої здатності відповідати функціональним і нефункціональним вимогам користувачів.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз міжнародних стандартів управління якістю ІТ-сервісів та виявити ключові показники якості, які застосовуються до ІТ-сервісів.
2. Описати методологію розгортання функції якості (QFD) та її адаптацію для програмних продуктів у вигляді SQFD, дослідити можливості її застосування для покращення якості ІТ-сервісів.
3. Розробити програмне рішення для впровадження SQFD в процеси управління якістю ІТ-сервісів, зосереджуючись на показниках, що впливають на ефективність і доступність.
4. Застосувати розроблену програму до конкретного ІТ-сервісу, провести аналіз показників якості до та після впровадження SQFD, порівняти результати і визначити ефективність методу.

Кваліфікаційна робота складається з кількох логічно взаємопов'язаних розділів. У першому розділі проведено аналіз міжнародних стандартів управління якістю ІТ-сервісів, описано ключові показники якості та їхню роль у забезпеченні ефективності сервісів. Другий розділ присвячений детальному опису методології SQFD і її адаптації для програмних продуктів, зокрема в контексті забезпечення відповідності вимогам доступності. У третьому розділі подано опис розробленого програмного рішення для впровадження SQFD, застосування цього рішення до вибраного ІТ-сервісу, а також проведено порівняння показників якості до та після впровадження SQFD.

Результати даного дослідження були апробовані на XXVIII Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» [15], II Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-вимірювальні технології ІМТ-2024» та V Міжнародній науково-технічній конференції «Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика» (додатки А, Б, В).

## 1 НОРМАТИВНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ ІТ-ПОСЛУГ

### 1.1 Концепції управління якістю ІТ-послуг на основі міжнародних стандартів

В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та високої конкуренції на ринку ІТ-сервісів управління якістю стає одним із головних факторів успішності організацій. Висока якість ІТ-послуг забезпечує наступні переваги:

- Задоволеність клієнтів за рахунок того, що ІТ-послуги відповідають або перевищують їхні очікування. Це сприяє лояльному ставленню до компанії і клієнти продовжують користуватися її послугами та рекомендують її іншим [14].
- Оптимізація витрат – якісне управління ІТ-послугами дозволяє знижувати витрати завдяки запобіганню помилкам, своєчасному обслуговуванню та мінімізації простоїв систем. Це забезпечує безперервну роботу і знижує витрати на підтримку та відновлення сервісів [16].
- Дотримання загальноприйнятих нормативних вимог. ІТ-послуги часто регулюються міжнародними стандартами (ISO), законодавчими актами (наприклад, щодо захисту даних або доступності). Відповідність цим вимогам є важливою умовою роботи на ринку та запорукою уникнення штрафів і юридичних проблем [17, 18].
- Конкурентоспроможність за рахунок ефективного керування якістю своїх ІТ-сервісів, що забезпечує швидку адаптацію до ринкових змін і нових технологій. Це дозволяє їм випереджати конкурентів і залучати нових клієнтів [13].

Для забезпечення високого рівня якості ІТ-сервісів та відповідності їх міжнародним стандартам використовуються нормативні документи, що регулюють управління якістю в інформаційних технологіях.

Стандарт ISO 9000:2015 визначає якість як ступінь, до якого сукупність характеристик об'єкта відповідає вимогам [19]. Це поняття може бути адаптоване до IT-послуг як міра відповідності сервісів очікуванням клієнтів та вимогам ринку, що полягає в їх здатності задовольняти потреби клієнтів шляхом надання стабільних, ефективних, безпечних і зручних для використання рішень. Поняття якості IT-послуг охоплює різні аспекти, зокрема продуктивність, надійність, відповідність нормативним вимогам, інтеграцію з іншими системами та гнучкість у відповіді на змінні вимоги користувачів.

Якість IT-послуг досягається завдяки впровадженню ефективних процесів управління якістю, що стало важливим напрямом у сучасних організаціях, які надають послуги у сфері інформаційних технологій. Висока якість IT-сервісів сприяє задоволенню потреб користувачів, підвищенню продуктивності бізнесу та зниженню ризиків, пов'язаних з нестабільністю роботи систем. Для забезпечення високої якості IT-сервісів застосовуються міжнародні стандарти, що визначають принципи управління якістю, методи моніторингу та оцінки якості, а також рекомендації щодо вдосконалення послуг.

Одним із ключових стандартів, що регулюють системи управління якістю в IT-секторі, є ISO 9001:2015. Цей стандарт встановлює загальні вимоги до систем управління якістю для будь-якої організації, зосереджуючи увагу на постійному вдосконаленні та задоволенні потреб клієнтів [10]. Він заснований на принципах, що включають орієнтацію на клієнта, процесний підхід, лідерство, залучення персоналу, а також систематичний підхід до управління. У сфері IT-сервісів ISO 9001 застосовується для створення стабільних процесів, що дозволяють надавати високоякісні послуги відповідно до очікувань користувачів.

ISO/IEC 20000-1:2018 є першим міжнародним стандартом, спеціально розробленим для управління IT-послугами. Він визначає вимоги до системи управління IT-сервісами і включає процеси, необхідні для планування, надання, підтримки та вдосконалення IT-сервісів [11]. Стандарт ISO 20000 фокусується на підтримці стабільності IT-сервісів, безперервному вдосконаленні та управлінні

ризиками, які можуть вплинути на якість обслуговування користувачів. Стандарт включає вимоги до таких процесів, як управління сервісним каталогом, управління рівнем обслуговування та управління безперервністю послуг, що дозволяє забезпечити надійність та доступність ІТ-сервісів.

Окрему увагу в управлінні ІТ-послугами займає ISO/IEC 27001:2022, що стосується управління інформаційною безпекою [12]. У зв'язку із зростанням обсягів обробки конфіденційних даних в ІТ-сервісах питання безпеки набуває особливого значення. Стандарт ISO 27001 визначає вимоги до системи управління інформаційною безпекою, спрямованої на забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних. Він охоплює такі аспекти, як управління ризиками, захист інформаційних активів, моніторинг безпеки та управління інцидентами безпеки. Таким чином, інтеграція вимог ISO 27001 в систему управління ІТ-сервісами допомагає мінімізувати ризики та забезпечити надійність послуг.

Важливу роль у забезпеченні якості програмних продуктів у ІТ-сервісах відіграє ISO/IEC 25000 (SQuaRE), що є серією стандартів, яка описує моделі якості та вимоги до оцінки програмного забезпечення [13]. Система SQuaRE включає такі стандарти, як ISO/IEC 25010:2011, що встановлює дві основні моделі якості — модель якості продукту та модель якості використання [14]. Ці моделі охоплюють характеристики функціональної придатності, продуктивності, сумісності, надійності, безпеки, зручності використання, обслуговуваності та переносимості програмного продукту. Застосування цих моделей якості дозволяє організаціям оцінювати ІТ-сервіси на предмет відповідності потребам користувачів та вимогам до стабільності та продуктивності.

Отже, міжнародні стандарти якості, такі як ISO 9001, ISO/IEC 20000-1, ISO/IEC 27001, ISO/IEC 25000, відіграють важливу роль у розробці концепцій управління якістю ІТ-сервісів. Вони забезпечують цілісний підхід до створення, підтримки та вдосконалення ІТ-сервісів, орієнтуючись на стабільність, відповідність вимогам клієнтів, безпеку та продуктивність.

З погляду бізнес-процесів, якісні ІТ-сервіси сприяють підвищенню продуктивності компанії. Автоматизація, зниження ризиків і швидка реакція на проблеми дозволяють компаніям фокусуватися на своїх основних цілях та розвивати нові напрямки. Наприклад, добре керовані ІТ-послуги можуть скоротити час простою систем, що призводить до зниження витрат і втрат доходів.

### 1.1.1 Забезпечення якості за стандартом ISO 9001:2015

ISO 9001:2015 — це міжнародний стандарт, який визначає вимоги до систем управління якістю для забезпечення стабільної якості продуктів і послуг, що відповідають очікуванням клієнтів та нормативним вимогам. Його вітчизняний аналог ДСТУ EN ISO 9001:2018 Системи управління якістю. Вимоги (EN ISO 9001:2015, IDT; ISO 9001:2015, IDT). Використання цього стандарту сприяє підвищенню ефективності організацій та їх конкурентоспроможності.

ISO 9001 базується на кількох ключових принципах управління якістю:

1. *Процесний підхід*, згідно якому організація повинна розглядати свою діяльність як набір взаємопов'язаних процесів. Це дозволяє забезпечити ефективну взаємодію між процесами, оптимізувати використання ресурсів і досягати стабільних результатів.

2. *Орієнтація на клієнта* та задоволення його потреб, що є центральним завданням ISO 9001. Організації мають розуміти вимоги клієнтів, а також докладати зусиль для перевищення їх очікувань.

3. *Лідерство*, а саме те, що керівництво організацій відіграє ключову роль у впровадженні ефективної системи управління якістю. Воно має створити сприятливі умови для участі всіх працівників у досягненні цілей якості та розвитку організації.

4. *Постійне вдосконалення*, що передбачає систематичний пошук шляхів покращення продуктів, послуг і внутрішніх процесів компанії.

У контексті ІТ-сервісів ISO 9001 адаптується через впровадження структурованого підходу до управління якістю всіх процесів, пов'язаних з наданням ІТ-послуг. Основні аспекти адаптації стандарту до ІТ-сектору включають:

1. *Забезпечення якості послуг* – впровадження чітких процедур для управління розробкою, наданням та підтримкою ІТ-сервісів, забезпечуючи їх відповідність вимогам клієнтів.

2. *Орієнтація на користувача*: оскільки задоволеність клієнтів є основною метою ISO 9001, у сфері ІТ-сервісів стандарт зосереджується на підтримці високої якості обслуговування користувачів, швидкому вирішенні їхніх запитів та мінімізації збоїв у роботі сервісів.

3. *Моніторинг і вдосконалення процесів*. ІТ-компанії можуть використовувати ISO 9001 для постійного моніторингу ефективності своїх ІТ-послуг, збору зворотного зв'язку від клієнтів та впровадження заходів щодо покращення якості на основі отриманих даних.

4. *Ризик-орієнтований підхід*. ІТ-сервіси стикаються з численними ризиками, такими як збої систем або кібератаки. ISO 9001 сприяє розробці планів управління ризиками, які мінімізують можливі негативні наслідки для клієнтів та бізнесу.

Впровадження ISO 9001 допомагає ІТ-організаціям структурувати свої процеси, підвищити надійність сервісів та покращити загальну якість обслуговування клієнтів.

### 1.1.2 Стандарт ISO/IEC 20000-1:2018 і управління ІТ-послугами

ISO/IEC 20000-1:2018 — це міжнародний стандарт, що визначає вимоги до систем управління ІТ-послугами. Він допомагає організаціям забезпечувати ефективне управління життєвим циклом ІТ-послуг, гарантуючи їхню відповідність очікуванням клієнтів та забезпечуючи якість на кожному етапі надання послуг. Національний аналог цього стандарту – ДСТУ ISO/IEC 20000-

1:2019 Інформаційні технології. Керування послугами. Частина 1. Вимоги до системи керування послугами (ISO/IEC 20000-1:2018, IDT).

ISO/IEC 20000-1 зосереджується на процесному підході до управління ІТ-послугами, що забезпечує їхню ефективність, контроль і постійне вдосконалення. Стандарт охоплює весь життєвий цикл ІТ-послуг, включаючи їх проєктування, впровадження, експлуатацію та вдосконалення. Основними цілями є забезпечення стабільної роботи сервісів, управління ризиками та забезпечення задоволення потреб користувачів.

Особливістю стандарту є його орієнтація на побудову ефективної системи взаємодії між провайдером послуг і клієнтом. ISO/IEC 20000-1 також передбачає інтеграцію з іншими стандартами, такими як ISO 9001 (управління якістю) та ISO/IEC 27001 (управління інформаційною безпекою).

Управління сервісним каталогом – це ключовий компонент, що включає всі ІТ-сервіси, які надаються організацією, та їхні характеристики. Каталог сервісів забезпечує прозорість для клієнтів і допомагає їм краще розуміти пропозиції компанії, зокрема доступні послуги та рівень підтримки [19].

Рівень обслуговування (Service Level Management): цей процес визначає угоди про рівень обслуговування (Service-level Agreement, SLA), які встановлюють чіткі очікування клієнтів щодо якості, часу відгуку та продуктивності сервісів. ISO/IEC 20000-1 забезпечує механізми для постійного моніторингу рівня виконання угод та виявлення можливих відхилень.

Безперервне вдосконалення послуг: стандарт включає цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act), що сприяє постійному вдосконаленню якості наданих ІТ-послуг. Процеси вдосконалення базуються на регулярному аналізі результатів, зворотному зв'язку від клієнтів і внутрішньому моніторингу показників ефективності.

Таким чином, впровадження ISO 20000 забезпечує компаніям структуру для надання стабільних, якісних ІТ-послуг, що відповідають потребам ринку та клієнтів [20].

### 1.1.3 Стандарти ISO/IEC 27000 та управління інформаційною безпекою

ISO/IEC 27000 — це серія міжнародних стандартів, що визначає вимоги та найкращі практики для систем управління інформаційною безпекою. Основна мета стандарту — забезпечити захист інформаційних активів організації через впровадження системних підходів до управління ризиками і безпекою.

ISO/IEC 27000 встановлює вимоги до створення ефективної системи управління інформаційною безпекою, яка охоплює політики, процедури та технічні заходи для захисту конфіденційності, цілісності та доступності інформаційних активів. Для IT-сервісів цей стандарт допомагає управляти ризиками, пов'язаними з порушенням безпеки інформації, яка обробляється або зберігається в IT-системах.

Впровадження стандарту ISO/IEC 27001:2022 (частина серії ISO 27000) в IT-сервісах дозволяє організаціям структурувати свої процеси таким чином, щоб захистити інформацію від кіберзагроз, несанкціонованого доступу, втрати даних або збоїв системи. Це включає такі процеси, як ідентифікація вразливостей, оцінка ризиків, контроль доступу, управління інцидентами безпеки і регулярний аудит системи безпеки.

Захист інформаційних активів є критично важливим для організацій, що надають IT-послуги, оскільки вони обробляють великі обсяги конфіденційної інформації, включаючи персональні дані клієнтів, фінансові звіти та інші чутливі дані. Основними аспектами безпеки є:

1. *Конфіденційність* — забезпечення того, щоб інформація була доступна лише авторизованим користувачам.
2. *Цілісність* — захист інформації від несанкціонованої модифікації або пошкодження.
3. *Доступність* — забезпечення доступу до інформації та систем тоді, коли це необхідно.

Ці три аспекти безпеки формують основу довіри до ІТ-сервісів. Втрата даних, витік інформації або недоступність сервісів можуть призвести до значних фінансових втрат, репутаційних ризиків та юридичних наслідків.

Стандарти ISO/IEC 27000 тісно інтегруються з іншими міжнародними стандартами, такими як ISO 9001 та ISO/IEC 20000, утворюючи комплексну систему управління якістю, безпекою та ІТ-послугами. З ISO 9001 він забезпечує захист інформаційних активів і даних клієнтів у рамках загального управління якістю. З ISO/IEC 20000 стандарт ISO/IEC 27000 впроваджується для гарантування безпеки ІТ-послуг, які надаються відповідно до вимог ISO/IEC 20000. Вони разом забезпечують безперебійне надання сервісів з урахуванням найвищих стандартів якості та безпеки.

Такий інтегрований підхід дозволяє організаціям ефективно управляти ризиками інформаційної безпеки, підвищуючи надійність і стабільність своїх ІТ-сервісів.

#### 1.1.4 Стандарт ISO 25000 (SQuaRE): Якість програмних продуктів

ISO/IEC 25000:2014 (SQuaRE, Software Quality Requirements and Evaluation) — це серія міжнародних стандартів, що визначає вимоги до якості програмних продуктів і їх оцінки. Національний аналог – ДСТУ ISO/IEC 25000:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Настанова до SQuaRE (ISO/IEC 25000:2014, IDT).

Система SQuaRE спрямована на допомогу організаціям у плануванні, оцінці та покращенні якості програмного забезпечення протягом усього життєвого циклу, що дозволяє підвищувати ефективність ІТ-сервісів.

ISO/IEC 25000 складається з кількох підсистем, серед яких однією з найважливіших є ISO/IEC 25010, що визначає моделі якості програмного забезпечення.

Моделі якості за ISO/IEC 25000 дають організаціям інструменти для структурованого підходу до вимірювання якості програмних продуктів і послуг, що вони надають. Оцінка за критеріями ISO/IEC 25010 дозволяє компаніям виявити слабкі місця в програмному забезпеченні, що використовується для надання ІТ-сервісів, і приймати обґрунтовані рішення щодо його вдосконалення.

Наприклад, завдяки оцінці продуктивності та надійності можна гарантувати стабільну роботу ІТ-сервісів, зменшити кількість простоїв та підвищити задоволеність користувачів. Аналіз зручності використання сприяє покращенню інтерфейсів і взаємодії користувача із системою, що є важливим для ІТ-послуг, орієнтованих на кінцевих клієнтів.

ISO/IEC 25000 використовується на всіх етапах життєвого циклу програмного забезпечення: від розробки до його підтримки та вдосконалення. У процесі розробки ІТ-сервісів цей стандарт дозволяє задавати чіткі вимоги до якості, які повинні бути досягнуті, і визначати критерії, за якими оцінюватиметься успішність розробки [22].

У підтримці ІТ-сервісів ISO/IEC 25000 допомагає забезпечити систематичний моніторинг якості послуг, що надаються, шляхом регулярної оцінки ключових показників, таких як надійність, продуктивність і безпека. Це дає можливість швидко реагувати на виникаючі проблеми та впроваджувати необхідні вдосконалення для покращення якості послуг.

#### 1.1.5 Взаємозв'язок стандартів та їх спільне застосування

Міжнародні стандарти ISO 9001, ISO 20000, ISO 27000 та ISO 25000 є взаємодоповнюючими і можуть використовуватися разом для забезпечення високої якості ІТ-послуг. Кожен з цих стандартів фокусується на окремих аспектах управління ІТ-послугами, але в комплексі вони створюють інтегровану систему управління якістю, безпекою та продуктивністю ІТ-сервісів.

Компанії, що надають ІТ-послуги, можуть одночасно впроваджувати ISO/IEC 20000 для покращення управління своїми сервісами, а ISO 9001 — для

забезпечення загальної системи управління якістю в організації. При цьому ISO/IEC 27001 допоможе гарантувати, що інформаційні активи компанії залишаються захищеними під час надання послуг.

Інтеграція з програмними продуктами: використання ISO/IEC 25000 разом з ISO 9001 і ISO/IEC 20000 дозволяє гарантувати, що програмні продукти, які підтримують ІТ-послуги, відповідають вимогам до якості. Це особливо важливо для компаній, які розробляють програмні рішення для зовнішніх клієнтів і одночасно керують інфраструктурою підтримки цих рішень.

Управління ризиками та безпекою: організації, що працюють з конфіденційною інформацією, можуть поєднувати стандарти ISO 27001 та ISO 20000 для забезпечення безпечного управління ІТ-послугами та запобігання загрозам кібербезпеки, одночасно дотримуючись принципів ефективного управління послугами.

Переваги комплексного підходу до управління якістю за допомогою міжнародних стандартів:

1. Поєднання стандартів ISO 9001, ISO/IEC 20000 та ISO/IEC 25000 дозволяє організаціям *систематично підходити до управління всіма аспектами ІТ-послуг*, включаючи забезпечення якості продуктів, процесів і взаємодії з клієнтами.

2. Інтеграція ISO/IEC 27000 з іншими стандартами *забезпечує захист інформаційних активів організації*. Це дозволяє компаніям одночасно управляти якістю та безпекою, що є ключовим фактором для побудови довіри до ІТ-сервісів.

3. Спільне використання стандартів *сприяє підвищенню ефективності організації через оптимізацію процесів управління якістю*, безпекою та продуктивністю, що дозволяє мінімізувати ризики і підвищити загальну ефективність ІТ-сервісів.

4. Комплексний підхід до управління якістю ІТ-послуг на основі міжнародних стандартів *забезпечує не тільки стабільність і надійність сервісів*,

але й їх відповідність вимогам клієнтів та нормативним актам, сприяючи постійному вдосконаленню.

### 1.1.6 Виклики та перспективи впровадження міжнародних стандартів в IT-сервіси

Впровадження міжнародних стандартів, таких як ISO 9001, ISO/IEC 20000, ISO/IEC 27000, ISO/IEC 25000, в IT-сервіси може зіткнутися з низкою викликів:

1. Сертифікація за міжнародними стандартами *потребує значних фінансових ресурсів* на аудит, тренінги для співробітників та оновлення внутрішніх процесів. Малим і середнім IT-компаніям може бути складно виділити достатній бюджет для цього.

2. Багато організацій вже мають усталені методи управління, які можуть не повністю відповідати вимогам стандартів. Впровадження нових процесів або модифікація існуючих *потребує часу та зусиль*, що може тимчасово знизити ефективність роботи компанії.

3. *Співробітники можуть виявляти опір* через необхідність навчання новим методам та зміни в повсякденній роботі. Це може спричиняти труднощі у впровадженні стандартів, якщо не буде належної підтримки з боку керівництва та мотивації персоналу.

4. *Впровадження кількох стандартів одночасно може бути складним завданням*, оскільки кожен з них має свої специфічні вимоги, і їхня інтеграція потребує ретельного планування та управління.

Незважаючи на виклики, компанії, які впроваджують міжнародні стандарти, отримують значні переваги, і з розвитком технологій компанії будуть все більше впроваджувати автоматизовані системи управління якістю, які дозволять ефективно моніторити показники та забезпечувати відповідність стандартам у режимі реального часу.

З огляду на зростаючі ризики кібербезпеки, впровадження стандартів, пов'язаних з інформаційною безпекою (ISO/IEC 27000), буде мати ще більше

значення. Компанії дедалі частіше інтегруватимуть безпекові практики у свої процеси для зменшення вразливостей.

Стандартизація процесів для управління ІТ-послугами в хмарних середовищах ставатиме дедалі важливішою. Стандарти ISO/IEC 20000 та ISO/IEC 27000 будуть адаптовані для управління ІТ-сервісами, що надаються через хмарні платформи.

Системи управління якістю будуть все більше враховувати індивідуальні потреби клієнтів. Стандарти ISO нададуть більш гнучкі інструменти для налаштування процесів під конкретні вимоги користувачів, що допоможе підвищити рівень задоволеності клієнтів.

Таким чином, незважаючи на труднощі, які супроводжують впровадження міжнародних стандартів у ІТ-сервіси, переваги, такі як покращення якості, безпеки та ефективності процесів, роблять ці стандарти важливими для успішного розвитку компаній.

## 1.2 Моделі якості системи надання ІТ-послуг

### 1.2.1 Огляд стандартів ISO/IEC 25000 (SQuaRE)

Серія стандартів ISO/IEC 25000, також відома як SQuaRE (Software Quality Requirements and Evaluation), забезпечує структуру для управління якістю, вимірювання та оцінювання програмних продуктів. Вона охоплює різні аспекти якості, які допомагають організаціям створювати якісне програмне забезпечення, орієнтоване на потреби користувачів. Серія розділена на кілька категорій:

#### 1. ISO/IEC 2500n — Quality Management Division

Цей розділ охоплює стандарти, що забезпечують загальні принципи та керівництво для управління якістю в рамках SQuaRE. Вони допомагають визначити політику, процеси та підходи до управління якістю програмного забезпечення.

## 2. ISO/IEC 2501n — Quality Model Division

Стандарти цієї категорії визначають моделі якості для програмних продуктів і даних. Ці моделі встановлюють характеристики якості, які можна використовувати для оцінки програмного забезпечення відповідно до специфічних вимог користувачів. ISO/IEC 25010 є ключовим стандартом у цій категорії. Він визначає дві основні моделі якості: модель якості продукту та модель якості використання. ISO/IEC 25011 описує модель якості ІТ-сервісів. ISO/IEC 25012 фокусується на якості даних, визначаючи характеристики, як-от актуальність, точність, послідовність і повнота.

## 3. ISO/IEC 2502n - Quality Measurement Division

Цей розділ охоплює стандарти для вимірювання якості програмного забезпечення, пропонуючи методи та метрики для оцінки різних аспектів якості [23].

ISO/IEC 25021 визначає основи для створення метрик якості, описуючи способи розробки та застосування вимірювальних функцій [24]. Він забезпечує методологію для створення метрик, що охоплюють кількісні показники якості програмного забезпечення.

ISO/IEC 25022 пропонує метрики для оцінки якості при використанні (Quality in Use Measures), зосереджуючись на тому, як програмне забезпечення підтримує кінцевих користувачів у досягненні їхніх цілей [25].

ISO/IEC 25023 визначає метрики для оцінки характеристик якості продукту (Product Quality Measures), що охоплюють характеристики, визначені в моделі якості ISO/IEC 25010 [16].

ISO/IEC 25024 описує метрики для оцінки якості даних (Data Quality Measures), включаючи такі характеристики, як точність, актуальність, послідовність і доступність даних [26].

## 4. ISO/IEC 2503n — Quality Requirements Division

Ця категорія стандартів визначає вимоги до якості програмних продуктів, які можна використовувати на етапах проектування та розробки [13]. Стандарти в цій групі забезпечують основні вимоги до різних характеристик якості, як-от

функціональна придатність і зручність використання, що можуть бути визначені в технічних вимогах до продукту.

#### **5. ISO/IEC 2504n — Quality Evaluation Division**

Цей розділ охоплює стандарти, що описують процеси оцінювання якості програмного забезпечення [13]. Вони визначають підходи до оцінки відповідності продукту вимогам якості. Стандарти цієї категорії допомагають проводити систематичну оцінку програмних продуктів, пропонуючи загальні процеси для забезпечення якості продуктів перед їхнім впровадженням.

#### **6. ISO/IEC 25050–25099 — SQuaRE Extension Division**

Ця категорія включає стандарти, що розширюють можливості та застосування основних стандартів серії SQuaRE [13]. Ці стандарти охоплюють специфічні вимоги, рекомендації та додаткові характеристики, що можуть бути корисні в окремих галузях.

Стандарти серії ISO/IEC 25000 забезпечують комплексний підхід до управління, вимірювання та оцінки якості програмного забезпечення, дозволяючи організаціям впроваджувати високі стандарти якості у свої продукти.

### **1.2.2 Моделі якості за ISO/IEC 25010**

ISO/IEC 25010 визначає набір характеристик, які дозволяють оцінювати якість програмних продуктів на основі функціональних і нефункціональних вимог [14]. Цей стандарт розроблений для того, щоб забезпечити систематичний підхід до оцінки якості програмного забезпечення та створити єдині критерії для аналізу якості IT-сервісів.

Однією з ключових особливостей ISO/IEC 25010 є поділ на дві основні моделі:

1. Модель якості продукту — визначає характеристики, які стосуються самого програмного продукту, таких як функціональна придатність, надійність, зручність використання та безпека.

2. Модель якості використання — зосереджується на оцінці якості програмного забезпечення з точки зору користувача, враховуючи такі аспекти, як ефективність, продуктивність і задоволеність користувачів.

ISO/IEC 25010 забезпечує основу для встановлення конкретних метрик і показників, які можуть бути використані для оцінки якості програмного забезпечення на різних етапах його життєвого циклу [22]. Це дозволяє організаціям забезпечити відповідність програмних продуктів потребам користувачів, підвищуючи надійність та ефективність IT-сервісів.

Управління IT-сервісами із застосуванням ISO/IEC 25010 включає такі етапи:

- Визначення ключових показників якості на основі метрик.
- Регулярний моніторинг цих показників протягом усього життєвого циклу програмного забезпечення.
- Оцінка результатів для виявлення можливих відхилень або слабких місць, що потребують покращення.
- Внесення коректив для підвищення ефективності, продуктивності або зручності використання IT-сервісів.

Управління якістю IT-сервісів є важливим аспектом діяльності будь-якої організації, яка надає технологічні рішення. ISO/IEC 25010 відіграє ключову роль у забезпеченні цієї якості, надаючи чіткі інструменти для вимірювання й оцінки програмного забезпечення, яке використовуються для надання IT-послуг. Основними цілями застосування ISO/IEC 25010 в IT-сервісах є:

- *Оцінка відповідності програмних продуктів функціональним вимогам*, що дозволяє організаціям оцінювати, наскільки програмне забезпечення виконує свої функції відповідно до вимог замовника та користувачів.
- *Моніторинг нефункціональних характеристик*, що включає показники надійності, безпеки, продуктивності та зручності використання, які критично важливі для IT-сервісів.

- *Вдосконалення IT-сервісів*, що допомагає ідентифікувати слабкі місця програмного забезпечення і впроваджувати необхідні зміни для покращення його якості та стабільності. Це сприяє підвищенню задоволеності клієнтів і загальної ефективності IT-сервісів.
- *Забезпечення відповідності стандартам*, що дозволяє організаціям забезпечити відповідність міжнародним стандартам якості, що підвищує їхню конкурентоспроможність і довіру клієнтів.

### 1.2.3 Характеристики якості програмного продукту за ISO/IEC 25010

Модель якості продукту за ISO/IEC 25010 містить вісім основних характеристик, кожна з яких визначає специфічні аспекти якості програмного забезпечення [13]. Вона дозволяє оцінити, наскільки програмний продукт відповідає вимогам користувачів та замовників.

#### **1. Функціональна придатність (Functional Suitability)**

Ця характеристика оцінює здатність програмного забезпечення виконувати визначені функції відповідно до специфікацій та потреб користувачів. Вона включає:

- а) повноту (completeness) — наявність усіх необхідних функцій;
- б) правильність (correctness) — коректне виконання функцій;
- с) придатність для взаємодії (appropriateness) — відповідність інтерфейсу та функцій очікуванням користувачів.

#### **2. Продуктивність (Performance Efficiency)**

Продуктивність вимірює ефективність використання ресурсів під час виконання функцій. Основні аспекти:

- а) час відгуку (time behavior) — швидкість виконання завдань;
- б) використання ресурсів (resource utilization) — ефективне використання апаратних і програмних ресурсів;
- в) ємність (capacity) — здатність програмного забезпечення обробляти великі обсяги даних або користувачів.

### 3. Сумісність (Compatibility)

Сумісність визначає, наскільки програмне забезпечення може взаємодіяти з іншими системами або програмами. Вона включає:

а) взаємодія з іншими системами (interoperability) — здатність працювати з різними системами;

б) здатність до співіснування (co-existence) — можливість роботи без конфліктів у загальному середовищі.

### 4. Зручність використання (Usability)

Оцінює простоту та ефективність взаємодії користувачів із системою. Основні аспекти:

а) розпізнаваність (appropriateness recognisability) — легкість розуміння, чи відповідає певна функція поточним потребам;

б) здатність до навчання (learnability) — легкість освоєння;

в) керованість (operability) — простота у використанні;

г) захист від помилок користувача (user error protection) — здатність запобігати помилкам і допомагати користувачам швидко їх виправляти;

д) атрактивність (user interface aesthetics) — привабливість інтерфейсу;

е) доступність (accessibility) — здатність бути доступним для користувачів з обмеженими можливостями, такими як зорові, слухові, моторні або когнітивні порушення.

### 5. Надійність (Reliability)

Оцінює стабільність програмного забезпечення при виконанні завдань. Включає:

а) зрілість (maturity) — стабільність та надійність, здатність працювати без збоїв протягом тривалого часу;

б) доступність (availability) — готовність системи до виконання функцій;

в) безперервність роботи (fault tolerance) — здатність продовжувати роботу при збоях;

г) відновлюваність (recoverability) — швидкість відновлення після збоїв.

### 6. Безпека (Security)

Ця характеристика охоплює здатність системи захищати інформацію та дані. Включає:

- а) конфіденційність (confidentiality) — захист від несанкціонованого доступу;
- б) цілісність (integrity) — запобігання модифікації даних;
- в) невідмовність (non-repudiation) — здатність підтверджувати, що певні дії були виконані певними користувачами.
- г) підзвітність (accountability) — відслідковування ідентифікації користувачів та їхніх дій;
- д) автентичність (authenticity) – гарантування справжності даних.

### **7. Обслуговуваність (Maintainability)**

Визначає легкість внесення змін до системи та виправлення помилок. Включає:

- а) модульність (modularity) — розбиття системи на незалежні модулі;
- б) повторне використання (reusability) — здатність бути використаним повторно;
- б) аналізованість (analyzability) — легкість виявлення проблем;
- в) здатність до модифікації (modifiability) — простота внесення змін;
- г) тестованість (testability) — легкість перевірки системи.

### **8. Переносимість (Portability)**

Ця характеристика визначає здатність системи працювати в різних середовищах. Включає:

- а) адаптивність (adaptability) — здатність адаптуватися до нових середовищ;
- б) встановлюваність (installability) — простота встановлення в нове середовище;
- в) замінюваність (replaceability) — можливість заміни компонентів системи.

Модель якості використання ISO/IEC 25010 оцінює програмне забезпечення з точки зору його взаємодії з кінцевим користувачем. Вона

спрямована на оцінку того, наскільки ефективно програмне забезпечення допомагає користувачам досягати своїх цілей.

### **1. Ефективність (Effectiveness)**

Оцінює, наскільки точно і повно програмне забезпечення дозволяє користувачам досягати своїх цілей.

### **2. Продуктивність (Efficiency)**

Визначає витрати ресурсів (час, зусилля), необхідні для досягнення цілей користувачем. Чим менше ресурсів потрібно, тим вища продуктивність.

### **3. Задоволеність користувачів (Satisfaction)**

Оцінює емоційне ставлення користувачів до використання програмного забезпечення, включаючи зручність, простоту використання та задоволення результатами.

### **4. Свобода від ризику (Freedom from risk)**

Визначає здатність програмного забезпечення запобігати небажаним наслідкам або шкоді для користувача чи навколишнього середовища під час використання системи.

### **5. Покриття контексту (Context coverage)**

Оцінює, наскільки добре програмне забезпечення функціонує в різних умовах використання, враховуючи різні сценарії і середовища роботи.

#### 1.2.4 Формування показників якості на основі стандартів ISO/IEC 2502n

Оцінка якості IT-сервісів за допомогою ISO/IEC 25010 включає вимірювання кількісних і якісних показників. Прикладами кількісних показників є частота збоїв, час до відновлення після збоїв, швидкість відгуку, використання ресурсів. Приклади якісних показників — масштабованість, сумісність, зручність використання, легкість навчання. Кожна характеристика програмного забезпечення оцінюється за специфічними метриками, які допомагають визначити ступінь відповідності вимогам замовників і користувачів, а також загальну продуктивність і ефективність програмного продукту.

Процес формування показників якості для конкретних ІТ-сервісів відповідно до стандартів ISO/IEC 2502n (ISO/IEC 25022, ISO/IEC 25023, ISO/IEC 25024) передбачає кілька кроків:

- визначення моделей якості, за яким буде оцінюватись ІТ-сервіс (стандарти ISO/IEC 25010, ISO/IEC 25012);
- визначення відповідних характеристик, що дозволяє ідентифікувати ключові аспекти якості для конкретного ІТ-сервісу;
- вибір показників якості для кожної характеристики (стандарти ISO/IEC 25022, ISO/IEC 25023 і ISO/IEC 25024);
- застосування методу вимірювання, як це описано в ISO/IEC 25021;
- розрахунок і аналіз показників якості.

Використання стандарту ISO 25010 для оцінки та покращення якості ІТ-сервісів надає організаціям системний і комплексний підхід до управління якістю програмних продуктів. Цей стандарт дозволяє детально оцінювати різні аспекти якості програмного забезпечення:

- Завдяки оцінці *зручності використання*, організації можуть підвищувати рівень задоволеності користувачів. Оцінка таких аспектів, як зручність інтерфейсу або час відгуку, дозволяє вчасно вносити зміни та вдосконалювати сервіси відповідно до очікувань користувачів.
- Використання моделей якості за ISO 25010 сприяє *безперервному вдосконаленню ІТ-сервісів*. Вимірювання показників на різних етапах життєвого циклу програмного забезпечення дозволяє виявляти проблеми та своєчасно їх вирішувати, що забезпечує високу якість послуг.
- Регулярне вимірювання *надійності ІТ-сервісів* дозволяє знижувати кількість збоїв та забезпечувати безперервну роботу систем. Це критично важливо для сервісів, які обслуговують великий обсяг користувачів або обробляють важливу інформацію.
- Використання *метрик продуктивності* дозволяє організаціям підвищувати ефективність своїх ІТ-сервісів, оптимізуючи використання ресурсів

та забезпечуючи швидку обробку запитів користувачів, що особливо важливо для сервісів із високим навантаженням.

- Стандарти групи ISO/IEC 2502n включають *детальні метрики безпеки*, які дозволяють виявляти вразливості та захищати IT-сервіси від кіберзагроз. Регулярний моніторинг і оцінка безпеки забезпечують стабільну роботу сервісів та захищають інформацію користувачів.

### 1.2.5 Інструменти для оцінки якості IT-сервісів

Існують різні інструменти для оцінки якості IT-сервісів, які дозволяють автоматизувати процес моніторингу та аналізу якості програмних продуктів відповідно до стандартів ISO 25010. Деякі з них:

- JMeter — інструмент для тестування продуктивності, який дозволяє вимірювати час відгуку та продуктивність IT-сервісів під різними навантаженнями. Це дозволяє виявити вузькі місця та оптимізувати використання ресурсів.

- SonarQube — інструмент для оцінки якості коду, який може аналізувати технічний борг, зручність обслуговування та безпеку програмного забезпечення. SonarQube дозволяє автоматично моніторити код щодо його обслуговуваності та надійності.

- UsabilityHub — інструмент для тестування зручності використання програмного забезпечення. Він дозволяє збирати відгуки користувачів та оцінювати інтерфейс із погляду користувачів, що сприяє підвищенню показників задоволеності та ефективності використання IT-сервісів.

- OWASP ZAP — інструмент для тестування безпеки програмного забезпечення, який допомагає виявляти вразливості в системах, пов'язані з конфіденційністю та захистом даних.

### 1.3 Формування системи ключових показників ефективності функціонування ІТ-сервісів

#### 1.3.1 Вступ до ключових показників ефективності для ІТ-сервісів

Ключові показники ефективності (KPI, Key Performance Indicators) є важливим інструментом для управління якістю та ефективністю ІТ-сервісів. KPI дозволяють оцінювати різні аспекти роботи системи, включаючи продуктивність, надійність, зручність використання та відповідність стандартам якості [11]. KPI є кількісними метриками, які дозволяють менеджерам і командам розробників контролювати якість ІТ-сервісів, своєчасно виявляти проблеми та впроваджувати вдосконалення [27]. У контексті ІТ-сервісів KPI забезпечують об'єктивну оцінку ключових аспектів функціонування системи та полегшують прийняття управлінських рішень для підвищення якості послуг. Щоб використання таких показників було ефективним, вони мають відповідати певним критеріям.

По-перше, KPI мають бути *вимірюваним*, тобто мати кількісне значення (число, відсоток, валюта), при чому це має бути не просто відсоток виконання, а саме певний результат, оцінений у кількісній мірі, бо оцінювати успіх лише за обсягом виконаної роботи неправильно, адже завершення проєкту не завжди означає його успішність.

По-друге, ключові показники ефективності мають бути *порівнюваним*, бо значення KPI має сенс лише тоді, коли його порівнюють із прийнятним, оптимальним чи неприйнятним рівнем.

Також KPI повинен забезпечувати чіткі *докази*, які однаково сприйматимуть усі зацікавлені сторони, орієнтуватися *на ціль*, тобто узгоджуватися з цілями для, яких ми його впроваджуємо, і служити для досягнення цих цілей, а факт досягнення цілі має вимірюватися за визначений період *часу*.

При формуванні КРІ для систем, що забезпечують доступність, зокрема для підтримки стандартів WCAG та ADA, виникає необхідність враховувати специфічні вимоги до доступності цифрових продуктів. Основною метою таких систем є забезпечення зручності та доступності для користувачів з обмеженими можливостями. КРІ для доступності повинні враховувати такі аспекти, як відповідність стандартам WCAG та ADA, зручність інтерфейсу для користувачів з особливими потребами, швидкість виправлення проблем доступності, що виникають, та підтримка сумісності з допоміжними технологіями (екранні читачі, клавіатурна навігація тощо).

Роль КРІ у забезпеченні відповідності вимогам доступності є критично важливою, оскільки вони дозволяють організаціям контролювати виконання нормативних вимог та вимірювати рівень зручності для користувачів з обмеженими можливостями. Наприклад, показник відсотка відповідності стандартам доступності дозволяє оцінювати загальний рівень адаптації інтерфейсу до потреб користувачів з інвалідністю. КРІ, як-от час до усунення проблем доступності, показує, наскільки швидко організація реагує на виявлені проблеми. Крім того, рівень задоволеності користувачів з обмеженими можливостями допомагає оцінити якість ІТ-сервісів з точки зору кінцевих користувачів, вказуючи на потенційні напрямки для вдосконалення.

Таким чином, впровадження КРІ для ІТ-сервісів не лише підвищує їхню загальну якість, але й сприяє створенню інклюзивних продуктів, що відповідають сучасним стандартам доступності. Це дозволяє організаціям забезпечувати відповідність вимогам WCAG, ADA та іншим нормативним актам, а також покращувати досвід користувачів із різними типами обмежених можливостей.

### 1.3.2 Вибір метрик для оцінки якості ІТ-сервісів за ISO/IEC 25010

Управління якістю ІТ-сервісів передбачає використання конкретних метрик для оцінки відповідності програмного забезпечення стандартам і

вимогам користувачів. Стандарти ISO/IEC 25010 та ISO/IEC 25023 надають модель якості та низку характеристик і метрик, які можуть бути адаптовані для оцінки IT-сервісів, орієнтованих на підтримку доступності [14, 16], для яких ключовими є наступні характеристики якості з моделі ISO/IEC 25010:

### **1. Функціональна придатність**

Ця характеристика є основою для оцінки відповідності IT-сервісів вимогам доступності. Функціональна придатність вимірює, наскільки ефективно і точно сервіс виконує свої функції відповідно до вимог WCAG і ADA. Метрики для оцінки цієї характеристики можуть включати:

- *Повнота функціональності*, що оцінює, наскільки повно програмний продукт реалізує вимоги доступності. Це може вимірюватися як відсоток відповідності функцій стандартам WCAG та ADA.
- *Коректність функцій*, що визначає, чи виконуються функції IT-сервісу безпомилково, зокрема ті, що стосуються доступності (наприклад, правильна робота екранних читачів або клавіатурної навігації).
- *Придатність до взаємодії*, що оцінює, наскільки зручні та відповідні функції системи для користувачів із особливими потребами.

### **2. Зручність використання**

Для доступних IT-сервісів важливим є забезпечення легкості використання інтерфейсу для всіх категорій користувачів, зокрема для людей із порушеннями зору, слуху або моторики. Зручність використання охоплює такі метрики:

- *Здатність до навчання*, що оцінює, наскільки легко новим користувачам, включаючи осіб з обмеженими можливостями, освоїти сервіс.
- *Керованість*, що визначає, наскільки зручно користувачам взаємодіяти з інтерфейсом. Метрика може враховувати зручність навігації за допомогою клавіатури або доступність текстових альтернатив для графічних елементів.
- *Коефіцієнт помилок* — кількість помилок, які роблять користувачі під час роботи з програмою. Це може включати неправильно виконані дії або

навігаційні помилки, спричинені незручним інтерфейсом чи відсутністю належної адаптації для допоміжних пристроїв.

- *Доступність (відповідно WCAG)* — специфічна метрика для оцінки відповідності вимогам WCAG, включаючи підтримку екранних читачів, можливість масштабування контенту та налаштування кольорових схем. IT-сервісів, що націлені на забезпечення доступності, в першу чергу самі мають в повній мірі підтримувати всі відповідні вимоги доступності.

### **3. Надійність**

Оцінка стабільності роботи є особливо важливою для IT-сервісів, що підтримують доступність, оскільки будь-які збої можуть значно ускладнити взаємодію користувачів з обмеженими можливостями. Основні метрики для оцінки надійності включають:

- *Доступність сервісу*, що визначає, який відсоток часу сервіс доступний для користувачів без збоїв або перерв.

- *Безперервність роботи* — здатність сервісу продовжувати роботу навіть за наявності технічних збоїв. Це критично для забезпечення постійної доступності IT-сервісів для користувачів з обмеженими можливостями.

- *Частота збоїв* — частота технічних збоїв, що впливають на роботу сервісу.

### **4. Безпека**

IT-сервіси, орієнтовані на підтримку доступності, повинні забезпечувати захист персональних даних користувачів, зокрема тих, що потребують спеціальних технологій для взаємодії з системою. Основні метрики безпеки включають:

- *Конфіденційність* — захист персональної інформації користувачів від несанкціонованого доступу.

- *Цілісність* — запобігання несанкціонованим змінам даних користувачів.

- *Доступність даних* — забезпечення постійної доступності даних для користувачів, особливо тих, які потребують допоміжних технологій.

## 5. Швидкість обробки запитів та час відгуку

Це є критичними факторами, особливо для користувачів, які покладаються на допоміжні технології, такі як екранні читачі або клавіатурна навігація. Висока швидкість відповіді системи підвищує зручність та ефективність користування програмою. Метрики для оцінки цього аспекту включають:

- *Середній час відгуку*, необхідний для виконання системою користувацького запиту. Це особливо важливо для зручного користування особами з порушеннями зору або моторики, де затримка в реакції системи може значно ускладнити навігацію та використання функцій.
- *Середній час обробки запитів*, необхідний для завершення дій на стороні сервера або програми, що також впливає на загальний досвід користувачів.

### 1.3.4 Формування системи ключових показників ефективності для IT-сервісів доступності

Формування системи ключових показників ефективності для IT-сервісів, що орієнтовані на забезпечення доступності, є важливим кроком у підтримці та контролі якості цифрових продуктів. Такі KPI дозволяють організаціям відстежувати рівень доступності, визначати та оперативно усувати проблеми, що можуть ускладнити взаємодію з системою для користувачів з особливими потребами.

У рамках даного дослідження вибір ключових показників ефективності розпочали з формування розширеного списку показників (табл. 1.1), які могли б бути релевантними для оцінки якості IT-сервісів. Цей список був створений на основі вимог міжнародних стандартів (таких як ISO/IEC 25010, WCAG, ADA) і найкращих практик у сфері управління якістю IT-послуг. До уваги бралися функціональні, нефункціональні, технічні та організаційні аспекти якості.

Таблиця 1.1 — Початковий список показників ефективності

<b>Показник</b>	<b>Опис</b>	<b>Спосіб вимірювання</b>
<b><i>Функціональна придатність та сумісність</i></b>		
Відповідність вимогам WCAG	Загальний рівень (середній відсоток) реалізації стандартів доступності (WCAG 2.1/2.2 рівні А, АА, ААА)	Автоматизованими засобами
Сумісність з допоміжними технологіями	Рівень сумісності з екранними читачами, клавіатурною навігацією, програмами збільшення шрифтів тощо	Проходження чеклістів тестувальником
Час до усунення помилок доступності	Середній час від моменту виявлення проблеми до її виправлення	Збір статистичних даних у системі трекінгу задач
Швидкість інтеграції	Час, витрачений командами клієнтів на інтеграцію функцій доступності (включаючи документацію та техпідтримку)	Анкети, відгуки від команд клієнтів
<b><i>Надійність</i></b>		
Час доступності системи	Відсоток часу, коли сервіс доступний без збоїв	Моніторинг
Частота технічних збоїв	Середня кількість збоїв на місяць, що впливають на доступність системи	Збір статистики у системах моніторингу
Час на відновлення	Середній час на усунення технічних збоїв	Збір статистики
<b><i>Зручність використання</i></b>		
Здатність до навчання	Час, необхідний новим користувачам для освоєння системи, включаючи користувачів з особливими потребами	Опитування користувачів, аналітика взаємодії
Загальний рівень задоволеності	Середня оцінка задоволеності користувачів з обмеженими можливостями користувачів з обмеженими можливостями	Опитування та збирання відгуків
Збільшення	Відсоток збільшення залучення	Аналітика трафіку та

кількості нових користувачів	користувачів з обмеженими можливостями за певний період часу	кількості користувачів
Успішність проходження аудитів	Кількість аудитів відповідності стандартам WCAG або ADA, що завершилися успішно	Аудиторські звіти
Середній час реакції техпідтримки	Час відповіді служби підтримки на звернення користувачів, які стосуються питань доступності	Система трекінгу заявок
<b><i>Безпека</i></b>		
Рівень конфіденційності даних	Захист персональної інформації від несанкціонованого доступу або витоків.	Звіти з кібербезпеки.
Випадки несанкціонованого доступу	Кількість інцидентів, пов'язаних з несанкціонованим втручанням у дані користувачів.	Логи системи безпеки.
<b><i>Продуктивність</i></b>		
Швидкість обробки запитів	Середній час виконання запитів на стороні сервера чи додатка, особливо для користувачів з допоміжними технологіями	За допомогою профілювання

Запропоновані показники ефективності покривають більшість важливих характеристик сервісу, проте така кількість показників є зовеликою для ефективно оцінки якості. Велику кількість показників важко ранжувати та постійно вимірювати, а також такий список може не зручним і не зрозумілим, для тих, хто має забезпечувати ці показники ефективності. Тому, згідно з загальноприйнятими практиками [27], для ефективного застосування КРІ необхідно сформулювати до 10 ключових показників. Ці показники мають бути простими у використанні та вимірюванні, зрозумілими для всіх учасників та мати значну кореляцію з цілями компанії.

В даному випадку вибір ключових показників відбувався за допомогою мозкового штурму за участі експертів та інших зацікавлених осіб. Було розглянуте та узагальнено всі запропоновані показники. В результаті було

сформовано список з п'яти КРІ, що мають найбільший вплив на процеси в організації. Далі розглянуто кожен з них.

### **1. Коефіцієнт доступності інтерфейсів**

Даний КРІ відображає, наскільки в середньому інтерфейс кожної сторінки або функціоналу відповідає вимогам доступності, що визначені стандартами WCAG та ADA. Коефіцієнт доступності оцінює кожен елемент за критеріями доступності (як-от підтримка екранних читачів, зручність клавіатурної навігації, кольоровий контраст) і визначає відсоток функціоналу, що повністю відповідає вимогам доступності. Високий коефіцієнт свідчить про готовність системи задовольнити потреби користувачів з різними типами обмежень.

По суті цей показник є узагальненням двох із запропонованих: «відповідність вимогам WCAG» та «сумісність з допоміжними технологіями», і більш повно виражає основну характеристику сервісу.

### **2. Час до усунення помилок доступності**

Цей КРІ оцінює середній час, необхідний для виявлення та усунення проблем, пов'язаних із доступністю. Швидка реакція на помилки є важливою, оскільки своєчасне виправлення проблем доступності дозволяє користувачам безперервно користуватися сервісом. КРІ може бути вимірний як середній час у годинах або днях від моменту виявлення проблеми до її повного виправлення. Зниження цього часу сприяє підвищенню задоволеності користувачів і відповідності стандартам.

Цей показник був обраний як ключовий саме в контексті використання сервісу кінцевим користувачем, оскільки він найбільше корелює із задоволеністю користувачів, є дуже наглядним, його просто виміряти і можна легко контролювати.

### **3. Коефіцієнт помилок інтерфейсу**

Коефіцієнт помилок інтерфейсу оцінює частоту виникнення помилок, які відчувають користувачі з особливими потребами під час взаємодії з системою. Цей КРІ може враховувати помилки навігації, некоректне відображення

елементів або помилки, що виникають під час використання допоміжних технологій, таких як екранні читачі. Зниження цього коефіцієнта свідчить про підвищення якості інтерфейсу та зменшення бар'єрів у використанні для користувачів з обмеженими можливостями.

Цей показник пов'язаний з попередніми двома, проте розглядає інший аспект підтримки доступності — кількість проблем (помилки) з якими стикаються користувачі. Як показав аналіз цього питання, цей показник значно важливіший для користувачів за такі «технічні» показники, як «час доступності системи», «частота технічних збоїв» та «час на відновлення». Проте останні також опосередковано впливають на показник «коефіцієнт помилок інтерфейсу», бо можуть слугувати причиною проблем інтерфейсу.

#### **4. Рівень задоволеності користувачів із особливими потребами**

Цей показник є якісним і базується на зворотному зв'язку користувачів із обмеженими можливостями. Він вимірюється за допомогою анкетування, опитувань і збору відгуків щодо зручності використання, доступності функцій та загального досвіду взаємодії з системою. Високий рівень задоволеності демонструє, що сервіс повною мірою відповідає потребам користувачів з обмеженими можливостями, що є позитивним індикатором його відповідності стандартам доступності.

Це узагальнений показник, що базується на відгуках користувачів. Завдяки цьому він здатен врахувати інші показники, що були не включені до переліку.

#### **5. Кількість успішно пройдених аудитів відповідності WCAG/ADA**

Один із головних показників ефективності IT-сервісів із забезпечення доступності — кількість аудитів на відповідність WCAG та ADA, які система успішно проходить. Проведення регулярних аудитів допомагає переконатися, що IT-сервіс відповідає всім вимогам доступності та забезпечує зручний досвід для користувачів з обмеженими можливостями. KPI у цій сфері можна вимірювати як відсоток успішно пройдених аудитів або кількість позитивних висновків щодо відповідності, отриманих протягом року.

Цей показник є базовим та критично важливим для компаній, які впроваджують доступність. Систематичне незадоволення цієї потреби може призвести до зміни постачальника послуги із забезпечення доступності.

Система КРІ, що враховує наведені показники, дозволяє організаціям забезпечувати постійний контроль за рівнем доступності ІТ-сервісів і сприяє своєчасному вдосконаленню функцій для користувачів з обмеженими можливостями. Впровадження ефективної системи КРІ допомагає гарантувати відповідність ІТ-сервісів стандартам доступності, задовольняти потреби всіх користувачів і підвищувати загальну якість послуг.

Коротко, щодо інших показників, що не потрапили в остаточний список:

- «швидкість інтеграції» стосується рівня задоволеності спеціалістів, що впроваджують доступність, але через те, що інтеграції відбуваються нерегулярно, цей показник не підходить для систематичного вимірювання;
- «здатність до навчання» важлива, але також складна для вимірювання;
- «час доступності системи», «частота технічних збоїв» та «час на відновлення» суто технічні показники і не корелюють з цілями сервісу безпосередньо;
- «збільшення кількості нових користувачів» не є показовим, бо зміна кількості нових користувачів може бути пов'язана з різними, не пов'язаними із сервісом факторами;
- «середній час реакції техпідтримки» важливий для загального рівня задоволеності користувачів, проте частково дублює КРІ «час до усунення помилок доступності»;
- показники безпеки — «рівень конфіденційності даних» та «випадки несанкціонованого доступу» задовільняють базові вимоги стандартів безпеки, проте це внутрішнє питання організації і не стосується на пряму цілей діяльності компанії;
- «швидкість обробки запитів» покривається КРІ «рівень задоволеності користувачів із особливими потребами».

### 1.3.5 Впровадження системи КРІ для моніторингу та покращення якості ІТ-сервісів

Впровадження системи ключових показників ефективності для ІТ-сервісів є важливим кроком для забезпечення постійного моніторингу якості та виявлення областей для вдосконалення. Система КРІ дозволяє відстежувати продуктивність ІТ-сервісів, їхню відповідність стандартам доступності і своєчасно реагувати на зміни та запити користувачів із особливими потребами.

Однією з основних вимог для ефективного моніторингу КРІ є автоматизація збору даних, що дозволяє зменшити людський фактор та підвищити точність вимірювань. Для цього використовуються спеціалізовані інструменти та платформи, що автоматизують моніторинг доступності, продуктивності та інших аспектів ІТ-сервісів.

Для збору даних за показниками доступності використовуються такі інструменти, як WAVE, Axe, Google Lighthouse та Siteimprove. Ці інструменти дозволяють автоматизовано оцінювати відповідність інтерфейсів стандартам WCAG, виявляти проблеми доступності та формувати звіти з рекомендаціями щодо вдосконалення. За допомогою цих інструментів можна легко відслідковувати частоту виникнення помилок і отримувати аналітику для подальших вдосконалень.

Для моніторингу швидкості роботи, стабільності та продуктивності ІТ-сервісів використовуються такі інструменти, як New Relic, Datadog та Dynatrace, що дозволяють відстежувати час відгуку, пропускну здатність та інші параметри, важливі для забезпечення високої якості послуг. Дані з цих систем використовуються для оцінки впливу КРІ на ефективність ІТ-сервісів.

Після впровадження системи КРІ важливо оцінити її вплив на загальну якість ІТ-сервісів, що включає моніторинг і аналіз показників у динаміці. На основі зібраних даних проводиться оцінка відповідності КРІ цілям організації та визначення напрямків для подальших удосконалень. Наприклад, скорочення

часу до усунення помилок доступності може призвести до зниження частоти скарг від користувачів і покращення загальної задоволеності клієнтів. Високий коефіцієнт доступності інтерфейсів свідчить про покращення користувацького досвіду і забезпечення інклюзивності сервісу для користувачів із різними потребами.

Для оцінки ефективності системи KPI проводиться порівняльний аналіз показників до та після її впровадження. Це дозволяє виміряти поліпшення якості IT-сервісів та їхню відповідність вимогам доступності. Наприклад:

- *До впровадження KPI* частота виникнення помилок доступності була високою, а час реакції на них — тривалим. Рівень задоволеності користувачів із особливими потребами залишався низьким, а кількість успішно пройдених аудитів відповідності була недостатньою для забезпечення повної відповідності WCAG та ADA.

- *Після впровадження KPI* час до усунення помилок скоротився завдяки автоматизованому моніторингу, частота помилок інтерфейсу знизилася, а коефіцієнт доступності інтерфейсів значно підвищився. Це дозволило підвищити рівень задоволеності користувачів, зменшити кількість скарг та забезпечити стабільну відповідність стандартам WCAG та ADA.

Аналіз показників після впровадження KPI дозволяє організаціям чітко бачити ефективність своїх IT-сервісів і краще розуміти потреби користувачів, вносячи необхідні вдосконалення для підтримки якості та доступності IT-сервісів на високому рівні.

## 2 АНАЛІЗ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗГОРТАННЯ ФУНКЦІЇ ЯКОСТІ SQFD ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ІТ-СЕРВІСІВ

### 2.1 Методологія розгортання функції якості (QFD) та її адаптація для програмних продуктів у вигляді SQFD

Методологія QFD вперше була розроблена в Японії наприкінці 1960-х років [28]. Її створення пов'язане з потребою підвищення якості в автомобільній промисловості, зокрема на підприємствах компанії Mitsubishi Heavy Industries. У 1972 році концепція QFD була впроваджена на заводі Toyota, де вона довела свою ефективність у забезпеченні відповідності продукції очікуванням клієнтів.

Початково QFD орієнтувалася на виробничі процеси, допомагаючи організаціям перетворювати вимоги споживачів на технічні характеристики продукту. Основний інструмент QFD — так звана матриця якості — дозволяє зіставляти очікування клієнтів із технічними параметрами, визначати пріоритети та приймати обґрунтовані рішення.

З розвитком технологій та зміною ринкових умов QFD почала застосовуватися не лише у виробництві, але й у сфері послуг та ІТ. Її гнучкість і здатність адаптуватися до різних галузей зробили QFD популярним інструментом для управління якістю у складних і динамічних середовищах. Основи підходу розгортання функції якості описані в міжнародному стандарті ISO 16355-1:2021 [29].

Основною метою QFD є перетворення голосу клієнта на конкретні технічні вимоги та характеристики продукту або послуги [1]. Цей підхід базується на трьох ключових принципах:

1. *Розуміння потреб клієнта* — збір даних про очікування, пріоритети та проблеми клієнтів.
2. *Систематизація інформації* — побудова структурованої моделі, яка дозволяє зіставляти потреби клієнтів із характеристиками продукту.

3. *Оптимізація рішень* — визначення критичних технічних характеристик і встановлення їхніх пріоритетів для забезпечення максимальної відповідності очікуванням.

QFD допомагає уникнути розриву між запитами користувачів і кінцевим продуктом, що особливо важливо в умовах високої конкуренції.

У сучасних умовах ІТ-сервіси є невід’ємною частиною бізнесу, а якість цих сервісів безпосередньо впливає на задоволеність клієнтів і конкурентоспроможність компанії. Особливості ІТ-сервісів, такі як складність архітектури, швидкий розвиток технологій і постійно змінювані потреби користувачів, роблять QFD актуальним і ефективним інструментом у цій сфері.

Основна перевага QFD у сфері ІТ — її здатність структурувати та аналізувати вимоги клієнтів, переводячи їх у технічні характеристики, що сприяє кращому розумінню очікувань кінцевих користувачів. Застосування QFD в ІТ дозволяє:

- інтегрувати вимоги користувачів у процес розробки програмного забезпечення;
- пріоритизувати функціональність та технічні характеристики сервісів;
- забезпечити відповідність ІТ-продуктів міжнародним стандартам якості;
- знижувати ризики незадоволеності клієнтів за рахунок створення продуктів, що відповідають їхнім очікуванням.

Використання цього підходу дозволяє ІТ-компаніям систематично підходити до проектування своїх продуктів, знижуючи витрати на виправлення помилок та підвищуючи задоволеність кінцевих користувачів.

Однак, застосування традиційного QFD у сфері ІТ має і свої обмеження [28, 30], зокрема:

- недостатня гнучкість у швидкозмінних умовах розробки програмного забезпечення;
- складність інтеграції з інструментами та процесами, що використовуються у сучасних ІТ-компаніях;

- трудомісткість побудови матриці якості, яка ускладнюється великою кількістю змінних у складних ІТ-сервісах.

У відповідь на обмеження традиційного QFD була розроблена модифікація методології — *Software Quality Function Deployment (SQFD)* [2, 29], яка враховує особливості програмного забезпечення та процесів його розробки.

SQFD — це адаптована версія QFD, орієнтована на програмні продукти. Вона інтегрує ключові принципи QFD із сучасними підходами до управління проектами, дозволяючи ефективно враховувати специфіку ІТ-сервісів.

Основні відмінності SQFD від традиційного QFD:

- Гнучкість – SQFD адаптується до динамічних змін у вимогах клієнтів за рахунок ітеративного підходу і використання автоматизованих інструментів, що робить її сумісною з Agile.

- Інтеграція з ІТ-процесами – SQFD дозволяє використовувати сучасні інструменти управління проектами (наприклад, Jira, Trello), автоматизовані системи тестування та інструменти моніторингу якості.

- Орієнтація на програмні продукти – Матриця якості в SQFD включає технічні параметри, що є релевантними для ІТ-сервісів, такі як продуктивність, доступність, надійність та відповідність стандартам.

SQFD інтегрується із гнучкими методологіями розробки, такими як Agile і Scrum [29], які дозволяють розробникам працювати короткими циклами (спринтами). Це дає змогу регулярно оновлювати вимоги клієнтів, перевіряти їх реалізацію та швидко реагувати на зміни. QFD може використовуватися для формування беклогу (backlog) вимог у Scrum або визначення пріоритетів завдань у спринтах. Орієнтація на клієнта, властива QFD, ідеально поєднується з принципами Agile, що акцентують увагу на швидкій адаптації до змінних вимог.

Використання таких інструментів, як Jira чи Trello, дозволяє відслідковувати зміни у вимогах у реальному часі, оновлювати матрицю якості та коригувати пріоритети завдань. Це спрощує адаптацію до нових запитів клієнтів або змін ринкових умов.

У SQFD матриця якості може бути модифікована на будь-якому етапі, додаючи нові вимоги або змінюючи технічні характеристики [30]. Це забезпечує постійну актуальність аналізу й уникнення застарілих рішень.

Програмне забезпечення для SQFD автоматизує процес оновлення матриць, аналізу пріоритетів та взаємозв'язків між вимогами клієнтів і технічними характеристиками. Це значно скорочує час і зусилля, необхідні для адаптації до змін.

Постійний збір зворотного зв'язку від клієнтів і кінцевих користувачів дає змогу оперативно виявляти нові потреби або проблеми, які можна врахувати в матриці якості.

Матриця якості в SQFD враховує вимоги не лише кінцевих користувачів, але й інших зацікавлених сторін, таких як розробники, тестувальники та бізнес-аналітики. Це дозволяє врахувати усі аспекти розробки ІТ-сервісу, включаючи технічну реалізацію, юзабіліті та відповідність нормативним вимогам.

KPI, визначені через SQFD, слугують індикаторами ключових аспектів якості. Вони можуть бути оновлені у відповідь на змінні вимоги клієнтів, що дозволяє ефективно реагувати на нові очікування.

Методологія SQFD дозволяє структурувати процес розробки ІТ-сервісів таким чином, щоб максимально враховувати потреби користувачів. Це досягається через кілька ключових етапів, кожен з яких забезпечує послідовний перехід від виявлення вимог до їх реалізації у вигляді технічних рішень.

### **1. Збір вимог користувачів (Voice of Customer)**

Першим і ключовим етапом SQFD є збір і аналіз вимог клієнтів, також відомих як Voice of Customer (VoC). Цей етап спрямований на виявлення потреб, очікувань і проблем, які користувачі хочуть вирішити за допомогою продукту або послуги. У контексті ІТ-сервісів збір даних може включати:

- *Опитування та інтерв'ю*, що передбачає безпосередній діалог із клієнтами для виявлення їхніх очікувань та ключових проблем.
- *Зворотний зв'язок*, тобто аналіз відгуків користувачів через анкети, рейтинги, соціальні мережі або системи підтримки.

- *Аналітика використання* — збір даних про поведінку користувачів у сервісі за допомогою інструментів моніторингу (наприклад, Google Analytics).
- *Вивчення вимог нормативних стандартів*, таких як WCAG для забезпечення доступності чи ISO/IEC 25010 для оцінки якості програмного забезпечення.

Зібрані вимоги класифікуються та структуруються, щоб уникнути дублювання та виявити ключові аспекти, які є критичними для клієнтів. Результатом цього етапу є структурований список вимог, що відображає ключові потреби користувачів, які будуть враховані на наступних етапах розробки.

## **2. Побудова матриці «будинок якості»**

Зібрані вимоги користувачів переносяться в матрицю, що називається «будинок якості» (House of Quality, HoQ) — основний інструмент SQFD. Ця матриця дозволяє:

- зіставити вимоги клієнтів із технічними характеристиками сервісу;
- оцінити взаємозв'язок між різними вимогами та їх вплив на загальну якість продукту;
- виявити конфлікти між технічними рішеннями та визначити компроміси.

Наприклад, вимога «зручність використання» може бути пов'язана з технічними характеристиками, такими як «доступність інтерфейсу» або «адаптивний дизайн». У матриці ці зв'язки позначаються у вигляді коефіцієнтів, які відображають силу взаємозв'язку.

«Будинок якості» включає такі компоненти (рис. 2.1):

- перелік вимог користувачів і рейтинг їхньої важливості;
- перелік технічних характеристик сервісу та їхні кореляції;
- матриця взаємозв'язків між вимогами та характеристиками;
- порівняльний аналіз із конкурентами (за потреби).

Direction of Improvement					↓	↑	↑	User Ratings				
	User Importance	Compliance Rate with Accessibility Standards	Feedback System	High System Availability	Time to Resolve Accessibility Issues	Reaction speed to Accessibility-Related Inquiries	Frequency of Security Audits	1	2	3	4	5
		Accessibility Standards Support	5	●	△		△	△				
High Usability	3		○	●	△	△						
Working 24/7	1			●	△	○						
Good Support	2		●	△	○	○						
Secure Access	4			△			●					
Implementation Complexity		3	2	3	4	4	1					
Units & Values		90%	90%	99.9%	1 week	1 day	2/year					
Engineer Estimation												
Absolute Importance		45	32	42	15	17	36					
Relative Importance (%)		24.1	17.1	22.5	8	9.1	19.3					

Рисунок 2.1 – Приклад матриці НоQ

Побудова цієї матриці забезпечує цілісне бачення того, як кожна технічна характеристика впливає на задоволення вимог користувачів. Вона забезпечує візуальне представлення зв'язків між потребами клієнтів і технічними рішеннями, дозволяючи командам приймати обґрунтовані рішення.

На основі матриці якості визначаються технічні характеристики, які є відповідями на вимоги клієнтів. Це технічні параметри або специфікації, що мають бути реалізовані в продукті чи послугі.

На цьому етапі команда розробників працює над перетворенням абстрактних вимог клієнтів на конкретні технічні рішення.

### 3. Пріоритизація технічних характеристик

На третьому етапі відбувається розподіл пріоритетів між вимогами клієнтів і технічними характеристиками, враховуючи їхню важливість і взаємозалежність. Пріоритизація проводиться шляхом призначення вагових коефіцієнтів, які визначають важливість кожної вимоги вимоги, та аналізу впливу технічних характеристик на виконання цих вимог.

Кожній вимозі клієнта присвоюється ваговий коефіцієнт, що відображає її *важливість для користувачів*. Ця оцінка може бути отримана через опитування, інтерв'ю чи зворотний зв'язок. Важливість виражається у відсотках або балах (наприклад, шкала від 1 до 5 або від 1 до 10).

У матриці якості позначаються зв'язки між кожною клієнтською вимогою та технічними характеристиками сервісу. Зв'язки можуть бути позначені як:

- Слабкий (низький вплив) — значення 1.
- Помірний (середній вплив) — значення 3.
- Сильний (високий вплив) — значення 9.
- Якщо зв'язку немає, значення дорівнює 0.

Для кожної технічної характеристики обчислюється підсумковий пріоритет за формулою [31]:

$$w_t = \sum(w_c \times v_{c,t}), \quad (2.1)$$

де:

$w_t$  — ваговий коефіцієнт технічної характеристики,

$w_c$  — ваговий коефіцієнт вимоги клієнта,

$v_{c,t}$  — значення взаємозв'язку між клієнтською вимогою  $c$  і технічною характеристикою  $t$ .

Наступним кроком є визначення ключових показників ефективності, які дозволяють оцінити, наскільки вимоги користувачів виконуються в реальному використанні ІТ-сервісу. Визначені КРІ стають основними метриками, за якими оцінюється якість і ефективність ІТ-сервісу протягом усього життєвого циклу ІТ-сервісу:

- проектування — для забезпечення відповідності початковим вимогам;
- розробки — для перевірки реалізації технічних характеристик;
- тестування — для оцінки відповідності продукту або послуги вимогам клієнтів;
- після запуску продукту — для моніторингу якості та адаптації до змінних потреб клієнтів.

Моніторинг включає регулярний збір даних про роботу системи, аналіз зворотного зв'язку та оцінку відповідності встановленим КРІ. Завдяки цьому організації можуть постійно вдосконалювати свої ІТ-сервіси, орієнтуючись на реальні потреби користувачів.

Етапи впровадження SQFD забезпечують системний підхід до розробки ІТ-сервісів, орієнтований на максимальне задоволення потреб користувачів. Від збору вимог до визначення КРІ, кожен етап допомагає трансформувати очікування клієнтів у конкретні технічні рішення, що сприяє створенню якісних та конкурентоспроможних продуктів. Такий підхід дозволяє ефективно інтегрувати стандарти якості та враховувати змінні умови сучасного ринку ІТ-послуг.

## 2.2 Програмне рішення для впровадження SQFD в процесі управління якістю ІТ-сервісів. Умови та обмеження застосування

Для забезпечення ефективного впровадження технології SQFD у розробку ІТ-сервісів використовується спеціалізоване програмне забезпечення, таке як QFD Designer та Qualica. Ці інструменти допомагають автоматизувати побудову матриць якості, аналіз пріоритетів та взаємозв'язків між вимогами клієнтів і

технічними характеристиками. Ці програмні рішення мають враховувати специфіку галузі, підтримувати ключові функції методології та інтегруватися з наявними процесами управління якістю.

### **QFD Designer**

QFD Designer є одним із найпопулярніших інструментів для роботи з QFD та його адаптаціями, включаючи SQFD [32]. Його особливості включають:

- Програма підтримує створення не лише базової матриці (House of Quality), а й пов'язаних матриць для комплексного аналізу.
- QFD Designer автоматично обчислює пріоритети технічних характеристик і зважені коефіцієнти, зменшуючи ймовірність помилок у розрахунках.
- Можливість експорту даних у формати, сумісні з іншими інструментами управління проектами, такими як Jira чи Excel.

QFD Designer відомий своїм зручним інтерфейсом і гнучкими можливостями налаштування, що робить його зручним вибором для команд, які працюють над проектами у сфері ІТ.

### **Qualica**

Qualica — це багатофункціональне програмне рішення, яке підтримує всі етапи QFD і SQFD [33]. Його основні переваги:

- Розроблена для використання у розподілених командах, що дозволяє декільком користувачам одночасно працювати над матрицями якості.
- Програма пропонує зручний інтерфейс, який спрощує навчання користувачів та мінімізує витрати часу на освоєння.
- Дозволяє глибше аналізувати зв'язки між вимогами клієнтів і технічними характеристиками, використовуючи кольорові маркери та візуальні діаграми.
- Автоматизоване створення звітів і візуалізацій, що полегшує презентацію результатів перед замовниками або внутрішніми командами.

Qualica є ідеальним інструментом для великих проектів, що включають різноманітні вимоги клієнтів, особливо у сферах, де ключовим є зворотний зв'язок користувачів.

Крім спеціалізованих рішень, таких як QFD Designer і Qualica, існують універсальні програми для побудови діаграм і матриць, які також можна адаптувати для підтримки SQFD. До них належать EdrawMax, Creately, і SmartDraw. Хоча ці інструменти не розроблені спеціально для QFD, вони мають функції, що дозволяють створювати матриці якості, але з певними обмеженнями.

### **EdrawMax**

EdrawMax — це багатофункціональне програмне забезпечення для створення діаграм, що включає шаблони для побудови матриць QFD [34].

Особливості:

- Декілька вбудованих шаблонів, зокрема для QFD, які можна змінювати.
- Підтримка елементів, адаптованих під QFD.
- Збереження історії змін і експорт діаграм у різні формати.
- Працює на Windows, macOS, Linux і у веб-версії.

Недоліки:

- Блоки діаграми незалежні, тому додавання чи видалення властивостей вимагає ручного редагування суміжних елементів.
- Низька автоматизація процесів.

### **Creately**

Creately — це інструмент для створення діаграм із засобами колаборації, який має базові можливості для роботи з House of Quality [35].

Особливості:

- Засоби для командної роботи в режимі реального часу.
- Можливість експорту в різні формати (PDF, PNG тощо).
- Працює у веб-версії, доступ до якої можливий з будь-якого пристрою.

Недоліки:

- Лише один шаблон для House of Quality.
- Відсутність адаптації до QFD, блоки діаграми створені зі стандартних примітивів, які не пов'язані між собою.
- Ручне редагування всіх змін у матриці.

Універсальні інструменти, такі як EdrawMax і Creately, можуть використовуватися для побудови матриць якості, проте вони поступаються спеціалізованим рішенням, таким як QFD Designer і Qualica, у функціональності та автоматизації. Для невеликих проектів або для ознайомлення з методологією SQFD ці інструменти можуть бути корисними, але для масштабних IT-проектів краще використовувати програмні продукти, адаптовані під QFD/SQFD. Загальне порівняння представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння інструментів

Параметр	QFD Designer	Qualica	EdrawMax	Creately	SmartDraw
Орієнтація на IT-сервіси	Висока	Висока	Середня	Низька	Низька
Інтуїтивність інтерфейсу	Висока	Висока	Середня	Висока	Середня
Підтримка командної роботи	Обмежена	Розширена	Обмежена	Розширена	Обмежена
Інтеграція з іншими інструментами	Широка	Широка	Середня	Середня	Широка
Автоматизація процесів	Висока	Висока	Низька	Низька	Низька
Ліцензування	Помірна вартість	Висока вартість	Помірна вартість	Доступна	Помірна вартість

Основною вимогою до програмного забезпечення для впровадження технології SQFD є можливість ефективно збирати та аналізувати дані про потреби користувачів, будувати матриці якості та здійснювати моніторинг ключових показників ефективності. Програмне рішення має забезпечувати

високу гнучкість у налаштуванні, щоб адаптуватися до різноманітних типів ІТ-сервісів.

Структура програмного рішення включає кілька важливих компонентів. Модуль збору VoC відповідає за обробку даних від користувачів через опитування, аналітику використання та зворотний зв'язок. Інший важливий компонент — модуль аналізу КРІ, який дозволяє визначати, вимірювати та оцінювати ключові показники ефективності на різних етапах життєвого циклу ІТ-сервісу. Центральним елементом є модуль для побудови матриць якості, що автоматизує процес аналізу взаємозв'язків між вимогами клієнтів і технічними характеристиками.

Таке програмне забезпечення має легко інтегруватися з наявними системами управління якістю, базуючись на стандартах ISO/IEC 25000, що визначають вимоги до якості програмного забезпечення, та ISO/IEC 20000-1, орієнтованому на управління ІТ-послугами. Це забезпечує узгодженість із загальними підходами до контролю якості та спрощує імплементацію SQFD у вже встановлені бізнес-процеси.

Успішне впровадження програмного рішення для SQFD залежить від декількох умов. Перш за все, необхідно визначити типи ІТ-сервісів, для яких це рішення буде найбільш ефективним. Наприклад, сервіси доступності, які забезпечують відповідність WCAG, чи сервіси безпеки, що підтримують ISO/IEC 27001, є ідеальними кандидатами для використання SQFD. Також важлива готовність організаційної структури компанії до таких змін: чітко визначені ролі, ефективна комунікація між командами розробників, тестувальників і аналітиків. Крім того, персонал, який використовуватиме SQFD, має пройти відповідне навчання для опанування методології та інструментів.

Разом із перевагами існують і певні обмеження впровадження SQFD у процеси управління ІТ-сервісами. Одним із технічних викликів є потреба в якісних і актуальних даних: без них аналіз взаємозв'язків і визначення пріоритетів втрачають точність. Організаційні обмеження включають можливі труднощі в координації між різними командами, які можуть не завжди повністю

розуміти вимоги методології. Економічні обмеження пов'язані з витратами на впровадження програмного рішення, а також підтримку SQFD-процесів, що вимагають часу й ресурсів.

Проте автоматизація процесів за допомогою SQFD-програмного забезпечення пропонує низку значних переваг. Вона суттєво скорочує час на аналіз і прийняття рішень, мінімізуючи ризики людських помилок. Програмні інструменти покращують точність даних і дозволяють швидко адаптуватися до змінних вимог клієнтів. У результаті підвищується загальна ефективність розробки ІТ-сервісів, особливо через автоматизований контроль KPI.

Для впровадження ефективного інструменту підтримки SQFD компанії, які надають ІТ-послуги, можуть створювати власні програмні рішення. Використання відкритих технологій, дозволяє забезпечити гнучкість у розробці, інтеграцію з наявними процесами управління якістю, а також значне зниження витрат порівняно з комерційними програмами.

Важливим чинником надання якісних ІТ-послуг є наявність програм, які могли б задовольнити специфічні потреби ІТ-компаній та залишатися доступними для команд будь-якого масштабу. Завдяки інтеграції сучасних технологій і чіткому визначенню умов застосування такі рішення можуть значно оптимізувати процеси управління якістю, забезпечуючи довгострокову ефективність і відповідність очікуванням клієнтів. У відповідь на ці виклики було розроблено індивідуальне рішення з відкритим кодом [36], побудоване на сучасних веб-технологіях.

Розроблене програмне забезпечення має назву ArtiHoQ і реалізовано з використанням React та бібліотеки Material UI, що дозволяє створити інтуїтивно зрозумілий та адаптивний інтерфейс користувача (рис. 2.2). Основною функціональністю є підтримка роботи з HoQ (рис. 2.3), включаючи:

- Автоматичний підрахунок важливості технічних характеристик, що забезпечує швидкий аналіз зв'язку між користувацькими вимогами та технічними характеристиками.

- Імпорт та експорт даних у форматі JSON, який дозволяє легко інтегрувати інструмент у вже наявні процеси та використовувати дані в інших системах.
- Можливість друку як зручний спосіб отримання фізичних копій матриць НоQ для обговорень або архівування.

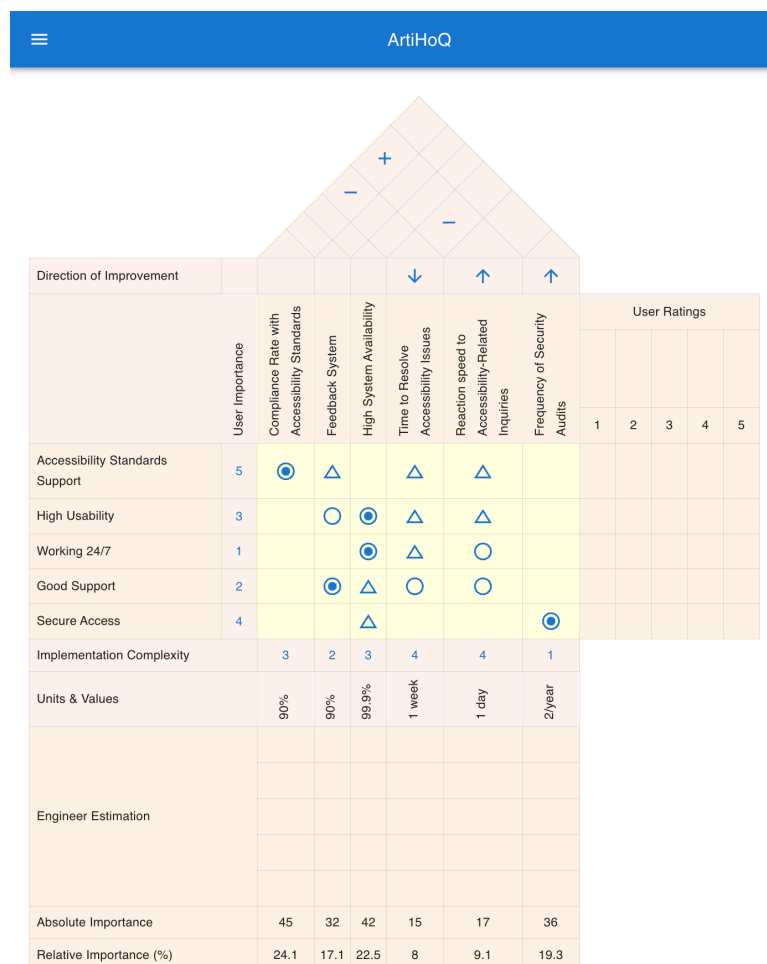


Рисунок 2.2 – Інтерфейс розробленого програмного рішення

На відміну від традиційних платних рішень, таких як QFD Designer чи Qualica, розробка власних рішень надає перевагу у відкритості та доступності:

- відсутність ліцензійних обмежень дозволяє командам використовувати інструмент без додаткових витрат;
- гнучкість у налаштуванні коду під конкретні потреби компанії;
- простота розгортання завдяки використанню сучасних веб-технологій.

Direction of Improvement					↓	↑	↑	
		User Importance	Compliance Rate with Accessibility Standards	Feedback System	High System Availability	Time to Resolve Accessibility Issues	Reaction speed to Accessibility-Related Inquiries	Frequency of Security Audits
								1
Accessibility Standards Support	5	●	△		△		△	
High Usability	3						△	
Working 24/7	1						○	
Good Support	2						○	
Secure Access	4							●
Implementation Complexity	3	2	3	4	4	1		
Units & Values		90%	90%	99.9%	1 week	1 day	2/year	

Рисунок 2.3 – Інтерфейс матриці НоQ

Можливість використовувати стандартні компоненти React та бібліотеки Material UI та створювати свої дозволило побудувати рішення, що є зручним для підтримки та розширення. Завдяки цьому код з використанням цих бібліотек (рис. 2.4) є зрозумілим навіть для невідготовлених користувачів. Для зберігання даних під час роботи з НоQ використовується локальне сховище браузера (рис. 2.5), що робить можливим повністю автономне використання даного рішення.

Фактично дане рішення не вимагає для використання нічого, крім браузера користувача. Також можливе розміщення самого застосунку на мережевих хостингах для статичного вмісту. А завдяки хорошій структурованості коду він може бути легко розширений для використання API backend-серверу.

```

<Table>
  <TableHead>
    <HoqHead
      qfdState={qfdState}
      setMeasureValue={setMeasureValue}
      addMeasureAt={addMeasureAt}
      removeMeasureAt={removeMeasureAt}
      setMeasureDirection={setMeasureDirection}
      setTechnicalCorrelationValue={setTechnicalCorrelationValue}
    />
  </TableHead>
  <TableBody>
    <HoqRows
      qfdState={qfdState}
      setRequirementValue={setRequirementValue}
      addRequirementAt={addRequirementAt}
      removeRequirementAt={removeRequirementAt}
      setRequirementImportance={setRequirementImportance}
      setRelationshipValue={setRelationshipValue}
    />
    <HoqImplementationComplexityRow
      qfdState={qfdState}
      setMeasureImplementationComplexity={setMeasureImplementationComplexity}
    />
    <HoqUnitsAndValuesRow qfdState={qfdState} setMeasureUnit={setMeasureUnit} />
    <HoqEngineerEstimationRows qfdState={qfdState} />
    <HoqImportanceRows qfdState={qfdState} />
  </TableBody>
</Table>

```

Рисунок 2.4 – Приклад використання бібліотек React та Material UI

```

import { useState, useEffect } from "react";

function getStorageValue<Type>(key: string, defaultValue: Type | (() => Type)): Type {
  // getting stored value
  const saved = localStorage.getItem(key);
  const initial: Type = saved ? JSON.parse(saved) : null;
  return initial || (defaultValue instanceof Function ? defaultValue() : defaultValue);
}

function useLocalStorage<Type>(key: string, defaultValue: Type | (() => Type)): [Type, Function] {
  const [value, setValue] = useState<Type>(() => {
    return getStorageValue<Type>(key, defaultValue);
  });

  useEffect(() => {
    // storing input name
    localStorage.setItem(key, JSON.stringify(value));
  }, [key, value]);

  return [value, setValue];
}

```

Рисунок 2.5 – Реалізація зберігання даних застосунку у локальному сховищі

Також важливим є те, що підхід до оцінки якості за допомогою QFD також може бути налаштований під потреби організації. До прикладу, стандартна реалізація підрахунку абсолютної та відносної важливості (рис. 2.6) може бути розширена для того, щоби враховувати інші фактори, такі як, порівняння з рішеннями конкурентів та складність реалізації.

```

const relativeImportance = [];

const calculateImportance = (index: number) => {
  let importance = 0;
  for (let i = 0; i < qfdState.relationshipValues.length; i++) {
    importance += qfdState.relationshipValues[i][index] * qfdState.requirements[i].importance;
  }
  return importance;
};

for (let i = 0; i < qfdState.measures.length; i++) {
  relativeImportance.push(calculateImportance(i));
}

const totalImportance = relativeImportance.reduce((a, b) => a + b, 0);

const relativeImportancePercentage = totalImportance ? relativeImportance.map(
  (importance) => Math.round((importance / totalImportance) * 1000) / 10
) : Array(qfdState.measures.length).fill(0);

```

Рисунок 2.6 – Реалізація підрахунку абсолютної та відносної важливості

Запропоноване рішення допомагає значно скоротити час на впровадження SQFD та підвищує ефективність аналізу. Завдяки можливості автоматизації підрахунків та обробки даних, компанії можуть зосередитись на стратегічних аспектах покращення якості послуг. Зокрема, це зручний інструмент для команд, які розробляють сервіси з підтримкою доступності чи орієнтовані на виконання нормативних вимог.

Відкрите програмне забезпечення такого типу може стати основою для подальшого розвитку гнучких рішень у сфері управління якістю. Окрім HoQ, є можливість розширення функціоналу для підтримки повного циклу SQFD, включаючи модулі оцінки KPI, аналізу ринкових трендів та прогнозування ефективності технічних рішень.

Системи машинного навчання і штучного інтелекту можуть доповнити SQFD. Дані, зібрані під час аналізу VoC, можуть використовуватися для навчання моделей машинного навчання, які прогнозують зміни в потребах клієнтів або виявляють пріоритетні технічні характеристики. За допомогою сучасних AI-технологій можливо автоматизувати класифікацію вимог, пошук взаємозв'язків і навіть прогнозування ефективності рішень, запропонованих у матриці HoQ.

### 3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ SQFD ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СПОЖИВЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІТ-СЕРВІСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ UREMEDiate

#### 3.1 Оцінка комплексного показника якості функціонування ІТ-сервісу

Для початкової оцінки якості функціонування ІТ-сервісу було визначено п'ять основних ключових показників ефективності, які охоплюють аспекти функціональності, продуктивності, надійності та зручності використання:

1. Коефіцієнт доступності інтерфейсів.
2. Час до усунення помилок доступності.
3. Коефіцієнт помилок інтерфейсу.
4. Рівень задоволеності користувачів з особливими потребами.
5. Кількість успішно пройдених аудитів відповідності WCAG/ADA.

Коефіцієнт доступності інтерфейсів оцінює, наскільки добре сервіс забезпечує відповідність вимогам доступності на клієнтських веб-ресурсах. Для цього було проведено автоматизоване тестування за допомогою інструментів Axe та Lighthouse. Зі 2743 перевірених елементів 2058 відповідали стандартам WCAG, що дало результат 75%.

Час до усунення помилок доступності визначає середній час, необхідний для виправлення знайдених проблем. На основі даних із системи трекінгу задач (Jira) було проаналізовано 60 завдань, виконання яких зайняло сумарно 600 годин. Це дозволило встановити середній час виправлення на рівні 10 годин.

Коефіцієнт помилок інтерфейсу базується на частоті помилок, що виникають у користувачів під час роботи з інтерфейсом. UX-тестування показало, що з 1000 взаємодій користувачів 70 призвели до помилок, що дало коефіцієнт 0,07.

Рівень задоволеності користувачів з особливими потребами оцінювався через анкетування 50 респондентів. Результати були усереднені й показали середню оцінку 3,5 з 5 можливих.

Кількість успішно пройдених аудитів відповідності WCAG/ADA становить 6 із 10 проведених аудитів, що відображає часткову відповідність вимогам доступності. Зведені дані представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення ключових показників ефективності

<b>КРІ</b>	<b>Фактичне значення</b>	<b>Еталонне значення</b>	<b>Коментар</b>
Коефіцієнт доступності інтерфейсів	0,75	1	Частина елементів інтерфейсу недоступна.
Час до усунення помилок доступності (години)	10	5	Проблеми виправляються повільніше, ніж потрібно.
Коефіцієнт помилок інтерфейсу	0,07	0,02	Занадто висока частота помилок у взаємодії.
Рівень задоволеності користувачів	3,5	5	Користувачі стикаються з труднощами.
Кількість успішно пройдених аудитів	6	10	Не всі функції відповідають стандартам.

Для оцінки загальної якості ІТ-сервісів, орієнтованих на забезпечення доступності, був використаний метод середнього арифметичного зваженого (за умов  $\sum_{i=1}^n g_i = 1$ ). Цей підхід дозволяє врахувати вплив кожного одиничного показника якості на загальний результат, використовуючи наступну формулу:

$$I_k = \sum_{i=1}^n q_i \cdot g_i, \quad (3.1)$$

де  $q_i$  — нормалізований одиничний показник,  $g_i$  — ваговий коефіцієнт.

Значення кожного КРІ були нормалізовані відповідно до еталонних значень. Еталонне значення може бути максимальним можливим результатом або нормативним значенням, визначеним у рамках стандартів чи внутрішніх політик організації.

Для позитивних показників, таких як доступність інтерфейсу або задоволеність користувачів, використовується співвідношення фактичного значення до еталонного:

$$q_i = \frac{Q_i}{Q_{i0}} \quad (3.2)$$

де  $Q_i$  – одиничний позитивний показник ефективності,  $Q_{i0}$  – значення показника прийняте як еталонне.

Для негативних показників, як-от час виправлення помилок або коефіцієнт помилок інтерфейсу, застосовується зворотне співвідношення еталонного значення до фактичного:

$$q_i = \frac{Q_{i0}}{Q_i} \quad (3.3)$$

де  $Q_i$  – одиничний негативний показник ефективності,  $Q_{i0}$  – значення показника прийняте як еталонне.

Результати розрахунків нормалізованих значень ключових показників ефективності представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Нормалізовані значення ключових показників ефективності

<b>KPI</b>	<b>Нормалізоване значення</b>	<b>Тип</b>
Коефіцієнт доступності інтерфейсів	$q_1 = 0,75 \div 1 = 0,75$	Позитивний
Час до усунення помилок доступності	$q_2 = 5 \div 10 = 0,5$	Негативний
Коефіцієнт помилок інтерфейсу	$q_3 = 0,02 \div 0,07 \approx 0.286$	Негативний
Рівень задоволеності користувачів	$q_4 = 70 \div 1000 = 0,7$	Позитивний
Кількість успішно пройдених аудитів	$q_5 = 6 \div 10 = 0,6$	Позитивний

Вагові коефіцієнти для кожного ключового показника ефективності були визначені за допомогою експертного методу. Цей підхід передбачає опитування групи експертів, які оцінюють значущість кожного показника для загальної оцінки якості ІТ-сервісу. На основі цих оцінок розраховуються середні вагові коефіцієнти.

В даному випадку до групи було залучено 5 експертів, що мають досвід у сфері управління якістю ІТ-сервісів, розробки програмного забезпечення та

забезпечення доступності. Експертам запропонували оцінити значущість кожного КРІ за шкалою від 1 до 10, де 10 означає найвищу важливість. Було зібрано оцінки від усіх експертів (табл. 3.3).

Вагові коефіцієнти були розраховані шляхом ділення середньої оцінки кожного показника на суму середніх оцінок усіх показників:

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^m G_{i,j}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} G_{i,j}} \quad (3.4)$$

де  $n$  – кількість показників;  $m$  – кількість експертів;  $G_{i,j}$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го показника в балах, даний  $j$ -м експертом.

В чисельнику формули 3.4 сума всіх експертних оцінок (див. табл. 3.3)Ж

$$\sum_{i=1, j=1}^{n,m} G_{i,j} = 44 + 34 + 29 + 39 + 33 = 179$$

Розрахунок вагових коефіцієнтів представлений в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Експертні оцінки вагомості показників якості

КРІ	Експерт №					Сума ( $\sum_{j=1}^m G_{i,j}$ )	Ваговий коефіцієнт ( $g_i$ )
	1	2	3	4	5		
Коефіцієнт доступності інтерфейсів ( $G_{1,j}$ )	9	8	10	9	8	44	$44 \div 179 = 0,246$
Час до усунення помилок доступності ( $G_{2,j}$ )	7	6	8	7	6	34	$34 \div 179 = 0,190$
Коефіцієнт помилок інтерфейсу ( $G_{3,j}$ )	6	5	7	6	5	29	$29 \div 179 = 0,162$
Рівень задоволеності користувачів ( $G_{4,j}$ )	8	7	9	8	7	39	$39 \div 179 = 0,218$
Кількість успішно пройдених аудитів ( $G_{5,j}$ )	7	6	7	7	6	33	$33 \div 179 = 0,184$

Перевірити коректність вагових коефіцієнтів можна наступним чином:

$$\sum_{i=1}^n g_i = 0,246 + 0,190 + 0,162 + 0,218 + 0,184 = 1.$$

Отже виконується умова, що загальна сума рангів  $\sum_{i=1}^n g_i = 1$ .

Для того, щоби оцінити узгодженість експертів, порахуємо коефіцієнт конкордації. Для цього спочатку розрахуємо сумарний ранг  $i$ -го показника за формулою:

$$S_i = \sum_{j=1}^m G_{i,j}, \quad (3.5)$$

та середню величину сумарних рангів:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}. \quad (3.6)$$

Тепер можна порахувати від середньої величини сумарних рангів за формулою:

$$d_i = S_i - \bar{S}. \quad (3.7)$$

Узгодженість думок експертів або коефіцієнт конкордації ( $Wg$ ) обчислюємо за формулою:

$$Wg = \frac{\sum_{i=1}^n (d_i^2)}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (3.8)$$

де  $m$  – кількість експертів;

$T_j$  - сума рангів, що про дубльовані  $j$ -им експертом, що розраховується за формулою:

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{k=1}^n (t_k^3 - t_k), \quad (3.9)$$

де  $t_k$  – кількість показників, яким  $j$ -ий експерт проставив  $k$ -ий ранг.

Вихідні дані та результати проміжних розрахунків представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати ранжування експертами показників якості

Експерт №	Експертні оцінки вагомості показників якості				
	$G_{1,j}$	$G_{2,j}$	$G_{3,j}$	$G_{4,j}$	$G_{5,j}$
1	9	7	6	8	7
2	8	6	5	7	6
3	10	8	7	9	7
4	9	7	6	8	7

5	8	6	5	7	6
<b>Розраховані значення</b>					
$S_i$	44	34	29	39	33
$d_i$	8,2	-1,8	-6,8	3,2	-2,8
$d_i^2$	67,24	3,24	46,24	10,24	7,84
$T_i$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Отже середня величина сумарних рангів була порахована за формулою 3.6 наступним чином:

$$\bar{S} = \frac{44+34+29+39+33}{5} = \frac{179}{5} = 35,8.$$

Тоді за формулою 3.7 значення  $d_i$  будуть:

$$d_1 = 44 - 35,8 = 8,2; \quad d_2 = 34 - 35,8 = -1,8;$$

$$d_3 = 29 - 35,8 = -6,8; \quad d_4 = 39 - 35,8 = 3,2;$$

$$d_5 = 33 - 35,8 = -2,8.$$

Значення  $T_j$  за формулою 3.7:

$$T_1 = \frac{(2^3-2)}{12} = \frac{6}{12} = 0,5; \quad T_2 = \frac{(2^3-2)}{12} = \frac{6}{12} = 0,5;$$

$$T_3 = \frac{(2^3-2)}{12} = \frac{6}{12} = 0,5; \quad T_4 = \frac{(2^3-2)}{12} = \frac{6}{12} = 0,5;$$

$$T_5 = \frac{(2^3-2)}{12} = \frac{6}{12} = 0,5.$$

Пораховані значення  $d_i$ ,  $d_i^2$  та  $T_j$  занесені в таблицю 3.4. Врешті, використовуючи отримані дані, можемо порахувати коефіцієнт конкордації (за формулою 3.8):

$$Wg = \frac{67,24 + 3,24 + 46,24 + 10,24 + 7,84}{\frac{1}{12} \cdot 5^2(5^3 - 5) - 5 \cdot (0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5)} = \frac{134,8}{\frac{25 \cdot 120}{12} - 5 \cdot 2,5}$$

$$= \frac{134,8}{237,5} \approx 0,568$$

Коефіцієнт конкордації приймає значення від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим більший ступінь узгодженості думок експертів. При значенні від 0,5 до 1 при доведеній значущості його обчислення за

допомогою критерія Пірсона, думки експертів вважаються узгодженими і показники якості можна ранжувати в залежності від розрахованих коефіцієнтів вагомості.

Отриманий результат коефіцієнту  $Wg=0,568$  лежить в межах від 0,5 до 1, що свідчить про вищий за середній рівень узгодженості думок експертів. Щоб пересвідчитися, що цей рівень є достатнім, порівняємо його з відповідним критичним значенням. У випадку 5 експертів та 5 показників критичне значення коефіцієнта конкордації для рівня значимості 0,05 відповідає  $W_{кр} = 0,4492$  (табл. 3.5). Отже, оскільки  $Wg > W_{кр}$ , то можна зробити висновок, що даний рівень узгодженості думок експертів є достатнім.

Таблиця 3.5 – Критичні значення коефіцієнта конкордації для рівня значимості 0,05

Експерти , m	Показники, n						
	3	4	5	6	7	8	9
3	-	-	0,7156	0,6597	0,6242	0,5751	0,5294
4	-	0,6188	0,5525	0,5118	0,4844	0,4309	0,38651
5	-	0,5008	0,4492	0,4169	0,3946	0,35265	0,31756
6	-	0,4206	0,3781	0,3514	0,3325	0,2979	0,2688
7	0,43451	0,3652	0,32431	0,3112	0,2899	0,25257	0,22557
8	0,3758	0,3178	0,287	0,267	0,2528	0,21104	0,18136

Далі, щоб оцінити незалежність думок експертів, застосуємо критерій Пірсона ( $\chi^2$ -розподілу) за формулою:

$$\chi^2 = Wg \cdot m(n - 1). \quad (3.10)$$

Отримуємо значення  $\chi^2 = 0,568 \cdot 5(5 - 1) = 11,36$ .

Коефіцієнт конкордації  $Wg$  є статистично значущим за умови, якщо:

$$\chi^2 > \chi_{(1-\alpha);f}^2, \quad (3.11)$$

де  $f$  – число ступенів свободи,  $f = n - 1$ ;

$\alpha$  – рівень значимості.

Відповідно, при рівні значимості  $\alpha = 0,05$  довірча ймовірність розраховується як  $P = (1 - \alpha) = 0,95$ . Для даної довірчої ймовірності при  $f = 4$  значення критерію незалежності суджень експертів дорівнює 9,49 (табл. 3.6) і умова  $\chi^2 > \chi^2_{(1-\alpha);f}$  виконується ( $11,36 > 9,49$ ).

Таблиця 3.6 – Значення критерію  $\chi^2_{(1-\alpha);f}$

$f$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\chi^2_{0,95;f}$	3,84	5,99	7,82	9,49	11,07	12,59	14,07	15,51	16,92	18,31	19,68

Таким чином, можна зробити висновок, що думки експертів мають достатній рівень узгодженості та незалежності одна від одної, і розраховані вагові коефіцієнти (табл. 3.3) можна використовувати для визначення комплексного показника якості ІТ-сервісу.

Загальний комплексний показник розрахований як середнє арифметичне зважене значення (формула 3.1) нормалізованих КРІ:

$$I_k = 0,75 \times 0,246 + 0,5 \times 0,190 + 0,285 \times 0,162 + 0,7 \times 0,218 + 0,6 \times 0,184 \approx 0,589$$

Комплексний показник якості ІТ-сервісу становить **0,589**, що вказує на наявність значного потенціалу для покращення. З одного боку два найважливіші, з точки зору експертів, показники (коефіцієнт доступності інтерфейсів та рівень задоволеності користувачів) показують відносно вищий рівень відповідності еталонним значенням, а з іншого — менш важливі показники мають посередні (час до усунення помилок доступності, коефіцієнт помилок інтерфейсу) або явно незадовільні (коефіцієнт помилок інтерфейсу) значення. Загалом результати оцінки якості ІТ-сервісу показують, що є потреба в покращенні всіх його ключових аспектів: в першу чергу, варто підвищити коефіцієнт доступності інтерфейсів та рівень задоволеності користувачів якомога ближче до цільових показників, а інші хоча би покращити до рівня вище середнього.

### 3.2 Розгортання функції якості для IT-сервісу

Суть застосування методології SQFD для покращення якості IT-сервісів полягає в тому, що розгортання функції якості дозволяє визначити взаємозв'язки між потребами користувачів і технічними характеристиками, які забезпечують ці потреби. Далі буде розглянута побудова матриці House of Quality, що відображає ці взаємозв'язки.

Ключові потреби користувачів, визначені через встановлені раніше KPI. Для кожного KPI було визначено технічні характеристики, які безпосередньо впливають на кожен з показників, та встановлення цільових значень для цих характеристик, базуючись на аналізі нормативних документів і сучасних практик у сфері IT.

Технічні характеристики представляють собою технічні аспекти функціонування сервісу, що можна вимірювати, контролювати та вдосконалювати.

Кожна з технічних характеристик була представлена у вигляді показника, який можна виміряти. Наприклад, рівень підтримки стандарту WCAG 2.1 або відсоток покриття тестуванням сценаріїв використання (табл. 3.7). Далі ці технічні характеристики розглянуті більш детально.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики для IT-сервісу забезпечення доступності

<b>Технічна характеристика</b>	<b>Опис</b>	<b>Цільове значення</b>
Підтримка стандартів доступності	Збільшення рівня підтримки стандарту WCAG 2.1	95%
Сумісність з допоміжними технологіями	Підвищення рівня сумісності з екранними читачами, клавіатурною навігацією, програмами масштабування	100%
Підтримка клавіатурної навігації	Збільшення відсотка інтерактивних елементів із підтримкою клавіатурної навігації	99%

Моніторинг доступності	Наявність автоматизованої системи збору й аналізу помилок доступності	перевірка щодня
Оптимізація процесів виправлення помилок доступності	Наявність чітких регламентів реєстрації і обробки помилок доступності, що скорочує середній час реагування.	<2 годин на початкове реагування
Здатність до навчання	Зменшення середнього часу навчання основам використання для нових користувачів.	≤15 хвилин
Покриття тестами	Збільшення відсотку покриття тестуванням сценаріїв використання	≥90%
Рівень конфіденційності даних	Шифрування сенситивних даних, політики доступу.	100%
Продуктивність серверів	Підвищення швидкості обробки запитів до веб-серверів (і, відповідно, зниження часу обробки запиту).	<0,2 с на 80% запитів
Час доступності системи	Підвищення часу доступності системи для користувачів.	99,9%
Час на відновлення після збою	Скорочення часу на відновлення системи після збою.	<1 години

## 1. Підтримка стандартів доступності

Ця технічна характеристика визначає, наскільки IT-сервіс відповідає стандартам доступності, таким як WCAG 2.1. Це включає реалізацію текстових альтернатив для зображень, забезпечення доступності форм, таблиць, навігації тощо.

Під час аудиту було виявлено, що лише 75% елементів інтерфейсу відповідають стандартам WCAG. Найбільше проблем стосувалося відсутності текстових альтернатив для зображень і некоректної роботи інтерактивних елементів.

Цій характеристиці була приділена недостатньо уваги на етапі розробки та тестування. Команда розробників не мала достатніх знань про стандарти WCAG, і перевірка доступності проводилася нерегулярно.

Користувачі з обмеженими можливостями неодноразово скаржилися на недоступність деяких функцій, таких як пошук і навігація. Крім того, сервіси не проходили аудит відповідності WCAG, що є критичним для клієнтів.

## **2. Сумісність з допоміжними технологіями**

Сумісність сервісу з такими технологіями, як екранні читачі (NVDA, JAWS, Apple VoiceOver), клавіатурна навігація, програми масштабування, визначає, наскільки сервіс придатний для користувачів із порушеннями зору або моторики.

У ході тестування було виявлено, що багато елементів інтерфейсу неправильно розпізнаються екранними читачами. Наприклад, кнопки та посилання не мали коректних ARIA-атрибутів, що ускладнювало їх використання.

Причиною була некоректна верстка елементів інтерфейсу та відсутність автоматизованого тестування сумісності з допоміжними технологіями.

Скарги користувачів із порушеннями зору свідчили про значні проблеми в цій сфері. Виправлення цих недоліків безпосередньо впливає на рівень задоволеності користувачів і відповідність стандартам.

## **3. Підтримка клавіатурної навігації**

Клавіатурна навігація дозволяє користувачам із моторними порушеннями повноцінно використовувати сервіс без миші. Відповідність цієї характеристики означає, що всі інтерактивні елементи доступні для навігації за допомогою клавіатури.

Лише 85% інтерактивних елементів підтримували клавіатурну навігацію. Зокрема, деякі випадючі меню та кнопки не можна було вибрати або активувати з клавіатури.

Як показало дослідження, проблеми виникали через неправильне налаштування фокусних областей (focus areas) у кодї інтерфейсу, відсутність перевірки на етапі розробки.

## **4. Моніторинг доступності**

Ця характеристика описує процес виявлення, реєстрації та аналізу проблем із доступністю. Ефективний моніторинг забезпечує своєчасне виявлення недоліків у роботі сервісу. Відсутність регулярного моніторингу доступності призводила до накопичення проблем, які фіксувалися лише після скарг користувачів.

Були відсутні автоматизовані інструменти для перевірки доступності. Моніторинг проводився вручну, нерегулярно і лише для обмеженої кількості елементів. Регулярний моніторинг дозволяє не лише підтримувати високу якість сервісу, але й зменшити час до усунення помилок.

### **5. Оптимізація процесів виправлення помилок доступності**

Ця характеристика визначає, наскільки ефективно команда обробляє помилки, виявлені в сервісі. Вона включає час на реєстрацію, аналіз і виправлення помилок.

Середній час виправлення помилки доступності становив 10 годин, що значно перевищує прийнятний рівень для клієнтів. Ця проблема була спричинена відсутністю чітких регламентів для роботи з помилками, неефективне використання трекерів задач (Jira).

Ця характеристика була обрана через високий вплив на рівень задоволеності клієнтів і відповідність стандартам. Зменшення часу на виправлення помилок позитивно вплине на всі ключові показники ефективності.

### **6. Здатність до навчання**

Ця характеристика відображає, наскільки легко новим користувачам освоїти основи роботи з ІТ-сервісом. Простий, інтуїтивний інтерфейс сприяє швидшому адаптуванню користувачів.

Як показали фокус-групи, середній час навчання нових користувачів перевищує 30 хвилин, що вдвічі більше за цільове значення. Користувачі з особливими потребами відзначали складність виконання базових операцій, таких як реєстрація або пошук інформації.

У сервісі відсутні детальні інструкції або підказки. Навігація через меню є надто складною через велику кількість вкладених елементів. Показник був

обраний через вплив на рівень задоволеності користувачів і частоту помилок у роботі. Полегшення процесу навчання покращить загальну зручність використання.

### **7. Покриття тестами**

Відсоток функціональних і нефункціональних сценаріїв використання, які покриваються тестуванням, включаючи автоматичне тестування доступності. Поточне покриття тестами становить лише 70%, що значно нижче цільового показника в 90%. Виявлено, що багато сценаріїв, пов'язаних із доступністю, не тестуються, наприклад, робота з допоміжними технологіями.

Наявні обмеження у використанні автоматизованих засобів тестування та недостатня увага до тестування доступності на етапі розробки. Низьке покриття тестами сприяє збільшенню кількості помилок і негативно впливає на якість сервісу. Ця характеристика безпосередньо впливає на всі інші технічні аспекти.

### **8. Рівень конфіденційності даних**

Захист персональних даних користувачів, включаючи шифрування чутливої інформації та дотримання політик доступу. Упродовж року було виявлено випадок несанкціонованого доступу до даних, а також вразливості в коді JavaScript, що порушує вимоги безпеки.

Причиною була відсутність протоколів шифрування для всіх типів даних і неправильне налаштування доступів до даних. Проблеми із захистом даних можуть призвести до юридичних наслідків і втрати довіри користувачів.

### **9. Продуктивність серверів**

Час обробки запитів веб-сервісом, який впливає на швидкість взаємодії користувачів із системою. Середній час відповіді сервера становить 0,5 секунди для 80% запитів, що значно перевищує цільовий показник у 0,2 секунди. Особливо це помітно під час пікових навантажень.

Проблема у відсутності оптимізації бази даних і кешування, а також недостатня кількість обчислювальних ресурсів.

### **10. Час доступності системи**

Відсоток часу, протягом якого сервіс доступний для користувачів без збоїв або перерв. Поточний час доступності становить 99.5%, тоді як цільове значення — 99.9%. Це означає, що протягом місяця сервіс може бути недоступним у середньому 3.5 години.

Відсутнє резервування серверів і слабка система балансування навантаження під час пікових періодів.

### **11. Час на відновлення після збою**

Середній час, необхідний для відновлення роботи сервісу після збою. Поточний час відновлення становить 2 години, що перевищує цільове значення в 1 годину. Користувачі повідомляють про значні незручності через тривалі перерви в роботі.

Відсутні автоматизовані сценарії відновлення та недостатня швидкість реагування технічної підтримки.

Наступним етапом побудови матриці НоQ є встановлення зв'язки між кожною потребою користувача і відповідними технічними характеристиками. Визначається ступінь впливу технічної характеристики на кожну потребу (сильний, середній, слабкий). Результати представлені на рис. 3.1.

Важливість кожної характеристики відповідає вагомості відповідного КРІ. Складність реалізації була оцінена і аргументована технічними експертами (див. табл. 3.8). Внутрішні зв'язки між технічними характеристиками показані на рис. 3.2.

	User Importance	Підтримка стандартів доступності	Сумісність з допоміжними технологіями	Підтримка клавіатурної навігації	Моніторинг доступності	Оптимізація процесів виправлення помилок (час реакції)	Здатність до навчання (час на ознайомлення з основами)	Покриття тестами	Рівень конфіденційності даних	Продуктивність серверів (час на обробку запитів)	Час доступності системи	Час на відновлення після збою
Коефіцієнт доступності інтерфейсів	9	●	●	●	○	○		○		△	△	△
Час до усунення помилок доступності	7	△	△	△	○	●		○				
Коефіцієнт помилок інтерфейсу	6	○	○	○	●	○		●				
Рівень задоволеності користувачів із особливими потребами	8	●	●	●		○	○		△	○	○	○
Кількість успішно пройдених аудитів відповідності WCAG/ADA	7	●	●	●		○		○	△			
Implementation Complexity		8	9	7	6	5	4	7	8	6	7	6
Units & Values		95%	100%	99%	перевірка щодня	<2 годин на початкову реакцію	≤15 хвилин на базове використання	≥90%	100%	<0,2 с на 80% запитів	99,9%	<1 години

Рисунок 3.1 – Зв'язки вимог користувачів та технічних характеристик

Таблиця 3.8 Оцінки складності реалізації технічних характеристик

Технічна характеристика	Оцінка складності реалізації (1–10)	Коментарі
Підтримка стандартів доступності	8	Потребує глибоких знань стандартів WCAG та адаптації великої кількості елементів.

Сумісність з допоміжними технологіями	9	Вимагає тестування з різними інструментами (екранні читачі, клавіатура), що ускладнює процес.
Підтримка клавіатурної навігації	7	Відносно проста у впровадженні, але потребує ретельної перевірки всіх інтерактивних елементів.
Моніторинг доступності	6	Залежить від впровадження автоматизованих інструментів (наприклад, Axe), що значно спрощує перевірки.
Оптимізація процесів виправлення помилок доступності	5	Вимагає реорганізації процесів команди і впровадження чітких регламентів.
Здатність до навчання	4	Основна складність полягає у покращенні інтерфейсу, що потребує UX-досліджень.
Покриття тестами	7	Потребує впровадження автоматизованого тестування та налаштування сценаріїв тестування.
Рівень конфіденційності даних	8	Включає налаштування шифрування даних, аудит безпеки та регулярні перевірки.
Продуктивність серверів	6	Вимагає оптимізації алгоритмів і використання кешування, але має доступні інструменти для реалізації.
Час доступності системи	7	Необхідне впровадження резервування серверів і системи балансування навантаження.
Час на відновлення після збою	6	Автоматизація процесів відновлення є доступною, але залежить від якості резервних копій.

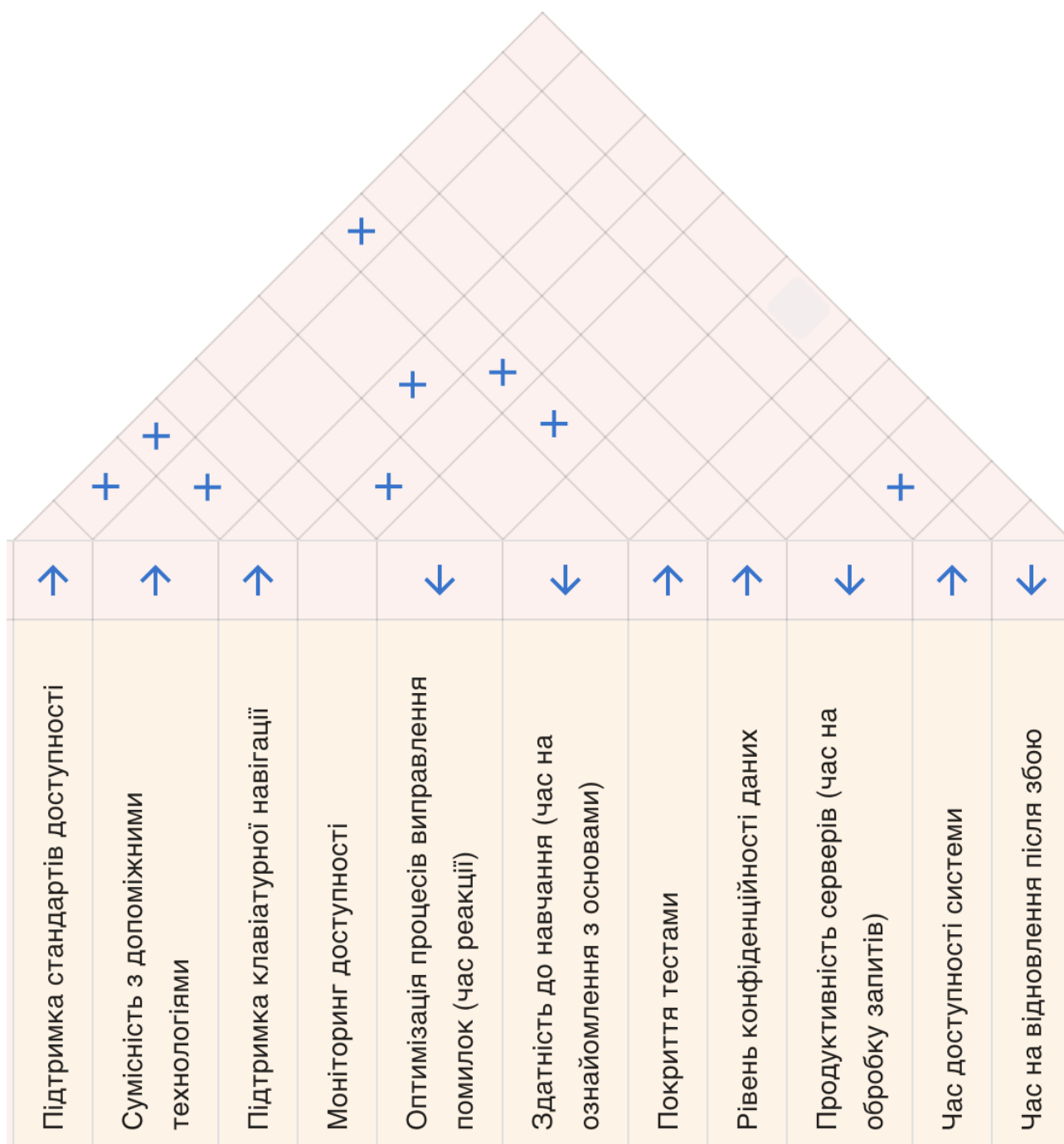


Рисунок 3.2 – Внутрішні зв'язки між технічними характеристиками

Остаточний вигляд матриці НоQ для IT-сервіса забезпечення доступності представлений на рисунку 3.3. Програмною системою було автоматично розраховано абсолютну та відносну важливість (табл. 3.9) за формулою 2.1. На основі цих даних можна побудувати діаграму Парето (рис. 3.4).

													User Ratings				
Direction of Improvement		↑	↑	↑		↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓					
User Importance		Підтримка стандартів доступності	Сумісність з допоміжними технологіями	Підтримка клавіатурної навігації	Моніторинг доступності	Оптимізація процесів виправлення помилок (час реакції)	Здатність до навчання (час на ознайомлення з основами)	Покриття тестами	Рівень конфіденційності даних	Продуктивність серверів (час на обробку запитів)	Час доступності системи	Час на відновлення після збою	1	2	3	4	5
Коефіцієнт доступності інтерфейсів	9	⊙	⊙	⊙	○	○		○		△	△	△					
Час до усунення помилок доступності	7	△	△	△	○	⊙		○									
Коефіцієнт помилок інтерфейсу	6	○	○	○	⊙	○		⊙									
Рівень задоволеності користувачів із особливими потребами	8	⊙	⊙	⊙	○	○			△	○	○	○					
Кількість успішно пройдених аудитів відповідності WCAG/ADA	7	⊙	⊙	⊙	○	○		○	△								
Implementation Complexity		8	9	7	6	5	4	7	8	6	7	6					
Units & Values		95%	100%	99%	перевірка щодня	<2 годин на початкову реакцію	≤15 хвилин на базове використання	≥90%	100%	<0,2 с на 80% запитів	99,9%	<1 години					
Engineer Estimation																	
Absolute Importance		241	241	241	102	153	24	123	15	33	33	33					
Relative Importance (%)		19.5	19.5	19.5	8.2	12.3	1.9	9.9	1.2	2.7	2.7	2.7					

Рисунок 3.3 – Матриця НоQ для ІТ-сервіса забезпечення доступності

Таблиця 3.9 – Важливість технічних характеристик за методом SQFD

Технічна характеристика	Абсолютна важливість	Відносна важливість (%)	Сумарний вплив (%)
Підтримка стандартів доступності	241	19,5%	19,5%
Сумісність з допоміжними технологіями	241	19,5%	38,9%
Підтримка клавіатурної навігації	241	19,5%	58,4%
Оптимізація процесів виправлення помилок доступності	153	12,3%	70,7%
Покриття тестами	123	9,9%	80,6%
Моніторинг доступності	102	8,2%	88,9%
Продуктивність серверів	33	2,7%	91,5%
Час доступності системи	33	2,7%	94,2%
Час на відновлення після збою	33	2,7%	96,9%
Здатність до навчання	24	1,9%	98,8%
Рівень конфіденційності даних	15	1,2%	100,0%

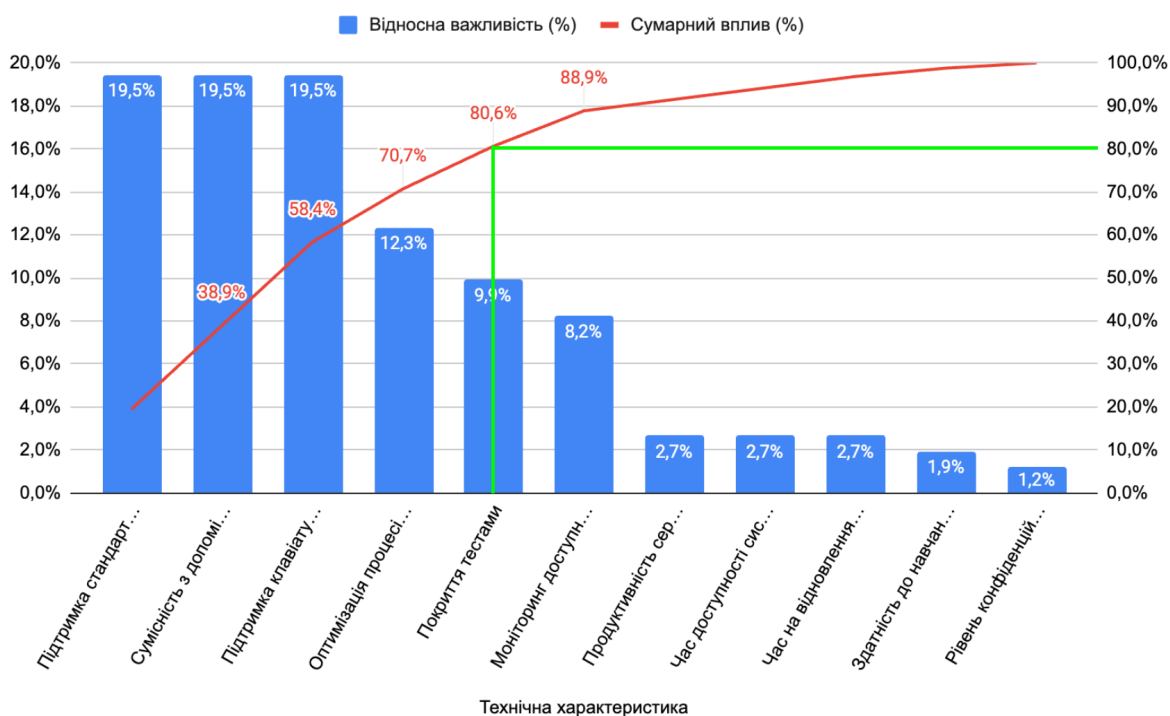


Рисунок 3.4 – Діаграма Парето для даних важливості технічних характеристик

Отримана діаграма Парето дозволяє визначити основні технічні характеристики, які сумарно здатні забезпечити 80% результату. А саме:

- 1) Підтримка стандартів доступності,
- 2) Сумісність з допоміжними технологіями,
- 3) Підтримка клавіатурної навігації,
- 4) Оптимізація процесів виправлення помилок доступності,
- 5) Покриття тестами.

Для кожної з п'яти найважливіших технічних характеристик були розроблені наступні рекомендації для покращення і досягнення цільових значень:

1. Підтримка стандартів доступності:
  - а) проведення регулярних аудитів відповідності WCAG 2.1 із залученням експертів з доступності;
  - б) використання автоматизованих інструментів тестування доступності (наприклад, Axe, Lighthouse);
  - в) забезпечення постійного навчання команди розробників новим стандартам і рекомендаціям WCAG.
2. Сумісність з допоміжними технологіями:
  - а) тестування функціональності інтерфейсу з різними допоміжними технологіями, такими як екранні читачі (NVDA, JAWS) та програми масштабування тексту;
  - б) забезпечення підтримки ARIA-атрибутів для покращення взаємодії з допоміжними технологіями;
  - в) проведення юзабіліті-тестувань із реальними користувачами, які використовують допоміжні технології.
3. Підтримка клавіатурної навігації:
  - а) впровадження обов'язкового тестування інтерактивних елементів на підтримку клавіатурного управління;
  - б) використання стандартів WCAG для забезпечення фокусування та доступу до всіх функцій через клавіатуру;

в) використання доступних бібліотек компонентів, які спрощують реалізацію клавіатурної навігації.

#### 4. Оптимізація процесів виправлення помилок доступності:

а) розробка автоматизованої системи для реєстрації та моніторингу помилок доступності;

б) впровадження SLA (Service Level Agreement) для визначення максимально допустимого часу на усунення помилок;

в) регулярне навчання команди підтримки й тестувальників для ефективного розв'язання проблем.

#### 5. Покриття тестами:

а) забезпечення автоматизованого тестування сценаріїв, які включають користувачів із особливими потребами;

б) створення набору тестових сценаріїв, що охоплюють критично важливі функції;

в) інтеграція тестування в CI/CD (Continuous Integration/Continuous Deployment) процес для забезпечення постійної перевірки.

Реалізація запропонованих засобів досягнення підвищення якості технічних характеристик розглянутого ІТ-сервісу дозволить позитивно вплинути на задоволеність користувачів і покращити відповідність сервісу стандартам доступності. У результаті сервіс може наблизитись до цільових значень, покращуючи як технічні показники, так і загальний досвід користувачів.

### 3.3. Оцінка комплексного показника якості функціонування ІТ-сервісу після впровадження SQFD в процесі управління якістю ІТ-сервісу

Впровадження запропонованих в розділі 3.2 рекомендацій сприяло значному покращенню технічних характеристик та загальної якості ІТ-сервісу. Нижче наведено ключові результати для кожної з технічних характеристик:

- Завдяки регулярним аудиторам та впровадженню автоматизованих інструментів тестування рівень відповідності стандарту WCAG 2.1 зріс до 95%.

Команда розробників отримала доступ до структурованого навчання, що дозволило швидко впроваджувати оновлення стандартів. Як результат, кількість помилок, пов'язаних із доступністю, значно зменшилась.

- Тестування з реальними користувачами, які використовують екранні читачі та інші допоміжні технології, забезпечило 100% сумісність. Додана підтримка ARIA-атрибутів покращила взаємодію з різними інструментами доступності. Як наслідок, збільшилася кількість позитивних відгуків від користувачів із особливими потребами.

- Реалізація стандартів клавіатурної доступності дозволила досягти 99% покриття інтерактивних елементів функціональністю клавіатурної навігації. Користувачі відзначили поліпшення зручності взаємодії з інтерфейсом, що позитивно вплинуло на рівень їхньої задоволеності.

- Створення автоматизованої системи реєстрації та моніторингу помилок дозволило скоротити середній час реагування на помилки до менш ніж 2 годин. Чітке визначення SLA сприяло підвищенню ефективності команди підтримки та мінімізації негативного впливу помилок на користувачів.

- Інтеграція автоматизованого тестування в процес CI/CD забезпечила покриття тестами на рівні 90%. Це дозволило виявляти проблеми ще на етапі розробки, що значно знизило ризик виникнення критичних помилок у продакшені.

Після впровадження рекомендацій на основі SQFD було зафіксовано покращення у ключових показниках ефективності:

- Коефіцієнт доступності інтерфейсів збільшився до *0,92*, що свідчить про значне покращення відповідності стандартам WCAG.

- Час до усунення помилок доступності зменшився до *6 годин*, що наблизило його до цільового значення.

- Коефіцієнт помилок інтерфейсу зменшився до *0,03*, демонструючи суттєве зменшення частоти помилок у взаємодії з користувачами.

- Рівень задоволеності користувачів зріс до *4,3 з 5* можливих, підтверджуючи зростання якості користувацького досвіду.

● Кількість успішно пройдених аудитів збільшилася до 9 з 10, що показує майже повну відповідність стандартам доступності.

Розрахунки нових нормалізованих значень КРІ були проведені за тими ж формулами (3.2 і 3.3) і наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Нормалізовані значення ключових показників ефективності (оновлені)

КРІ	Нормалізоване значення	Тип
Коефіцієнт доступності інтерфейсів	$q_1 = 0,92 \div 1 = 0,92$	Позитивний
Час до усунення помилок доступності	$q_2 = 5 \div 6 \approx 0,833$	Негативний
Коефіцієнт помилок інтерфейсу	$q_3 = 0,02 \div 0,03 \approx 0,667$	Негативний
Рівень задоволеності користувачів	$q_4 = 4,3 \div 5 \approx 0,86$	Позитивний
Кількість успішно пройдених аудитів	$q_5 = 9 \div 10 = 0,9$	Позитивний

Вагові коефіцієнти залишилися незмінними, оскільки важливість кожного КРІ не змінилася. Загальний комплексний показник після впровадження SQFD розрахований за формулою (3.1):

$$I_k = 0,92 \times 0,246 + 0,833 \times 0,19 + 0,667 \times 0,162 + 0,86 \times 0,218 + 0,9 \times 0,184 \approx 0,846$$

Комплексний показник якості ІТ-сервісу становить **0,846**, що свідчить про значне покращення в якості сервісу, особливо у сферах, пов'язаних із доступністю, зручністю використання та відповідністю стандартам. Це підтверджує ефективність застосування методології SQFD для оптимізації технічних характеристик.

### 3.4. Розрахунок ефективності впровадження

Ефективність впровадження рекомендацій, розроблених на основі методології SQFD, розраховувалася за відношенням комплексного показника якості сервісу після впровадження до показника до впровадження:

$$E = \frac{I_{post}}{I_{pre}} \cdot 100\%, \quad (3.12)$$

де  $I_{post}$  — комплексний показник після впровадження,  $I_{pre}$  — показник до впровадження.

Вихідні дані:

$$I_{pre} = 0,589;$$

$$I_{post} = 0,846.$$

Розрахунок:

$$E = \frac{0,846}{0,589} \cdot 100\% \approx 143,63\%.$$

Результат: ефективність впровадження рекомендацій становить **143,63%**, що свідчить про суттєве покращення якості функціонування ІТ-сервісу завдяки впровадженню рекомендацій, розроблених із застосуванням SQFD.

Ефективність впровадження вказує на доцільність використання SQFD як інструмента для покращення якості ІТ-сервісів, особливо у сфері забезпечення доступності. Це дозволяє забезпечити вищий рівень відповідності сучасним стандартам та кращий користувацький досвід.

Можливості для подальшого вдосконалення ІТ-сервісу пов'язані з технічними характеристиками, які, хоча й не мають найбільшого впливу на ключові показники ефективності, але можуть суттєво підвищити загальну якість та ефективність сервісу.

Одним із таких напрямків є підвищення рівня конфіденційності даних. Це може бути досягнуто шляхом впровадження більш складних алгоритмів шифрування та багатофакторної автентифікації, що забезпечить кращий захист

персональних даних користувачів. Такий підхід дозволить не тільки зміцнити довіру користувачів, але й відповідати сучасним вимогам до безпеки інформації.

Покращення продуктивності серверів та збільшення часу доступності системи також є важливим напрямком, що впливає на швидкість і зручність використання сервісу. Подальша оптимізація обробки запитів, зокрема використання нових підходів до кешування, оптимізація баз даних, впровадження розподілених обчислювальних технологій, модернізація інфраструктури, впровадження хмарних рішень із високим рівнем резервування та балансування навантаження дозволить забезпечити стабільну роботу сервісу та може значно покращити швидкість реакції сервісу навіть під час пікових навантажень.

Час на відновлення після збою також може бути зменшено завдяки автоматизації сценаріїв відновлення. Впровадження спеціалізованих інструментів, які автоматично діагностують проблему та виконують необхідні дії для її усунення, допоможе значно зменшити час простою.

Окрему увагу слід приділити здатності до навчання нових користувачів. Спрощення інтерфейсу, розробка інтерактивних підказок і впровадження гейміфікованого навчання можуть значно скоротити час, необхідний для освоєння сервісу, що особливо важливо для користувачів із обмеженими можливостями або з низьким рівнем цифрової грамотності.

Удосконалення цих характеристик створює можливості для значного покращення загальної якості ІТ-сервісу. Вони не лише зміцнюють його конкурентоспроможність, але й створюють умови для більшого задоволення потреб користувачів, підвищення стабільності роботи та відповідності сучасним технологічним стандартам.

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання даної роботи було розроблено підхід до покращення якості функціонування ІТ-сервісів за допомогою технології розгортання функції якості. Цей підхід дозволив систематизувати процес визначення ключових показників ефективності), які враховують очікування користувачів та вимоги міжнародних стандартів, таких як ISO 9001, ISO 20000, ISO 27000 та ISO 25000 (серія SQuaRE).

Зокрема ISO 9001:2015 фокусується на управлінні якістю з орієнтацією на задоволення потреб клієнтів і постійне вдосконалення процесів. Стандарт ISO/IEC 20000-1:2018 регулює управління ІТ-сервісами та забезпечує стабільність і надійність процесів надання послуг. Забезпечення інформаційної безпеки є невід'ємною частиною ІТ-сервісів, тому критично важливим є дотримання стандарту ISO/IEC 27001:2013, що надає рамки для управління безпекою інформаційних активів. Стандарт ISO/IEC 25010:2011 забезпечує оцінку якості програмних продуктів на основі ключових характеристик, таких як функціональна придатність, надійність, зручність використання та безпека. Ці стандарти надають чіткі критерії оцінки якості, які є важливими для побудови ефективних та стабільних ІТ-сервісів.

Запропонований підхід було перевірено на прикладі ІТ-сервісу для впровадження доступності. На основі наведених стандартів було сформовано набір ключових показників ефективності, що забезпечують ефективне впровадження стандартів доступності для осіб з обмеженими можливостями.

На основі проведеного аналізу були визначені основні технічні характеристики, що впливають на якість сервісу, зокрема підтримка стандартів доступності, сумісність із допоміжними технологіями, підтримка клавіатурної навігації, покриття тестами та оптимізація процесів виправлення помилок. За допомогою методу SQFD було побудовано матрицю HoQ, яка дозволила встановити взаємозв'язки між потребами користувачів та технічними характеристиками, а також визначити цільові значення для покращення сервісу.

Проведена оцінка комплексного показника якості до та після впровадження рекомендацій показала, що реалізація методу SQFD дозволила значно підвищити якість сервісу, що підтверджується зростанням комплексного показника якості на 43,63%. Цей результат підтверджує ефективність запропонованого підходу та його практичну цінність для ІТ-сервісів.

Розроблені рекомендації щодо покращення технічних характеристик були впроваджені на прикладі ІТ-сервісу для забезпечення доступності, що дозволило досягти цільових показників для всіх ключових метрик. Впровадження автоматизованих засобів тестування, удосконалення процесів виправлення помилок і підвищення рівня сумісності з допоміжними технологіями дозволило не лише підвищити рівень відповідності стандартам, але й покращити користувацький досвід.

Отримані результати підтверджують, що використання SQFD є дієвим інструментом для підвищення якості ІТ-сервісів, особливо у сферах, де важливо враховувати потреби широкої аудиторії користувачів із різними можливостями. Це дозволяє зробити висновок про доцільність подальшого використання та вдосконалення цього підходу в інших ІТ-проектах, спрямованих на забезпечення високої якості та конкурентоспроможності на сучасному ринку.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ficalora Joseph P., Cohen L. Quality function deployment and Six Sigma: a QFD handbook. 2nd ed. Prentice Hall. 2010. 527 p.
2. Андон Ф.И., Коваль Г.И., Коротун Т.М., Лаврищева Е.М., Суслов В.Ю. Основы инженерии качества программных систем // Второе издание. НАНУ Институт программных систем. Издательский дом «Академперіодика», Киев – 2007.
3. Aka0, Y. Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press – 1990.
4. Mizuno, S., Aka0, Y. Quality Function Deployment: A Comprehensive Approach to Quality Control. JUSE Press – 1978.
5. Cohen, L. Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You. Addison-Wesley – 1995.
6. Aka0, Y., Mazur, G. The leading edge in QFD: past, present and future, International Journal of Quality & Reliability Management, 2003, Vol. 20, pp.20–35.
7. Fehlmann, T. Statistical Process Control for Software Development QFD Symposium 2009, Wolfsburg, October, 2009
8. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/> (дата звернення: 15.10.2024)
9. The Americans with Disabilities Act (ADA). URL: <https://www.ada.gov/law-and-regs/ada/> (дата звернення: 15.10.2024)
10. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT).
11. ДСТУ ISO/IEC 20000-1:2019 Інформаційні технології. Керування послугами. Частина 1. Вимоги до системи керування послугами (ISO/IEC 20000-1:2018, IDT).
12. ДСТУ ISO/IEC 27000:2019 Інформаційні технології. Методи захисту. Системи керування інформаційною безпекою. Огляд і словник термінів (ISO/IEC 27000:2018, IDT)

13. ДСТУ ISO/IEC 25000:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Настанова до SQuaRE (ISO/IEC 25000:2014, IDT).

14. ДСТУ ISO/IEC 25010:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Моделі якості системи та програмних засобів (ISO/IEC 25010:2011, IDT).

15. Заболотний Є. О., Мощенко І. О. Реалізація моделі SQFD для забезпечення якості функціонування іт-сервісів / Є. О. Заболотний ; наук. керівн. к. т. н., ст. викл. І. О. Мощенко // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму, 16-18 квітня 2024 р. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Т. 4. – С. 204–206

16. ДСТУ ISO/IEC 25023:2019 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем програмних засобів та їхнього оцінювання (SQuaRE). Вимірювання якості систем та програмних продуктів (ISO/IEC 25023:2016, IDT).

17. ДСТУ ISO/IEC 25012:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Модель якості даних (ISO/IEC 25012:2008, IDT)

18. ДСТУ ISO/IEC 27001:2023 Інформаційна безпека, кібербезпека та захист конфіденційності. Системи керування інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2022, IDT).

19. ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2015, IDT)

20. Implementing ISO 20000: proposals from learned lessons, Santi Cots, Martí Casadesús, TMQ – TECHNIQUES, METHODOLOGIES AND QUALITY, Número 4, 2013.

21. ISO/IEC 20000 Service Management Implementation, Barclay Rae, 2017. Academia.edu. Online. June 2017. [Accessed 10 October 2024]. Available from: [https://www.academia.edu/33289066/ISO\\_IEC\\_20000\\_Service\\_Management\\_Implementation\\_Prepared\\_by](https://www.academia.edu/33289066/ISO_IEC_20000_Service_Management_Implementation_Prepared_by)

22. Kazuhiro Esaki. Introduction of Quality Requirement and Evaluation Based on ISO/IEC SQuaRE Series of Standard. // Global Perspectives on Engineering Management. May 2013, Vol. 2 Iss. 2, pp. 52-59.

23. ДСТУ ISO/IEC 25020:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Рамкова модель і настанова щодо вимірювання (ISO/IEC 25020:2007, IDT).

24. ДСТУ ISO/IEC 25021:2016 ДСТУ ISO/IEC 25021:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Елементи показника якості (ISO/IEC 25021:2012, IDT).

25. ДСТУ ISO/IEC 25022:2019 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем програмних засобів та їхнього оцінювання (SQuaRE). Вимірювання якості під час застосування (ISO/IEC 25022:2016, IDT).

26. ISO/IEC 25024:2015 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of data quality.

27. Parmenter, D. Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. John Wiley & Sons, 2015. 448 с.

28. ISO 16355-1:2021. Application of statistical and related methods to new technology and product development process. Part 1: General principles and perspectives of quality function deployment (QFD).

29. Shahin, A. Quality Function Deployment: A Comprehensive Review. [https://www.researchgate.net/publication/228360297\\_Quality\\_Function\\_Deployment\\_A\\_Comprehensive\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/228360297_Quality_Function_Deployment_A_Comprehensive_Review).

30. Herzwurm G., Schockert S., Tauterat T. Quality Function Deployment in software development – State-of-the-art. 2015. URL: [https://www.researchgate.net/publication/281839770\\_Quality\\_Function\\_Deployment\\_in\\_software\\_development\\_State-of-the-art](https://www.researchgate.net/publication/281839770_Quality_Function_Deployment_in_software_development_State-of-the-art).

31. Chan L.-K., Wu M.-L. Quality Function Deployment: A Comprehensive Review of Its Concepts and Methods // Quality Engineering. 2002. Vol. 15. P. 23–35. DOI: 10.1081/QEN-120006708.

32. QFD Designer. URL: <http://www.ideacore.com/product/qfd-designer-license/>.
33. Qualica. House of Quality. URL: [https://www.qualica.net/en/help/tools/qfd/qfd\\_house\\_of\\_quality\\_sw/](https://www.qualica.net/en/help/tools/qfd/qfd_house_of_quality_sw/).
34. Edrawsoft. Quality Function Deployment. URL: <https://www.edrawsoft.com/quality-function-deployment.html>.
35. Creately. House of Quality. URL: <https://creately.com/usage/house-of-quality/>.
36. ArtiHoQ (QFD Application) // GitHub. URL: <https://github.com/Baziak/artihoq>.
37. Заболотний Є. О., Мощенко І. О. Формування системи ключових показників ефективності функціонування ІТ-сервісів для користувачів із обмеженими можливостями / Є. О. Заболотний ; наук. керівн. к. т. н., ст. викл. І. О. Мощенко // Інформаційно-вимірювальні технології : тези доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф., 13–14 листопада 2024 р. – Львів : «Львівська політехніка», 2024. – С. 306
38. Zabolotnyi Y.O., Moshchenko I.O. Comprehensive approach development to the IT services key efficiency indicators formulation according to the international standards guidelines / Є. О. Заболотний ; наук. керівн. к. т. н., ст. викл. І. О. Мощенко // Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика : матеріали V Міжнар. наук.-техн. конф., 28–29 листопада 2024 р. / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" — Харків : Видавництво НТУ "ХПІ", 2024. — С. 116–117

## ДОДАТОК А

Тези доповіді з конференції 28-й Міжнародний молодіжний форум  
«Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті»

УДК 004.052

### **РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ SQFD ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІТ-СЕРВІСІВ**

Заболотний Є. О.

Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Мощенко І.О.

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

тел. +38 (066) 495-02-59, e-mail: yevhen.zabolotnyi@nure.ua

This paper presents the SQFD (Service Quality Function Deployment) model as an effective method for ensuring the quality of IT service functioning. SQFD helps organizations to identify user needs, translate them into technical characteristics, and develop services that meet these needs. This work explores the implementation of the SQFD model to enhance the quality of the language learning applications as a case study. Through SQFD, user requirements are prioritized, and translated into technical features. The model enables the assessment of user satisfaction, comparison with competitors, and evaluation of technical feasibility. This comprehensive approach facilitates informed decision-making for product enhancement.

Забезпечення якості функціонування ІТ-сервісів є ключовим фактором успіху будь-якої організації. Активна цифровізація процесів діяльності людей в сучасному світі невпинно розширює сфери застосування ІТ-технологій, що в свою чергу виносить на перший план проблеми забезпечення якості, надійності, зручності, функціональності та безпеки програмних систем (яскравим прикладом є активний розвиток порталів та застосунків надання державних послуг).

Найбільш важливим аспектом забезпечення якості є найповніше задоволення вимог користувачів (за ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT) та ДСТУ ISO/IEC 20000-10:2019 Інформаційні технології. Керування послугами. Частина 10. Концепції та словник термінів (ISO/IEC 20000-10:2018, IDT)). Одним з ефективних методів досягнення цієї мети є використання моделі управління якістю ІТ-сервісів SQFD (Service Quality Function Deployment).

SQFD – це адаптована модель QFD (Quality Function Deployment), яка використовується для розгортання функції якості в контексті ІТ-сервісів. Вона допомагає організаціям чітко визначити суб'єктивні вимоги користувачів, перекласти їх в інженерні технічні характеристики та розробити сервіси, які відповідають цим потребам [1]. Проблеми застосування SQFD для ІТ-сервісів полягають у складності точного визначення потреб користувачів, обмеженості доступних даних щодо конкурентів та високої вартості інтеграції з існуючими процесами розробки продукту. Основні переваги моделі SQFD полягають в орієнтації на споживача, зручному візуальному представленні інформації та комплексному структурованому підході до прийняття рішення щодо поліпшення продукту [1, 2].

Реалізація моделі SQFD для забезпечення якості ІТ-сервісів здійснена на прикладі застосунку для вивчення іноземних мов (рис. 1).

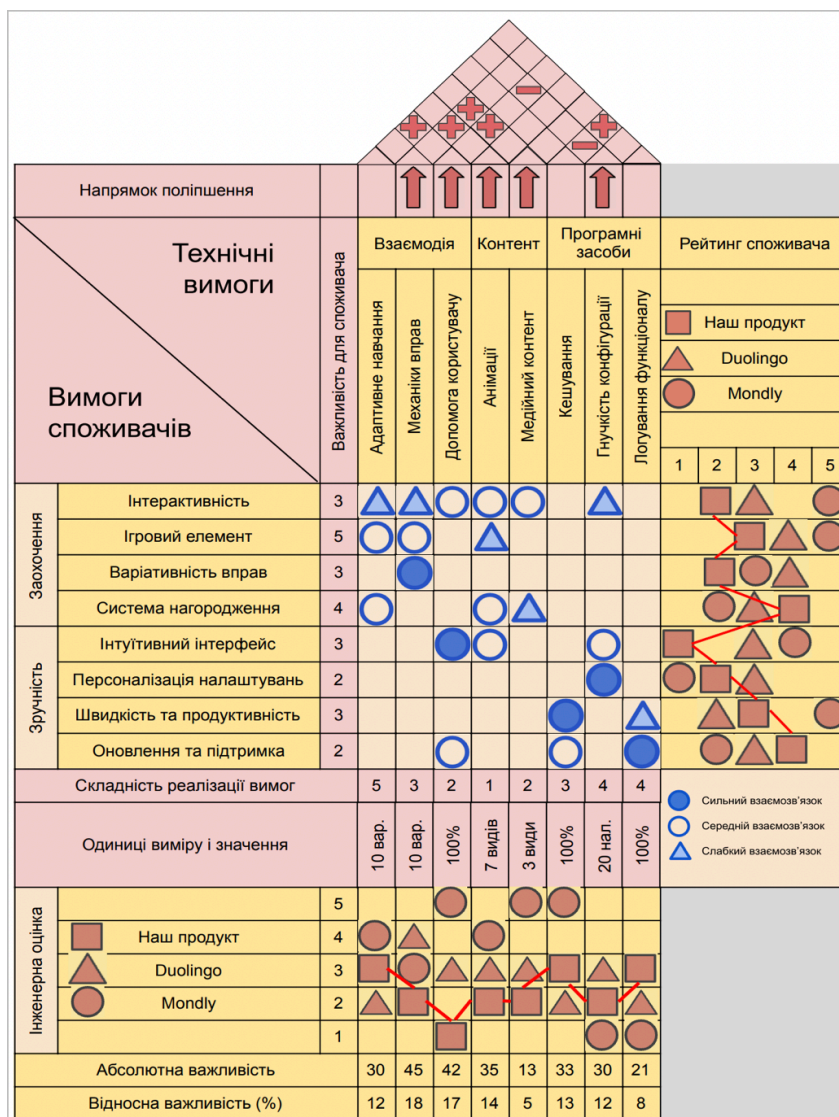


Рисунок А.1 – Приклад матриці розгортання функції якості

Основні вимоги користувачів такого застосунку можна розділити на дві основні категорії: заохочення користувача до навчання та зручність використання. Першу категорію можна деталізувати до таких вимог: інтерактивність, наявність ігрового елемента, висока варіативність занять, система нагородження, а другу до наступних: інтуїтивний інтерфейс, персоналізація налаштувань, швидкість та продуктивність, оновлення та підтримка.

В ході розгортання функції якості визначається рейтинг важливості вимог споживача і оцінюється задоволеність цих вимог в порівнянні з конкурентними продуктами. Далі формулюються технічні вимоги до продукту, які мають забезпечити реалізацію вимог користувачів, і визначається взаємозв'язок між технічними та користувацькими вимогами.

До прикладу реалізація різноманітних механік вправ безпосередньо задовольняє вимогу користувача у варіативності занять; пропрацьована система допомоги користувачу з використання застосунку (початкове ознайомлення з інтерфейсом, довідка, система нагадувань і підказок) покращує інтуїтивність інтерфейсу; анімації та медійний контент покращують інтерактивність застосунку; кешування покращує швидкість та продуктивність; гнучкість конфігурації забезпечують персоналізацію; продумана система логування покращує підтримку застосунку.

Крім взаємозв'язку між користувацькими і технічними вимогами, метод SQFD дозволяє показати вплив одних технічних характеристик на інші. Також важливо порівняти реалізацію технічних рішень з конкурентами та оцінити складність втілення технічних властивостей в нашому програмному продукті. Результатом застосування є ранжування показників якості ІТ-сервісів за ступенем пріоритетності реалізації, що розраховується на основі аналізу користувацьких вимог, технічних можливостей та обмежень команди розробки, а також конкурентної ситуації на ринку надання ІТ-послуг.

Список використаних джерел:

1. Андон Ф. И., Коваль Г. И., Коротун Т. М., Лаврищева Е.М., Суслов В.Ю. Основы инженерии качества программных систем. Киев. 2007. 669 с.
2. Ficalora Joseph P., Cohen L. Quality function deployment and Six Sigma: a QFD handbook. 2nd ed. Prentice Hall. 2010. 527 p.

## ДОДАТОК Б

Тези доповіді з II Міжнародної науково-практичної конференції  
«Інформаційно-вимірjuвальні технології ІМТ-2024»

УДК 005.6

**ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ФУНКЦІОНУВАННЯ ІТ-СЕРВІСІВ ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ ІЗ ОБМЕЖЕНИМИ  
МОЖЛИВОСТЯМИ**

© Євген Заболотний<sup>1</sup>, Інна Моценко<sup>2</sup>, 2024

<sup>1</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків Україна), студент кафедри інформаційно-вимірjuвальних технологій, yevhen.zabolotnyi@nure.ua

<sup>2</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків Україна), к.т.н., доц. кафедри інформаційно-вимірjuвальних технологій, inna.moshchenko@nure.ua

В умовах постійної цифрової трансформації, зростаючих очікувань користувачів та посилення конкуренції на глобальному ринку, вимоги до якості ІТ-сервісів значно підвищились. Системи, що забезпечують надання ІТ-послуг, повинні відповідати вимогам не лише щодо продуктивності та зручності використання, але й безпеки даних, стабільності та відповідності міжнародним нормативним актам. Це спонукає звертати особливу увагу на підходи, що допомагають у визначенні ключових показників ефективності (key performance indicator, KPI), та дозволяють оцінювати функціонування ІТ-сервісів на основі вимірjuваних метрик.

Для формування системи ключових показників ефективності можна застосувати низку міжнародних стандартів, що регулюють якість програмних продуктів та процесів управління. ISO 9001:2015 визначає загальні вимоги до систем управління якістю, з акцентом на постійне вдосконалення та задоволення потреб клієнтів, що є основою для розробки ефективних KPI. ISO/IEC 25010:2011 пропонує моделі оцінки якості програмного забезпечення, включаючи такі характеристики, як функціональна придатність, продуктивність, надійність, зручність використання та безпека, що можуть бути адаптовані для вимірjuвання ефективності ІТ-сервісів. ISO/IEC 20000-1:2018, як стандарт для управління ІТ-послугами, допомагає організаціям формувати системи контролю показників ефективності ІТ-сервісів. ISO/IEC 27001:2022 дозволяє інтегрувати вимоги щодо інформаційної безпеки у KPI ІТ-сервісів, забезпечуючи захист даних.

Метою дослідження є розробка комплексного підходу до формування ключових показників ефективності для ІТ-сервісів, а саме, для програмних комплексів, що забезпечують доступність програмних продуктів для користувачів із обмеженими можливостями. Користувачами цих сервісів є розробники програмного забезпечення, для яких одним із ключових завдань є інтеграція вимог доступності на різних етапах розробки. Для цього вони потребують ефективних інструментів як для систематичної оцінки доступності своїх систем, так і для виправлення знайдених недоліків.

В рамках даного дослідження було визначено оптимальні KPI для наведеного вище ІТ-сервісу, а також розроблено рекомендації щодо їх впровадження для забезпечення відповідності нормативним вимогам і підвищення задоволеності користувачів. Специфічними саме для ІТ-сервісів забезпечення доступності є такі показники, як відсоток відповідності стандартам доступності, час до усунення помилок доступності, рівень задоволеності користувачів з обмеженими можливостями та час відгуку на їхні запити. Ці показники дозволяють не тільки оцінити функціонування сервісів, але й швидко реагувати на проблеми та вдосконалювати системи відповідно до реальних потреб користувачів.

Для забезпечення ефективного збору даних і аналізу KPI використовуються автоматизовані інструменти перевірки доступності які дозволяють перевіряти відповідність сервісів вимогам WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) та збирати дані про проблеми

доступності. Це допомагає організаціям оцінювати свої сервіси не тільки з точки зору відповідності стандартам, але й з точки зору реальної взаємодії з користувачами, що покладаються на допоміжні технології.



Рисунок Б.1 — Сертифікат про участь у конференції «Інформаційно-вимірювальні технології ІМТ-2024»

## ДОДАТОК В

Тези доповіді з V Міжнародної науково-технічної конференції «Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика»

**COMPREHENSIVE APPROACH DEVELOPMENT TO THE IT SERVICES  
KEY EFFICIENCY INDICATORS FORMULATION ACCORDING TO THE  
INTERNATIONAL STANDARDS GUIDELINES**

Zabolotnyi Y.O.<sup>1)</sup>, Moshchenko I.O.<sup>2)</sup>

*<sup>1)</sup> Student, Kharkiv National University of Radio Electronics, Nauky Ave. 14,  
Kharkiv, 61166, Ukraine, yevhen.zabolotnyi@nure.ua*

*<sup>2)</sup> Associate Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Nauky Ave. 14, Kharkiv, 61166, Ukraine, inna.moshchenko@nure.ua*

In the rapidly evolving digital landscape, the expectations of end-users have soared. To remain competitive, organizations must deliver IT services that are not only functional but also resilient, secure, and compliant with industry standards. Effective IT services are characterized not only by their technical capabilities but also by their ability to align with business objectives, adapt to evolving market demands, and integrate seamlessly with existing systems. The establishment of Key Performance Indicators (KPIs) provides a quantitative framework for measuring the effectiveness of IT services allowing organizations to evaluate services efficiency, ensure system reliability, and identify opportunities for innovation and operational excellence [1].

By leveraging internationally recognized standards, businesses can implement structured frameworks to monitor and enhance service delivery, ensuring long-term sustainability.

Multiple international standards can be applied to create a robust KPI system for IT services. ISO 9001:2015 offers a general framework for quality management, emphasizing continuous improvement and customer satisfaction [2]. This standard can be used as a foundation for developing KPIs that align with these principles.

ISO/IEC 25010:2011 provides a model for assessing software quality, covering aspects like functionality, performance, reliability, usability, and security [3]. These characteristics can be adapted to measure the efficiency of IT services [4].

ISO/IEC 20000-1:2018 is a specific standard for IT service management [5]. It guides organizations in establishing KPI monitoring frameworks to track the performance of IT services.

ISO/IEC 27001:2022 is a globally recognized standard for information security management [6]. By integrating its principles into KPI systems, organizations can measure and monitor their security performance. This includes tracking metrics such as incident response times, vulnerability assessment frequency, and compliance with security policies.

This research aims to establish a framework for developing KPIs tailored to IT services that enhance accessibility for users with disabilities. These services are particularly relevant to software developers who need to integrate accessibility requirements into their development processes. By identifying and tracking specific KPIs, organizations can effectively evaluate the accessibility of their software and services.

To enable efficient data collection and KPI analysis, automated accessibility testing tools are employed. These tools assess compliance with the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) [7]. This approach enables organizations to evaluate their services not only in terms of compliance with standards but also in terms of real-world user interactions for those relying on assistive technologies.

The proposed KPIs for such services focus on measuring the following:

- The percentage of the software or service that adheres to relevant accessibility standards.
- The average time taken to address and resolve reported accessibility issues.
- The level of satisfaction among users with disabilities, as measured through surveys or feedback mechanisms.
- The speed with which support teams respond to accessibility-related inquiries or requests.

The identified KPIs cover areas such as adherence to standards, resolution efficiency for accessibility issues, user satisfaction, and responsiveness to accessibility-related support requests. By leveraging automated tools for accessibility testing and KPI analysis, organizations can obtain actionable insights, enabling continuous improvement and timely adaptations to evolving user needs.

The proposed framework for developing and implementing KPIs can be applied to a wide range of different IT services. By aligning KPIs with internationally recognized standards organizations it can establish a structured approach to evaluating and enhancing almost any of IT services.

As digital transformation continues to shape the IT service industry, the adoption of such KPI systems that enhances the overall quality, usability, and competitiveness of these services is not only a strategic advantage but also a societal imperative. This research contributes to advancing the understanding of KPI development and provides practical guidelines for creating IT systems that meet the highest standards of user satisfaction.

#### References:

1. Parmenter, D. *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. John Wiley & Sons, 2015.
2. ISO 9001:2015. *Quality management systems – Requirements*. International Organization for Standardization, 2015.
3. ISO/IEC 25010:2011. *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models*. International Organization for Standardization, 2011.
4. Kazuhiro Esaki. *Introduction of Quality Requirement and Evaluation Based on ISO/IEC SQuaRE Series of Standard*. // *Global Perspectives on Engineering Management*. May 2013, Vol. 2 Iss. 2, pp. 52-59.
5. ISO/IEC 20000-1:2018. *Information technology – Service management – Part 1: Service management system requirements*. International Organization for Standardization, 2018.
6. ISO/IEC 27001:2022. *Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements*. International Organization for Standardization, 2022.

7. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. URL:  
<https://www.w3.org/TR/WCAG22/>

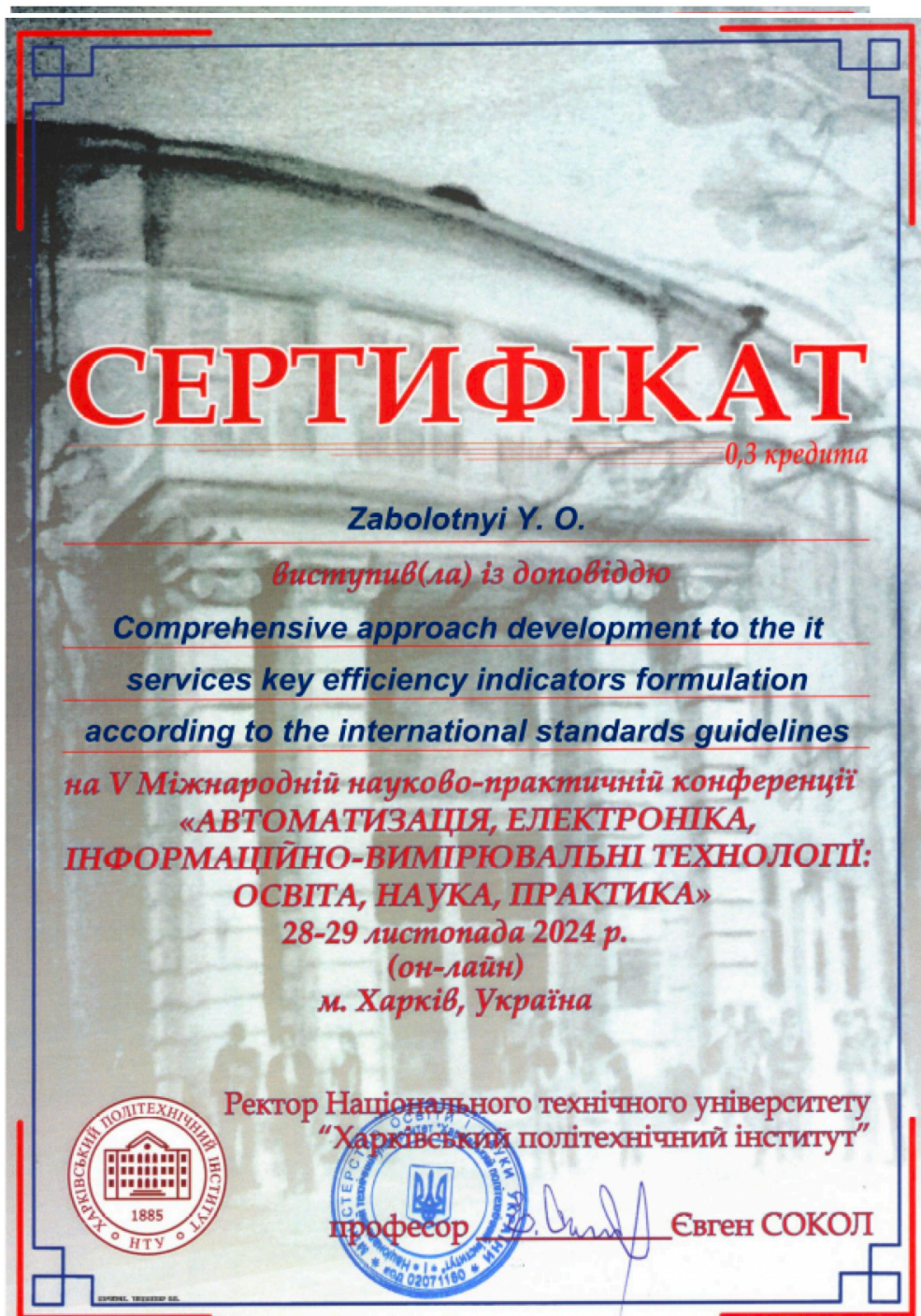


Рисунок В.1 — Сертифікат про участь у конференції «Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика»