

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів контролю якості програмного забезпечення при виконанні ІТ-проектів з розробки освітніх ІС
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи УПГІТМ-22-2

Рожко Максим Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

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

Освітня програма Управління проектами в галузі інформаційних технологій
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. каф. ІУС Аліна МІХНОВА
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри


(підпис)

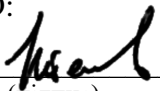
Костянтин ПЕТРОВ
(власне ім'я, прізвище)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
 Кафедра Інформаційних управляючих систем
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
 (код і повна назва)
 Тип програми освітньо-наукова
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)
 Освітня програма Управління проектами в галузі інформаційних технологій
 (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри 
(підпис)

« 01 » квітня 20 24 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Рожко Максиму Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів контролю якості програмного забезпечення при виконанні ІТ-проектів з розробки освітніх ІС

затверджена наказом університету від 04.06. 2024 р. № 258См

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи науково-технічна література, публікації та інтернет-ресурси, що стосуються теми кваліфікаційної роботи, стандарти якості ПЗ, стандарти з розроблення систем програмного забезпечення, матеріали науково-дослідної практики

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі аналіз існуючих освітніх інформаційних систем, аналіз методів контролю якості програмного забезпечення на різних етапах життєвого циклу інформаційних систем, аналіз вимог до проведення контролю якості ПЗ для ОІС, формування критерію якості програмного забезпечення ОІС, розробка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС, розробка технології використання адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС, практичне використання адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз матеріалів з теми роботи	01.04.2024 – 06.04.2024	Виконано
2	Аналіз існуючих освітніх інформаційних систем	06.04.2024 – 12.04.2024	Виконано
3	Аналіз методів контролю якості програмного забезпечення на різних етапах життєвого циклу інформаційних систем	12.04.2024 – 18.04.2024	Виконано
4	Постановка задачі дослідження	18.04.2024 – 24.04.2024	Виконано
5	Аналіз вимог до проведення контролю якості ПЗ для ОІС	24.04.2024 – 30.04.2024	Виконано
6	Формування критерію якості програмного забезпечення ОІС	30.04.2024 – 06.05.2024	Виконано
7	Розробка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС	06.04.2024 – 12.05.2024	Виконано
8	Розробка технології використання адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС	12.04.2024 – 18.05.2024	Виконано
9	Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС	18.04.2024 – 24.05.2024	Виконано
10	Підготовка пояснювальної записки та графічного матеріалу	24.04.2024 – 30.05.2024	Виконано
11	Захист кваліфікаційної роботи	06.06.2024	Виконано

Дата видачі завдання 01 квітня 2024 р.



Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц.каф.ІУС Аліна МІХНОВА
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи містить: 126 с., 13 табл., 2 рис., 1 дод., 26 джерело

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ОСВІТНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ТЕСТУВАННЯ.

Об'єктом дослідження є процес контролю якості програмного забезпечення освітніх інформаційних систем.

Предметом дослідження є методи контролю якості програмного забезпечення.

Мета роботи – підвищення якості програмного забезпечення освітніх інформаційних систем шляхом адаптації методів контролю якості програмного забезпечення з урахуванням специфіки освітніх інформаційних систем.

Перелік питань, що були опрацьовані в роботі: аналіз існуючих освітніх інформаційних систем, аналіз методів контролю якості програмного забезпечення на різних етапах життєвого циклу інформаційних систем, аналіз вимог до проведення контролю якості програмного забезпечення для освітніх ІС, формування критерію якості програмного забезпечення освітніх ІС, розробка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці освітніх ІС, розробка технології використання адаптованих методів контролю якості програмного забезпечення при розробці освітніх ІС, практичне використання адаптованих методів контролю якості програмного забезпечення при розробці освітніх ІС.

ABSTRACT

The explanatory note to the master's qualification thesis contains: 126 pages, 13 tables, 2 figures, 1 supplement, 26 sources

SOFTWARE, EDUCATIONAL INFORMATION SYSTEMS, QUALITY CONTROL, SOFTWARE DEVELOPMENT LIFE CYCLE, TESTING.

The object of the research is the quality control process of educational information systems software. The subject of research is software quality control methods.

The purpose of the work is to improve the quality of educational information systems software by adapting software quality control methods taking into account the specifics of educational information systems.

The list of issues that were worked out in the work: analysis of existing educational information systems, analysis of software quality control methods at various stages of the life cycle of information systems, analysis of requirements for quality control of software for educational IS, formation of quality criteria for software of educational IS, development adapted software quality control methods in the development of educational IS, development of technology for using adapted software quality control methods in the development of educational IS, practical use of adapted software quality control methods in the development of educational IS.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	10
Вступ.....	11
1 Огляд та аналіз підходів до вирішення проблеми контролю якості програмного забезпечення при виконанні ІТ проектів ОІС та постановка задачі дослідження	12
1.1 Аналіз існуючих освітніх інформаційних систем	12
1.1.1 Системи управління навчанням.....	12
1.1.2 Системи управління студентськими даними	13
1.1.3 Системи відкритого доступу до навчальних ресурсів.....	15
1.1.3 Вибір типу ОІС який буде розглядатися у даній роботі	18
1.2 Аналіз методів контролю якості програмного забезпечення на різних етапах життєвого циклу інформаційних систем.....	18
1.2.1 Аналіз методів контролю якості на етапі планування	19
1.2.2 Аналіз методів контролю якості на етапі проєктування.....	22
1.2.3 Аналіз методів контролю якості на етапі впровадження.....	24
1.2.4 Аналіз методів контролю якості на етапі тестування	25
1.2.5 Аналіз методів контролю якості на етапі розгортання	26
1.2.6 Аналіз методів контролю якості на етапі обслуговування	27
1.2.7 Проведення аналізу переваг та недоліків застосування існуючих методів контролю якості програмного забезпечення при виконанні ІТ-проєкту розробки ОІС	30
1.3 Постановка задачі дослідження.....	33
2 Дослідження та розробка методу контролю якості ПЗ при розробці ОІС	34

2.1	Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС.....	34
2.1.1	Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі планування	34
2.1.2	Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі проєктування.....	35
2.1.3	Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження.....	36
2.1.4	Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі тестування	36
2.1.5	Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання	37
2.1.6	Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі обслуговування	38
2.2	Формування критерію якості програмного забезпечення ОІС	38
2.2.1	Формування критерію якості ПЗ на етапі планування.....	39
2.2.2	Формування критерію якості ПЗ на етапі проєктування	40
2.2.3	Формування критерію якості ПЗ на етапі впровадження	42
2.2.4	Формування критерію якості ПЗ на етапі тестування.....	43
2.2.5	Формування критерію якості ПЗ на етапі розгортання.....	44
2.2.6	Формування узагальненого критерію якості ПЗ.....	46
2.3	Розробка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС	49
2.3.1	Адаптація методів контролю якості на етапі планування для їх використання при розробці ПЗ для ОІС.....	50
2.3.3	Адаптація методів контролю якості на етапі впровадження для їх використання при розробці ПЗ для ОІС	60

2.3.4 Адаптація методів контролю якості на етапі тестування для їх використання при розробці ПЗ для ОІС.....	63
2.3.5 Адаптація методів контролю якості на етапі розгортання для їх використання при розробці ПЗ для ОІС.....	65
2.3.6 Визначення функції для розрахунку узагальненого критерію якості ПЗ для ОІС на усіх етапах життєвого циклу.....	70
3 Розробка технології використання адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС	74
4 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС.....	79
4.1 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі планування	80
4.1.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ тестування вимог	80
4.1.2 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ перевірки вимог зацікавленими сторонами.....	82
4.1.3 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі планування	86
4.2 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі проектування.....	87
4.2.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ огляду дизайну	87
4.2.2 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ оцінки прототипу.....	89
4.2.3 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі проектування	91
4.3 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі впровадження.....	91

4.3.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ код-рев'ю	91
4.3.2 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження	93
4.4 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі тестування	94
4.4.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості тестування ПЗ	94
4.4.2 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі тестування.	96
4.5 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі розгортання	96
4.5.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості регресійне тестування	96
4.5.2 Експериментальна перевірка методу контролю якості тестування середовища	98
4.5.3 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання	100
4.6 Розрахунок значення критерію якості ПЗ для ОІС на усіх етапах життєвого циклу	100
Висновки	103
Перелік джерел посилання.....	104
Додаток А.....	106

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

OIC – освітні інформаційні системи

ПЗ – програмне забезпечення

LMS – Learning Management System

SIS – Student Information System

OER – Open Educational Resources

ВСТУП

У сучасному світі інформаційні технології стрімко розвиваються і проникають у різні аспекти повсякденного життя. Останнім часом, у зв'язку з багатьма факторами, освітні заклади різних рівнів змушені переходити на дистанційне навчання. Це викликає збільшення попиту на освітні інформаційні системи, що зумовлює підвищення пропозиції та постійний вихід нових постачальників на ринок розробки програмного забезпечення для освітніх інформаційних систем.

Збільшення конкуренції викликає підвищені вимоги до якості, тому актуальним є створення нових та адаптація існуючих методів контролю якості, щоб вони враховували специфіку освітніх ІС.

Метою роботи є підвищення якості програмного забезпечення освітніх інформаційних систем шляхом адаптації методів контролю якості програмного забезпечення з урахуванням специфіки освітніх інформаційних систем.

Об'єктом дослідження є процес контролю якості програмного забезпечення освітніх інформаційних систем.

Предметом дослідження є методи контролю якості програмного забезпечення.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ВИКОНАННІ ІТ ПРОЕКТІВ ОІС ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз існуючих освітніх інформаційних систем

Існують наступні освітні інформаційні системи (ОІС):

- системи управління навчанням (LMS – Learning Management System);
- системи управління студентськими даними (SIS – Student Information System);
- системи відкритого доступу до навчальних ресурсів (OER – Open Educational Resources).

1.1.1 Системи управління навчанням

Система управління навчанням (LMS – Learning Management System) – це програмний додаток або веб-технологія, яка використовується для планування, впровадження та оцінювання конкретного процесу навчання. Системи такого типу, у своїй найпоширенішій формі, складаються з двох елементів: сервера, який виконує базові функції, та інтерфейсу користувача (UI - User Interface), яким керують викладачі, студенти та адміністратори.

Як правило, LMS надає викладачу можливість створювати та надавати контент, контролювати участь студентів і оцінювати успішність студентів. Він також може надати студентам інтерактивні можливості, такі відеоконференції та дискусійні форуми.

Компанії, державні установи, традиційні та освітні заклади, що працюють в онлайн режимі часто використовують ці системи. Вони можуть покращити традиційні методи навчання, а також заощадити час і гроші організацій. Ефективна система дозволяє інструкторам і адміністраторам ефективно керувати такими елементами, як реєстрація користувачів і доступ, вміст, календарі, спілкування, тести, сертифікації та сповіщення [1].

У даний час існує велика кількість діючих LMS, ось кілька з них:

– Skilljar – зручна система управління навчанням для навчання зовнішніх клієнтів і партнерів; Skilljar забезпечує візуально привабливий і настроюваний інтерфейс для учнів, сприяючи використанню зручному використанню навчальних матеріалів [2];

– Blackboard Learn – це програмне забезпечення (ПЗ) LMS, яке пропонує комплексну платформу для керування, проведення й оцінювання онлайн-курсів [3];

– Litmos – це хмарна платформа LMS, яка забезпечує просту у використанні платформу професійного навчання та розвитку [4];

– та інші.

1.1.2 Системи управління студентськими даними

Система управління студентськими даними (SIS – Student Information System) – це програмне рішення, яке дозволяє навчальним закладам оцифрувати інформацію про студентів і, як наслідок, ефективніше керувати нею. Зокрема, це система, яка дозволяє навчальним закладам робити всю інформацію про студентів, яка раніше зберігалася в застарілих системах, доступною в Інтернеті. Роблячи це, їм вдається автоматизувати

відповідні адміністративні та академічні процеси, що робить їх набагато ефективнішими.

Завдяки інформаційній системі для учнів школи, академії та навчальні заклади будь-якого розміру можуть виконувати майже вичерпний перелік завдань набагато ефективніше, ніж без неї. Реєстрація студентів на заняття, формування розкладів, відстеження відвідуваності та зберігання записів про успішність, таких як оцінки та оцінки – це лише частина завдань і процесів, які можна полегшити за допомогою такої системи [5].

Завдяки системі управління студентськими даними адміністратори можуть зберігати інформацію про студентів, наприклад, у формі онлайн-профілів студентів. Вони можуть додавати всю відповідну особисту інформацію до цих онлайн-профілів, наприклад: дату народження, контактні дані тощо.

Після завершення цього процесу вони зможуть виконувати використовувати онлайн профілі студентів для їх реєстрацію на поточний навчальний період і на заняття, які вони бажають відвідувати. Подібним чином вони також можуть стягувати зі студентів плату за навчання, пов'язуючи інформацію про ціну відповідного навчального періоду з профілями студентів.

Приклади систем управління студентськими даними:

– QuickSchools – це хмарна система управління школою, відома своєю гнучкістю та зручністю використання [6];

– PowerSchool SIS – це система управління студентськими даними, яка пропонує уніфіковану та безпечну платформу для шкільних округів і шкіл [7];

– Wisenet – система управління даними студентами для закладів вищої освіти і корпоративних навчальних центрів [8];

– та інші.

1.1.3 Системи відкритого доступу до навчальних ресурсів

Відкриті освітні ресурси (Open Educational Resources – OER) – загальна назва для усіх освітніх засобів, до яких є повністю відкритий доступ завдяки безкоштовній ліцензії або переведення їх у суспільне надбання та створення доступу до таких ресурсів за допомогою інформаційних та комунікаційних технологій. Це навчальні, викладацькі та дослідницькі матеріали в будь-якому форматі та на носіях, які перебувають у суспільному надбанні або захищені авторським правом, які були випущені за відкритою ліцензією, які дозволяють безкоштовний доступ, повторне використання, повторне призначення, адаптацію, перерозподіл тощо.

Відкрита ліцензія відноситься до ліцензії, яка поважає права інтелектуальної власності власника авторських прав і надає дозволи, які надають громадськості права на доступ, повторне використання, перепрофілювання, адаптацію та повторне розповсюдження навчальних матеріалів [9].

Одним із рушійних факторів для впровадження відкритих освітніх ресурси, таких як відкриті підручники, є те, що вони безкоштовні. Але економія коштів є не єдиною перевагою використання OER – вони є невід’ємною частиною відкритої педагогіки та можуть бути використані для створення потужного досвіду навчання для учнів. Дослідження виявили позитивний зв’язок між використанням OER та академічними досягненнями студентів [10].

Приклади системи відкритого доступу до навчальних ресурсів:

– OER Commons – є одним із найбільш часто використовуваних сховищ OER. це загальнодоступна онлайн-бібліотека з тисячами відкритих ресурсів з усього світу [11];

– Open Washington пропонує для вчителів колекцію OER ресурсів з можливістю пошуку. На веб-сайті представлено зображення, підручники, навчальні матеріали, відео та аудіо [12];

– Internet Archive – це сайт OER з мільйонами безкоштовних ресурсів, включаючи книги, музику, фільми та ПЗ [13];

– та інші.

Не зважаючи на велику кількість ОІС, технології які використовуються у навчанні продовжують прогресувати. Наприклад, в останній час, активно просуваються різноманітні ідеї стосовно впровадження технологій штучного інтелекту у навчальний процес. Це призводить до необхідності змін у вже існуючих та створення повністю нових ОІС, що підтверджує актуальність питання контролю якості при їх розробці.

У таблиці 1.1 представлено порівняння наведених вище типів ОІС.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця типів ОІС

Особливість	LMS	SIS	OER
Призначення	Управління процесами навчання	Управління інформацією та даними про студентів	Забезпечення вільного доступу до освітніх ресурсів
Ролі користувачів	Викладачі, Студенти, Адміністратори	Адміністратори, Викладачі, Студенти	– (не застосовується)

Кінець таблиці 1.1

Особливість	LMS	SIS	OER
Функціональність для викладачів	Створення та надання контенту, Моніторинг участі студентів, Оцінювання успішності студентів	Управління реєстрацією та відвідуваністю студентів, Запис оцінок та успішності	– (не застосовується)
Функціональність для студентів	Доступ до матеріалів курсу, Участь у інтерактивних активностях (наприклад, форуми, відеоконференції)	– (не застосовується)	Вільний доступ до інформації
Сценарії використання	Освітні установи, Компанії, Державні установи	Освітні заклади будь-якого розміру	Будь-хто, хто шукає освітні ресурси
Переваги	Покращені методи навчання, Заощадження часу та грошей для організацій	Автоматизація адміністративних та академічних процесів	Безкоштовний доступ до інформації

1.1.3 Вибір типу ОІС який буде розглядатися у даній роботі

Системи управління навчанням є одними з найбільш поширених та активно використовуваних типів ОІС у сучасному освітньому середовищі. Оскільки ІТ-проекти часто спрямовані на вдосконалення освітніх процесів та підвищення їх ефективності, розробка та впровадження систем управління навчанням є однією з пріоритетних областей. Саме тому у даній роботі обрано тип ОІС, який був описаний у розділі 1.1.1 – системи управління навчанням.

1.2 Аналіз методів контролю якості програмного забезпечення на різних етапах життєвого циклу інформаційних систем

Основою будь-якої інформаційної системи є ПЗ, що являє собою певну сукупність програмних продуктів, які використовуються для обробки інформації з метою автоматизації функціональних задач за допомогою інформаційної системи. Загальноживаною практикою є представлення процесу розробки програмного забезпечення (ПЗ) у вигляді життєвого циклу та його поділ на наступні етапи: планування, проєктування, впровадження, тестування, розгортання, обслуговування [14]. На рисунку 1.1 показано схему життєвого циклу розробки програмного забезпечення.



Рисунок 1.1 – Схема життєвого циклу розробки програмного забезпечення

Кожний з цих етапів має передбачати контроль якості, що забезпечується використанням тих чи інших методів. Розглянемо етапи життєвого циклу розробки програмного забезпечення та зіставимо їх з методами контролю якості, які у них використовуються.

1.2.1 Аналіз методів контролю якості на етапі планування

На етапі планування команда розробників збирає вимоги від кількох зацікавлених сторін, таких як клієнти, внутрішні та зовнішні експерти та менеджери, щоб створити документ специфікації вимог до програмного забезпечення [14].

Для контролю якості на етапі планування використовуються такі методи як тестування вимог та перевірка вимог зацікавленими сторонами (Validation Workshops).

1.2.1.1 Аналіз методу тестування вимог

Тестування вимог передбачає їх перевірку на відповідність наступним критеріям:

- атомарність (вимогу можна вважати атомарною, якщо її не можливо розбити на окремі вимоги без втрати завершеності);

- несуперечність, послідовність (вимога не має містити внутрішні протиріччя та протиріччя іншим вимогам);

- недвозначність (вимога має бути описана без використання жаргону та неоднозначних аббревіатур, повинна допускати лише однозначне розуміння);

- здійсненність (вимога має передбачати реалістичність її здійснення у рамках бюджету та термінів розробки програмного забезпечення);

- та інші.

Основна ціль тестування вимог – знайти вимоги, які не відповідають властивостям якісних вимог, повідомити про них, та проконтролювати їх виправлення.

Учасники процесу тестування вимог: спеціаліст з забезпечення якості (тестує вимоги), бізнес-аналітик (збирає та виправляє специфікацію вимог).

Критерії якості методу тестування вимог:

- атомарність вимог, вимога є атомарною, якщо його не можна розбити на окремі вимоги без втрати завершеності та воно описує одну і лише одну ситуацію;

- послідовність вимог, вимога не має містити внутрішніх протиріч та протиріч іншим вимогам та документам;

- недвозначність вимог, вимога має бути описано без використання жаргону, неочевидних аббревіатур та розпливчастих формулювань, повинно допускати лише однозначне об'єктивне розуміння;

– здійсненність вимог, вимога має бути технологічно здійсненою та реалізованою в рамках бюджету та термінів розробки проекту [15].

1.2.1.2 Аналіз методу перевірки вимог зацікавленими сторонами

Перевірка вимог зацікавленими сторонами (Validation Workshops) – метод контролю якості який полягає в організації семінарів або зустрічей із зацікавленими сторонами для перевірки вимог на відповідність їхнім потребам і очікуванням, гарантуючи, що ПЗ відповідатиме призначеній меті [16].

Основна ціль перевірки вимог зацікавленими сторонами – перевірка та підтвердження відповідності вимог програмного продукту очікуванням та потребам зацікавлених сторін.

Учасники процесу – бізнес-аналітик (збирає та виправляє специфікацію вимог), зацікавлені сторони зі сторони замовника (оцінюють та підтверджують, що вимоги відповідають їхнім очікуванням, або вказують на помилки).

Критерії якості методу оцінки вимог зацікавленими сторонами:

- узгодженість (між зацікавленими сторонами) (англ. alignment) – спільне розуміння цілей проекту або рішення, його переваг та ризиків;
- розуміння (вимог зацікавленими сторонами) (англ. clarity) – кожен має чітке та послідовне розуміння вимог;
- схвалення (вимог зацікавленими сторонами) (англ. commitment) – усі задоволені вимогами та підтримують проект чи рішення [16].

1.2.2 Аналіз методів контролю якості на етапі проектування

На етапі проектування інженери-програмісти аналізують вимоги та визначають найкращі рішення для створення програмного забезпечення.

На етапі проектування використовуються такі методи контролю якості, як огляд дизайну (Design Review) та оцінка прототипу (Prototype Evaluation).

1.2.2.1 Аналіз методу огляду дизайну

Огляд дизайну – це процес проведення систематичних переглядів проєктних документів групою колег або експертів для виявлення та виправлення помилок, невідповідностей і потенційних недоліків дизайну [17].

Основна ціль огляду дизайну – виявити та виправити помилки дизайну.

Учасники процесу огляду дизайну – інженери, спеціалісти з забезпечення якості, продукт менеджери, зацікавлені особи зі сторони бізнесу.

Критерії якості методу огляду дизайну:

- відповідність вимогам – «Чи відповідає дизайн вимогам?»;
- здійсненність – «Чи можливо реалізувати дизайн?»;
- наявність потенційних проблем – «Чи є потенційні проблеми з дизайном?»;
- можливість тестування – «Як буде перевірятися дизайн?»;
- можливість підтримки – «Як буде підтримуватися дизайн?» [18].

1.2.2.2 Аналіз методу оцінки прототипу

Оцінка прототипу – створення прототипу системи, щоб дати можливість зацікавленим сторонам спробувати у використанні спрощену версію програмного забезпечення, яке буде розроблятися [19].

Основна ціль оцінки прототипу – виявити проблеми дизайну на ранніх стадіях процесу.

Учасники процесу оцінки прототипу – інженери, зацікавлені сторони зі сторони замовника.

Критерії якості методу оцінки прототипу:

- функціональність – відповідність функціоналу вимогам;
- зручність користування – відповідність вимогам пов'язаним з зручністю користування (зручне розташування кнопок та інформаційних частин тощо);
- сумісність – сумісність прототипу з різними девайсами (iOS, Android, телефон, планшет, персональний комп'ютер тощо);
- безпечність – оцінка прототипу на відповідність вимогам пов'язаним з безпечністю (використання шифрування даних, необхідність вводу паролю необхідної довжини при реєстрації тощо);
- продуктивність – оцінка прототипу на відповідність вимогам пов'язаним з продуктивність (можливість одночасного використання ПЗ великою кількістю користувачів) [20].

1.2.3 Аналіз методів контролю якості на етапі впровадження

На етапі впровадження команда розробників кодує ПЗ. Вони аналізують вимоги, роблять їх декомпозицію на не великі завдання, які можна виконувати щодня для досягнення кінцевого результату.

На етапі впровадження найбільш поширений метод контролю якості – це код ревію (code review).

Ціль код ревію – виявити алгоритмічні та логічні помилки в коді.

Учасники процесу код ревію – автор коду (розробник який виконав певну задачу, створив певну частину програмного забезпечення), рецензенти які перевіряють код написаний автором.

Критерії якості код ревію:

- відповідність коду поставленій задачі – чи реалізовує код функції / функції які були частиною задачі;
- читаємість коду – на скільки легко читати код;
- відповідність стандартам – чи відповідає код внутрішнім стандартам коду;
- зрозумілість – чи зрозумілий код;
- продуктивність – оптимальність коду з точки зору продуктивності;
- безпечність – оптимальність коду з точки зору безпечності;
- охоплення тестами – відсоток коду покритого модульними тестами;
- дублювання коду – чи є дублювання коду [21].

1.2.4 Аналіз методів контролю якості на етапі тестування

На етапі тестування члени команди розробників поєднують автоматизоване та ручне тестування для перевірки програмного забезпечення на наявність помилок.

На цьому етапі, для контролю якості програмного забезпечення, використовується тестування програмного забезпечення.

Тестування програмного забезпечення – є процесом перевірки готової частини програмного забезпечення на відповідність вимогам.

Ціль тестування програмного забезпечення – знайти невідповідності між тим, як працює готова частина програмного забезпечення, та вимогами які до неї ставляться, виправити невідповідності, перевірити виправлення.

Учасники процесу тестування програмного забезпечення – спеціаліст з забезпечення якості (перевіряє ПЗ, повідомляє про помилки, перевіряє виправлення), розробники (виправляють помилки).

Критерії якості методу тестування програмного забезпечення:

- функціональність – відповідність функціоналу вимогам;
- зручність користування – відповідність вимогам пов'язаним з зручністю користування (зручне розташування кнопок та інформаційних частин тощо);
- сумісність – сумісність ПЗ з різними девайсами (iOS, Android, телефон, планшет, персональний комп'ютер тощо);
- безпечність – оцінка ПЗ на відповідність вимогам пов'язаним з безпечністю (використання шифрування даних, необхідність вводу паролю необхідної довжини при реєстрації тощо);
- продуктивність – оцінка ПЗ на відповідність вимогам пов'язаним з продуктивність (можливість одночасного використання ПЗ великою кількістю користувачів).

1.2.5 Аналіз методів контролю якості на етапі розгортання

Коли команди розробляють ПЗ, вони виконують кодування та тестування використовуючи копії програмного забезпечення, які відрізняються від копії, до якої мають доступ кінцеві користувачі. Етап розгортання передбачає виконання кількох завдань щодо переміщення останньої копії програмного забезпечення у виробниче середовище, яке використовується кінцевими користувачами.

На етапі розгортання використовується такі методи контролю якості як регресійне тестування (Regression Testing) та тестування середовища (Environment Validation).

1.2.5.1 Аналіз методу регресійного тестування

Регресійне тестування – це перевірка кожної частини програмного забезпечення.

Ціль регресійного тестування – переконатися що кожна частина програмного забезпечення працює відповідно до вимог.

Учасники процесу регресійного тестування – спеціалісти з забезпечення якості (перевіряються ПЗ), розробники (виправляють помилки).

Критерій якості методу регресійного тестування – відсоток успішно пройдених тестових сценаріїв.

1.2.5.2 Аналіз методу тестування середовища

Тестування середовища – це перевірка того, що виробниче середовище правильно налаштоване.

Основна ціль тестування середовища – виявити та виправити помилки у налаштуванні середовища.

Учасники процесу тестування середовища – DevOps інженери, спеціалісти з забезпечення якості.

Критерії якості методу тестування середовища:

- функціональність – відповідність функціоналу вимогам після настройки середовища чи внесення змін у нього;

- продуктивність – перевірка ПЗ на відповідність вимогам пов'язаним з продуктивність після настройки середовища чи внесення змін у нього;

- безпечність – оцінка ПЗ на відповідність вимогам пов'язаним з безпечністю після настройки середовища чи внесення змін у нього.

1.2.6 Аналіз методів контролю якості на етапі обслуговування

На етапі обслуговування, команда виправляє помилки, вирішує проблеми клієнтів та керує змінами програмного забезпечення. Крім того, команда стежить за загальною продуктивністю системи, безпекою та зручністю роботи користувачів, щоб визначити нові способи покращення програмного забезпечення.

Етап обслуговування може містити створення нових функцій у програмному забезпеченні, виправлення помилок, тестування виправлень, розгортання виправлень або нових функцій. Це означає, що на цьому етапі

необхідно використовувати усі до цього перелічені методи контролю якості: перевірки вимог зацікавленими сторонами, тестування вимог, дизайн рев'ю, оцінка прототипу, код рев'ю, тестування програмного забезпечення, регресійне тестування, тестування середовища

У таблиці 1.2 предсталене порівняння методів контролю якості ПЗ на різних етапах життєвого циклу

Таблиця 1.2 – Порівняння методів контролю якості ПЗ на різних етапах життєвого циклу ОІС

Метод контролю якості	Етап життєвого циклу	Часткові критерії якості	Учасники процесу
Тестування вимог	Планування	Атомарність, послідовність, недвозначність, здійсненність	Спеціаліст з забезпечення якості
			Бізнес-аналітик
Перевірки вимог зацікавленими сторонами	Планування	Узгодженість, розуміння, схвалення	Бізнес-аналітик
			Зацікавлені сторони зі сторони замовника
Огляд дизайну	Проектування	Відповідність вимогам, здійсненність, можл. потенційні проблеми, можл. тестування, можл. підтримки	Інженери
			Спеціалісти з забезпечення якості
			Продукт менеджери
			Зацікавлені особи зі сторони бізнесу
Оцінка прототипу	Проектування	Функціональність, зручність користування, сумісність, безпечність, продуктивність	Інженери
			Зацікавлені сторони зі сторони замовника

Кінець таблиці 1.2

Метод контролю якості	Етап життєвого циклу	Часткові критерії якості	Учасники процесу
Код рев'ю	Впровадження	Відп. коду поставленій задачі, читаємість, Відповідність станд, зрозумілість продуктивність безпечність охоплення тестами дублювання коду	Автор коду
			Рецензенти
Тестування ПЗ	Тестування	Функціональність, зручність користуванн, сумісність, безпечність, продуктивність	Спеціаліст з забезпечення якості
			Розробники
Регресійне тестування	Розгортання	Відсоток успішно пройдених тестів	Спеціалісти з забезпечення якості
			Розробники
Тестування середовища	Розгортання	Функціональність, продуктивність, безпечність	DevOps інженери
			Спеціалісти з забезпечення якості

1.2.7 Проведення аналізу переваг та недоліків застосування існуючих методів контролю якості програмного забезпечення при виконанні ІТ-проєкту розробки ОІС

Аналіз переваг і недоліків існуючих методів контролю якості програмного забезпечення на різних етапах Життєвого циклу розробки програмного забезпечення (SDLC – Software development lifecycle) допоможе визначити ефективність цих методів, їхній внесок у забезпечення якості проєкту, а також дасть інформацію стосовно того, чи є необхідність модифікації певного методу, або створення нового методу.

Розглянемо аналіз методів контролю якості програмного забезпечення з урахуванням їхнього застосування в розробці ОІС.

1.2.7.1 Аналіз переваг та недоліків тестування вимог

Переваги тестування вимог:

- забезпечення відповідності програмного продукту вимогам освітніх стандартів та потребам користувачів;
- підвищення якості освітнього контенту та функціоналу системи.

Недоліки тестування вимог:

- можливість пропуску аспектів освітнього процесу через неповний обсяг тестування.

1.2.7.2 Аналіз переваг та недоліків оцінки прототипу

Переваги оцінки прототипу:

– забезпечення можливості вчителям та учням випробовувати спрощені версії системи, оцінити зручність її використання, повноту функціонала тощо;

– виявлення проблем дизайну, що може поліпшити інтерфейс та користувацький досвід.

Недоліки оцінки прототипу:

– необхідність управління очікуваннями користувачів, оскільки прототип може відрізнитися від кінцевої реалізації.

1.2.7.3 Аналіз переваг та недоліків оцінки код-рев'ю

Переваги код рев'ю:

– забезпечення високої якості програмного коду для зручної підтримки та розвитку ОІС;

– передача знань між розробниками, що сприяє стандартизації коду.

Недоліки код рев'ю:

– можливість пропуску логічних та алгоритмічних помилок через суб'єктивний погляд рецензентів.

1.2.7.4 Аналіз переваг та недоліків тестування програмного забезпечення

Переваги тестування програмного забезпечення:

- забезпечення коректності та стабільності програмного забезпечення;
- виявлення та виправлення помилок, що можуть впливати на процес навчання.

Недоліки тестування програмного забезпечення:

- великі витрати часу на проведення тестів, особливо при частих оновленнях змісту.

1.2.7.5 Аналіз переваг та недоліків тестування середовища

Переваги тестування середовища:

- забезпечення правильного налаштування освітнього середовища для користувачів;
- виявлення та усунення проблем у середовищі, які можуть впливати на навчання.

Недоліки тестування середовища:

- залежність від ефективності DevOps інженерів та спеціалістів з забезпечення якості.

У запланованому дослідженні планується зробити спробу усунення недолік наведених вище методів контролю якості програмного забезпечення.

1.3 Постановка задачі дослідження

Проведений аналіз методів контролю якості дозволяє зробити висновок, що на кожному етапі життєвого циклу розробки програмного забезпечення можуть бути застосовані певні методи контролю якості. Кожний з цих методів включає в собі певний процес який займає час та потребує участі різних членів команди. Прийняття рішення про використання того чи іншого методу контролю якості, необхідно робити з урахуванням специфіки проєкту та його обмежень: часу, ресурсів та фінансів.

Крім того, спосіб використання тих чи інших методів контролю може змінюватися в залежності від типу програмного забезпечення, яке розробляється. Наприклад, у процесі тестування програмного забезпечення для ОІС необхідно робити упор на перевірку реалізації загрузки файлів на сервер, з метою забезпечення можливості швидко завантажувати навчальні матеріали викладачем на ОІС (критерій «продуктивність»). Натомість, зручність користування може бути не настільки важлива. Тобто, використання часу та ресурсів перевірки програмного забезпечення за критерієм продуктивності можна збільшити, а за критерієм зручності користування – зменшити.

Для вирішення описаних вище проблем пропонується:

- сформулювати вимоги до контролю якості ПЗ ОІС;
- сформулювати критерії якості ПЗ ОІС на кожному етапі життєвого циклу розробки ПЗ.

Це дасть змогу адаптувати методи контролю якості ПЗ на кожному з етапів життєвого циклу, таким чином, щоб враховувати специфіку ОІС.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПЗ ПРИ РОЗРОБЦІ ОІС

2.1 Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС

2.1.1 Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі планування

На етапі планування одним з процесів є збір вимог та створення специфікації вимог до ПЗ. Для контролю якості специфікації вимог до ПЗ використовуються наступні методи контролю якості: метод тестування вимог, метод перевірки вимог зацікавленими сторонами.

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу тестування вимог виділимо наступні вимоги:

- використання усіх стандартних критеріїв якості вимог при тестуванні вимог (атомарність вимог, послідовність вимог тощо);

- використання такої техніки тестування вимог як технічний перегляд; технічний перегляд – це процес, під час якого група спеціалістів аналізує вимоги до продукту або системи. Кожен спеціаліст представляє свою область експертизи і оцінює вимоги з точки зору цілісності, якості, виконуваності та інших аспектів [22].

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу перевірки вимог зацікавленими сторонами виділимо наступні вимоги:

- використання усіх стандартних критеріїв якості згідно з методом, таких як: узгодженість, розуміння, схвалення;

- залучення представників викладацького складу освітнього закладу, у якості зацікавленої сторони, до процесу перевірки вимог (для їх перевірки з точки зору навчального процесу);

- залучення представників управління освітнім закладом, у якості зацікавленої сторони, до процесу перевірки вимог вимог (для їх перевірки з точки зору управління освітнім закладом);

- залучення потенційних адміністраторів ПЗ для ОІС зі сторони освітнього закладу до процесу перевірки вимог вимог (для їх перевірки з точки зору адміністрування ОІС).

2.1.2 Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі проєктування

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу огляду дизайну виділимо наступні вимоги:

- використання усіх стандартних критеріїв якості згідно з методом;
- залучення кваліфікованих ІТ-спеціалістів зі сторони освітнього закладу, або незалежних експертів найнятих освітнім закладом до процесу огляду дизайну (для підвищення ефективності шляхом залучення ще одної незалежної сторони).

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу оцінки прототипу виділимо наступні вимоги:

- використання усіх стандартних критеріїв якості згідно з методом;
- підвищена увага до критерію продуктивності у контексті одночасного завантаження великої кількості файлів;
- підвищена увага до критерію безпеки у контексті персональних даних учнів та їх батьків;
- залучення представників викладацького складу освітнього закладу, у якості зацікавленої сторони, до процесу оцінки прототипу (для його перевірки з точки зору навчального процесу);

- залучення представників управління освітнім закладом, у якості зацікавленої сторони, до процесу оцінки прототипу (для його перевірки з точки зору управління освітнім закладом);

- залучення потенційних адміністраторів ПЗ для ОІС зі сторони освітнього закладу до процесу оцінки прототипу (для його перевірки з точки зору адміністрування ОІС).

2.1.3 Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу перегляду коду виділимо наступні вимоги:

- використання усіх стандартних критеріїв якості згідно з методом;
- підвищена увага до критерію продуктивності коду у контексті одночасного завантаження великої кількості файлів;
- підвищена увага до критерію безпеки коду у контексті персональних даних учнів та їх батьків.

2.1.4 Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі тестування

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу тестування програмного забезпечення виділимо наступні вимоги:

- використання усіх стандартних критеріїв якості згідно з методом;

- підвищена увага до критерію продуктивності у контексті одночасного завантаження великої кількості файлів;
- підвищена увага до критерію безпеки у контексті персональних даних учнів та їх батьків.

2.1.5 Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу регресійного виділимо наступні вимоги:

- відсоток успішно виконаних тестів (основний критерій якості методу) повинен бути не менший за 98%, або визначений провідним спеціалістом, з забезпечення якості;
- при виявленні значних або критичних проблем приймається рішення про допрацювання ПЗ шляхом виправлення знайдених проблем;
- при виявленні не значних та тривіальних проблем рішення про розгортання приймається спільно лідером команди (team lead) та менеджером з контролю якості.

Для контролю якості ПЗ для ОІС з використанням методу тестування середовища виділимо наступні вимоги:

- використання методу тільки у разі внесення певних змін до налаштування середовища;
- перевірка ПЗ лише за тими критеріями, які доцільно перевіряти, в залежності від характеру змін, які були зроблені у налаштуванні середовища.

2.1.6 Вимоги до проведення контролю якості ПЗ для ОІС на етапі обслуговування

Виділимо наступні вимоги до контролю якості на етапі обслуговування:

– при необхідності розробки нових функцій використовувати усі методи контролю якості на кожному з етапів розробки нової функції: планування, проєктування, впровадження, тестування, розгортання;

– при необхідності виправлення помилок, які були повідомлені кінцевими користувачами, використовувати метод перевірки вимог зацікавленими сторонами, метод оцінки прототипу тільки у разі великого об'єму запланованих змін; рішення про використання цих методів приймається спільно лідером команди та менеджером з контролю якості.

2.2 Формування критерію якості програмного забезпечення ОІС

Для формування критерію якості програмного забезпечення ОІС пропонується сформувані часткові критерії якості які будуть відноситися до кожного з етапів життєвого циклу. Для цього будуть також сформовані часткові критерії для кожного з методів контролю якості на цих етапах. Зважаючи на те, що кожний метод контролю якості включає в себе оцінювання ПЗ за певним переліком часткових критеріїв, ці часткові критерії будуть позначені певними змінними, які потім будуть використані у формулі яка визначає критерій якості для певного методу, що дасть змогу вивести частковий критерій якості певного етапу, що у свою чергу буде використовуватися при формуванні узагальненого критерію якості ПЗ.

2.2.1 Формування критерію якості ПЗ на етапі планування

Прив'яжемо критерій якості ПЗ на етапі планування до змінної [QualityInPlanning].

Для формування критерію якості ПЗ на етапі планування необхідно сформулювати критерії якості кожного з методів які у ньому використовуються.

На етапі планування використовуються такі методи контролю якості ПЗ:

- тестування вимог, позначимо критерій якості цього методу як [QualityInRequirementsTesting];

- перевірка вимог зацікавленими сторонами, позначимо критерій якості цього методу як [QualityInValidationWorkshop].

Прив'яжемо часткові критерії якості у методі тестування вимог до змінних:

- атомарність, позначимо цей критерій як [PR1];
- несуперечність, послідовність, позначимо цей критерій як [PR2];
- недвозначність, позначимо цей критерій як [PR3];
- здійсненність, позначимо цей критерій як [PR4].

Таким чином, виводимо критерій якості у методі тестування вимог.

$$\text{QualityInRequirementsTesting} = F(\text{PR1}, \text{PR2}, \text{PR3}, \text{PR4}), \quad (2.1)$$

де $\text{QualityInRequirementsTesting}$ – критерій якості у методі тестування вимог;

$\text{PR1}, \text{PR2}, \text{PR3}, \text{PR4}, \text{PR5}$ – часткові критерії якості у методі тестування вимог.

Прив'яжемо часткові критерії якості у методі перевірки вимог зацікавленими сторонами до змінних:

- узгодженість, позначимо цей критерій як [PC1];
- розуміння, позначимо цей критерій як [PC2];
- схвалення, позначимо цей критерій як [PC3].

Таким чином, виводимо критерій якості у методі перевірки вимог зацікавленими сторонами.

$$\text{QualityInValidationWorkshop} = F(\text{PC1}, \text{PC2}, \text{PC3}), \quad (2.2)$$

де $\text{QualityInValidationWorkshop}$ – критерій якості у методі перевірки вимог зацікавленими сторонами;

PC1 , PC2 , PC3 – часткові критерії якості у методі перевірки вимог зацікавленими сторонами.

Таким чином, виводимо критерій якості програмного забезпечення на етапі планування.

$$\text{QualityInPlanning} = F(\text{QualityInRequirementsTesting}, \text{QualityInValidationWorkshop}), \quad (2.3)$$

де QualityInPlanning – критерій якості ПЗ на етапі планування;

$\text{QualityInRequirementsTesting}$, $\text{QualityInValidationWorkshop}$ – критерій якості ПЗ за методами які використовуються на даному етапі.

2.2.2 Формування критерію якості ПЗ на етапі проектування

Прив'яжемо критерій якості ПЗ на етапі проектування до змінної $[\text{QualityInDesign}]$.

Для формування критерію якості ПЗ на етапі проектування необхідно сформувати критерії якості кожного з методів які у ньому використовуються.

На етапі планування використовуються такі методи контролю якості:

– огляд дизайну, позначимо критерій якості цього методу як [QualityInDesignReview];

– оцінка прототипу, позначимо критерій якості цього методу як [QualityInPrototypeEvaluation]

Прив'яжемо часткові критерії якості у методі огляду дизайну до змінних:

– відповідність вимогам, позначимо цей критерій як [DR1];

– здійсненність, позначимо цей критерій як [DR2];

– наявність потенційних проблем, позначимо цей критерій як [DR3];

– можливість тестування, позначимо цей критерій як [DR4];

– можливість підтримки, позначимо цей критерій як [DR5];

Таким чином, виводимо критерій якості у методі огляду дизайну.

$$\text{QualityInDesignReview} = F(\text{DR1}, \text{DR2}, \text{DR3}, \text{DR4}), \quad (2.5)$$

де QualityInDesignReview – критерій якості у методі огляду дизайну;

PR1, PR2, PR3, PR4, PR5 – часткові критерії якості у методі огляду дизайну.

Прив'яжемо часткові критерії якості у методі оцінки прототипу до змінних:

– зручність користування, позначимо цей критерій як [DP1];

– сумісність, позначимо цей критерій як [DP2];

– безпечність, позначимо цей критерій як [DP3];

– продуктивність, позначимо цей критерій як [DP4]

Таким чином виводимо критерій якості у методі оцінки прототипу:

$$\text{QualityInPrototypeEvaluation} = F(\text{DP1}, \text{DP2}, \text{DP3}, \text{DP4}, \text{DP5}), \quad (2.6)$$

де $QualityInPrototypeEvaluation$ – критерій якості у методі огляду дизайну;

$DP1, DP2, DP3, DP4, DP5$ – часткові критерії якості у методі оцінки прототипу.

Таким чином, виводимо критерій якості програмного забезпечення на етапі проектування.

$$QualityInDesign = F(QualityInDesignReview, QualityInPrototypeEvaluation) \quad (2.7)$$

де $QualityInPlanning$ – критерій якості ПЗ на етапі планування;

$QualityInDesignReview, QualityInPrototypeEvaluation$ – критерій якості ПЗ за методами які використовуються на даному етапі.

2.2.3 Формування критерію якості ПЗ на етапі впровадження

Прив'яжемо критерій якості ПЗ на етапі впровадження до змінної $[QualityInImplementation]$.

Для формування критерію якості ПЗ на етапі впровадження необхідно сформуванати критерії якості кожного з методів які у ньому використовуються.

На етапі впровадження використовується такий метод контролю якості, як код рев'ю. Позначимо критерій якості цього методу як $[QualityInCodeReview]$.

Прив'яжемо часткові критерії якості у методі код рев'ю до змінних:

- відповідність коду поставленій задачі – чи реалізовує код функції / функції які були частиною задачі;

- читаємість коду, позначимо цей критерій як $[IC1]$;

- відповідність стандартам, позначимо цей критерій як $[IC2]$;

- зрозумілість, позначимо цей критерій як [IC3];
- продуктивність, позначимо цей критерій як [IC4];
- безпечність, позначимо цей критерій як [IC5];
- охоплення тестами, позначимо цей критерій як [IC6];
- дублювання коду, позначимо цей критерій як [IC7];

Таким чином, виводимо критерій якості у методі код-рев'ю.

$$\text{QualityInCodeReview} = F(\text{IC1}, \text{IC2}, \text{IC3}, \text{IC4}), \quad (2.8)$$

де $\text{QualityInCodeReview}$ – критерій якості у методі код-рев'ю;
 $\text{IC1}, \text{IC2}, \text{IC3}, \text{IC4}$ – часткові критерії якості у методі код-рев'ю.

Таким чином, виводимо критерій якості програмного забезпечення на етапі впровадження.

$$\text{QualityInImplementation} = \text{QualityInCodeReview}, \quad (2.9)$$

де $\text{QualityInImplementation}$ – критерій якості ПЗ на етапі планування;

$\text{QualityInCodeReview}$ – критерій якості ПЗ за методом, який використовується на даному етапі.

2.2.4 Формування критерію якості ПЗ на етапі тестування

Прив'яжемо критерій якості ПЗ на етапі тестування до змінної [$\text{QualityInPhaseTesting}$].

Для формування критерію якості ПЗ на етапі тестування необхідно сформулювати критерії якості кожного з методів які у ньому використовуються.

На етапі тестування використовуються такий метод контролю якості, як тестування програмного забезпечення, позначимо критерій якості цього методу як [QualityInMethodTesting].

Прив'яжемо часткові критерії якості у методі тестування програмного забезпечення до змінних:

- функціональність, позначимо цей критерій як [ТТ1];
- зручність користування, позначимо цей критерій як [ТТ2];
- сумісність, позначимо цей критерій як [ТТ3];
- безпечність, позначимо цей критерій як [ТТ4];
- продуктивність, позначимо цей критерій як [ТТ5];

Таким чином, виводимо критерій якості у методі тестування програмного забезпечення.

$$\text{QualityInMethodTesting} = F(\text{ТТ1}, \text{ТТ2}, \text{ТТ3}, \text{ТТ4}, \text{ТТ5}), \quad (2.10)$$

де $\text{QualityInMethodTesting}$ – критерій якості у методі тестування програмного забезпечення;

$\text{ТТ1}, \text{ТТ2}, \text{ТТ3}, \text{ТТ4}, \text{ТТ5}$ – часткові критерії якості у методі тестування програмного забезпечення.

Таким чином, виводимо критерій якості програмного забезпечення на етапі тестування.

$$\text{QualityInPhaseTesting} = \text{QualityInMethodTesting}, \quad (2.11)$$

де QualityInPlanning – критерій якості ПЗ на етапі тестування;

$\text{QualityInMethodTesting}$ – критерій якості ПЗ за методом який використовується на даному етапі.

2.2.5 Формування критерію якості ПЗ на етапі розгортання

Прив'яжемо критерій якості ПЗ на етапі розгортання до змінної [QualityInDeploy].

Для формування критерію якості ПЗ на етапі розгортання необхідно сформулювати критерії якості кожного з методів які у ньому використовуються.

На етапі розгортання використовуються такі методи контролю якості:

– регресійне тестування, позначимо критерій якості цього методу як [QualityInRegression];

– тестування середовища, позначимо критерій якості цього методу як [QualityInTestingEnvironment].

Прив'яжемо частковий критерій якості у методі регресійного тестування до змінної. Критерій якості методу регресійного тестування – відсоток успішно пройдених тестових сценаріїв, позначимо цей критерій як [LR].

Таким чином, виводимо критерій якості у методі регресійного тестування.

$$\text{QualityInRegression} = \text{LR}/10, \quad (2.12)$$

де $\text{QualityInRegression}$ – критерій якості у методі регресійного тестування;
 LR – частковий критерій якості у методі регресійного тестування.

Прив'яжемо частковий критерій якості у методі тестування середовища до змінної:

- функціональність, позначимо цей критерій як [LE1];
- продуктивність, позначимо цей критерій як [LE2];
- безпечність, позначимо цей критерій як [LE3].

Таким чином, виводимо критерій якості у методі тестування середовища.

$$\text{QualityInTestingEnvironment} = F(\text{LE1}, \text{LE2}, \text{LE3}), \quad (2.13)$$

де $\text{QualityInTestingEnvironment}$ – критерій якості у методі тестування середовища;

$\text{LE1}, \text{LE2}, \text{LE3}$ – часткові критерії якості у методі регресійного тестування.

Таким чином, виводимо критерій якості програмного забезпечення на етапі розгортання.

$$\begin{aligned} \text{QualityInDeploy} = F(\text{QualityInRegression}, \\ \text{QualityInTestingEnvironment}), \end{aligned} \quad (2.14)$$

де QualityInPlanning – критерій якості ПЗ на етапі розгортання;

$\text{QualityInDesignReview}$, $\text{QualityInPrototypeEvaluation}$ – критерії якості ПЗ за методами які використовуються на даному етапі.

2.2.6 Формування узагальненого критерію якості ПЗ

Таким чином, сформуємо узагальнений критерій якості ПЗ з урахуванням критеріїв якості на кожному з етапів життєвого циклу.

$$\begin{aligned} \text{Quality} = F(\text{QualityInPlanning}, \text{QualityInDesign}, \text{QualityInDev}, \text{QualityInTesting}, \\ \text{QualityInDeployment}), \end{aligned} \quad (2.12)$$

де Quality – узагальнений критерії якості ПЗ;

QualityInPlanning , QualityInDesign , QualityInDev , QualityInTesting , $\text{QualityInDeployment}$ – критерії якості ПЗ на кожному етапі життєвого циклу розробки ПЗ.

При формуванні узагальненого критерія можна ввести визначені експертним способом коефіцієнти важливості критеріїв якості на кожному з етапів життєвого циклу, а можливо, і їх складових. Це дасть змогу оцінити якість ПЗ з урахування специфіки ОІС, а також специфіки конкретного продукту.

У таблиці 2.1 представлена узагальнююча інформація стосовно методів контролю якості ПЗ ОІС та їх критерії якості на різних етапах життєвого циклу.

Таблиця 2.1 – Методи контролю якості ПЗ ОІС та їх критерії якості на різних етапах життєвого циклу

Метод	Критерій якості за методом	Часткові критерії якості та їх умовні позначення	Критерій якості за етапом
Етап планування			
Тестування вимог	QualityInRequirementsTesting	атомарність	PR1
		несуперечність, послідовність	PR2
		недвозначність	PR3
		здійсненність	PR4
Перевірка вимог зацікавленими сторонами	QualityInValidationWorkshop	узгодженість	PC1
		розуміння	PC2
		схвалення	PC3
		QualityInPlanning	

Продовження таблиці 2.1

Метод	Критерій якості за методом	Часткові критерії якості та їх умовні позначення	Критерій якості за етапом	
Етап проектування				
Огляд дизайну	QualityInDesignReview	відповідність вимогам	DR1	QualityInDesign
		здійсненність	DR2	
		наявність потенційних проблем	DR3	
		можливість тестування	DR4	
		можливість підтримки	DR5	
Оцінка прототипу	QualityInPrototypeEvaluation	зручність користування	DP1	
		сумісність	DP2	
		безпечність	DP3	
		продуктивність	DP4	
Етап впровадження				
Код рев'ю	QualityInCodeReview	читаємість коду	IC1	QualityInImplementation
		відповідність стандартам	IC2	
		зрозумілість	IC3	
		продуктивність	IC4	
		безпечність	IC5	
		охоплення тестами	IC6	
		дублювання коду	IC7	

Кінець таблиці 2.1

Метод	Критерій якості за методом	Часткові критерії якості та їх умовні позначення		Критерій якості за етапом
Етап тестування				
Тестування ПЗ	QualityInMethodTesting	функціональність	TT1	QualityInPhaseTesting
		зручність користування	TT2	
		сумісність	TT3	
		безпечність	TT4	
		продуктивність	TT5	
Етап розгортання				
Регресійне тестування	QualityInRegression	Відсоток успішно пройдених тестів	LR	QualityInDeploy
Тестування середовища	QualityInTestingEnvironment	функціональність	LE1	
		продуктивність	LE2	
		безпечність	LE3	

2.3 Розробка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС

Проаналізувавши вимоги до проведення контролю якості ПЗ при розробці ОІС було зроблено висновок про важливість використання експертних оцінок при визначенні важливості критеріїв якості на кожному етапі життєвого циклу, для можливості подальшого ефективного контролю якості ПЗ. Враховучи це адаптуємо кожний метод контролю якості ПЗ для їх використання при розробці ОІС.

2.3.1 Адаптація методів контролю якості на етапі планування для їх використання при розробці ПЗ для ОІС

2.3.1.1 Адаптація методу тестування вимог для його використання при розробці ПЗ для ОІС

Основна ціль тестування вимог до ПЗ ОІС – знайти вимоги, які не відповідають властивостям якісних вимог, повідомити про них, та проконтролювати їх виправлення.

Учасники процесу тестування вимог до ПЗ ОІС: два або більше спеціалісти з забезпечення якості (тестують вимоги), модератор технічного перегляду, бізнес-аналітик (збирає та виправляє специфікацію вимог).

Відповідно вимогам до контролю якості на етапі планування, які були сформовані у пункті 2.1.1, при використанні методу тестування вимог у розробці ПЗ ОІС необхідно використовувати техніку технічного перегляду. У зв'язку з цим, було адаптовано перелік учасників процесу тестування вимог, збільшивши кількість спеціалістів з забезпечення якості, а також додавши модератора технічного перегляду.

Визначимо наступні кроки методу тестування вимог враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС.

Крок 1. Підготовка до тестування вимог: модератор підготовлює список вимог для тестування, учасники отримують доступ до вимог.

Крок 2. Тестування вимог: учасники аналізують вимоги за критеріями атомарність [PR1], несуперечність [PR2], недвозначність [PR3] та здійсненність [PR4] та записують свою оцінку, яка може бути – «1» (що означає відповідність вимог критерію), або «0» (що означає не відповідність вимог критерію).

Крок 3. Кожний з учасників дає свою оцінку вимогам розрахувавши значення критерію якості вимог за формулою:

$$\text{QualityInRequirementsTesting}_N = \text{PR1} * \text{PR2} * \text{PR3} * \text{PR4}, \quad (2.13)$$

де N – номер, який відповідає спеціалісту з забезпечення якості який перевіряє вимоги;

$\text{QualityInRequirementsTesting}_N$ – значення критерію якості вимог отриманого спеціалістом N ;

PR1 , PR2 , PR3 , PR4 – часткові критерії якості у методі тестування вимог;

* - логічне множення, яке може трактуватися як "І" (AND) логічна операція.

$\text{QualityInRequirementsTesting}_N$ матиме значення 1 тільки в тому випадку, якщо всі часткові критерії якості (PR1 , PR2 , PR3 , PR4) відповідають вимогам. Якщо хоча б один з них не відповідає, значення функції буде 0, що буде вказувати на низьку якість вимог на думку певного спеціаліста з забезпечення якості.

Крок 4. Модератор розраховує загальне значення критерію якості вимог за формулою:

$$\text{QualityInRequirementsTesting}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = \prod_{i=1}^N \text{QualityInRequirementsTesting}_i, \quad (2.14)$$

де N – кількість спеціалістів з забезпечення якості;

$\text{QualityInRequirementsTesting}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}}$ – загальне значення критерію якості вимог яке отримується на основі оцінок отриманих усіма спеціалістами;

Π – логічне множення значень критеріїв якості вимог отриманих кожним спеціалістом з забезпечення якості.

Крок 5. Якщо $QualityInRequirementsTesting_{ЗАГАЛЬНЕ} = 1$, переходимо до кроку 5; якщо $QualityInRequirementsTesting_{ЗАГАЛЬНЕ} = 0$, переходимо до кроку 4.

Крок 6. виправлення та перевірка вимог: бізнес-аналітик вносить необхідні корекції до вимог, після внесення корекцій, переходимо назад до кроку 2.

Крок 7. підтвердження завершення тестування: після успішного виправлення всіх проблем тестування вважається завершеним.

2.3.1.2 Адаптація методу перевірки вимог зацікавленими сторонами для його використання при розробці ПЗ для ОІС

Основна ціль перевірки вимог зацікавленими сторонами при розробці ПЗ для ОІС – перевірка та підтвердження відповідності вимог програмного продукту очікуванням та потребам зацікавлених сторін.

Учасники процесу перевірки вимог зацікавленими сторонами при розробці ПЗ для ОІС – бізнес-аналітик (збирає та виправляє специфікацію вимог), зацікавлені сторони зі сторони замовника, згідно вимогам контролю якості ПЗ для ОІС на етапі тестування це повинні бути:

- представник викладацького складу освітнього закладу;
- представник управління освітнім закладом;
- потенційний адміністратор ПЗ для ОІС зі сторони освітнього закладу.

Визначимо наступні кроки методу перевірки вимог зацікавленими сторонами враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС.

Крок 1. Підготовка до перевірки вимог зацікавленими сторонами: бізнес-аналітик підготовлює список вимог для перевірки, учасники отримують доступ до вимог.

Крок 2. Перевірки вимог зацікавленими сторонами: зацікавленими сторонами аналізують вимоги за критеріями розуміння [PC2], схвалення [PC3].

Крок 3. Кожний з учасників дає свою оцінку вимогам розрахувавши значення критерію якості вимог за формулою:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_N = \text{PC2} * \text{PC3}, \quad (2.15)$$

де N – номер, який відповідає спеціалісту з забезпечення якості який перевіряє вимоги;

$\text{QualityInValidationWorkshop}_N$ – значення критерію якості вимог отриманого спеціалістом N ;

PC2, PC3 – часткові критерії якості у методі перевірки вимог зацікавленими сторонами;

* - логічне множення, яке може трактуватися як "І" (AND) логічна операція.

$\text{QualityInValidationWorkshop}_N$ матиме значення 1 тільки в тому випадку, якщо всі часткові критерії якості (PC2 та PC3) будуть мати значення «1», тобто позитивне. Якщо хоча б один з них має негативне значення, то значення $\text{QualityInValidationWorkshop}_N$ буде 0, що буде вказувати на низьку якість вимог на думку певної зацікавленої сторони.

Крок 4. Усі учасники обговорюють результати, бізнес-аналітик визначає значення критерію узгодженість [PC1], тобто визначає чи мають зацікавлені сторони спільне розуміння цілей проекту, його переваг та ризиків.

Крок 5. Бізнес аналітик розраховує загальне значення критерію якості за методом перевірки вимог зацікавленими сторонами за формулою:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = \left(\prod_{i=1}^N \text{QualityInValidationWorkshop}_i \right) * \text{PC1} \quad (2.16)$$

де N – кількість зацікавлених сторін;

$\text{QualityInRequirementsTesting}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}}$ – загальне значення критерію якості за методом перевірки вимог зацікавленими сторонами яке отримується на основі оцінок отриманих усіма зацікавленими сторонами;

Π – логічне множення значень критеріїв якості отриманих кожною зацікавленою стороною;

PC1 – значення критерію якості – узгодженість (між зацікавленими сторонами).

Крок 6. Якщо $\text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = 1$, переходимо до кроку 8; якщо $\text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = 0$, переходимо до кроку 7.

Крок 7. виправлення та перевірка вимог: бізнес-аналітик вносить необхідні корекції до вимог, після внесення корекцій, переходимо кроку назад до кроку 2.

Крок 8. Підтвердження завершення перевірки вимог зацікавленими сторонами: після успішного виправлення всіх проблем перевірки вимог зацікавленими сторонами вважається завершеним.

2.3.1.3 Визначення функції для розрахунку критерію якості ПЗ для ОІС на етапі планування

Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі планування визначається за формулою:

$$\text{QualityInPlanning} = \text{QualityInRequirementsTesting} * \text{QualityInValidationWorkshop}, \quad (2.17)$$

де QualityInPlanning – критерій якості ПЗ для ОІС на етапі планування;
 $\text{QualityInRequirementsTesting}$, $\text{QualityInValidationWorkshop}$ – критерії якості ПЗ за методами контролю якості ПЗ які використовуються на даному етапі;

* - логічне множення.

QualityInPlanning матиме значення 1 тільки в тому випадку, якщо критерії якості ($\text{QualityInRequirementsTesting}$ та $\text{QualityInValidationWorkshop}$) будуть мати значення «1», тобто позитивне. Якщо хоча б один з них має негативне значення, то значення QualityInPlanning буде 0, це буде вказувати на низьку якість ПЗ на етапі планування.

2.3.2 Адаптація методів контролю якості на етапі проєктування для їх використання при розробці ПЗ для ОІС

2.3.2.1 Адаптація методу огляду дизайну для його використання при розробці ПЗ для ОІС

Основна ціль огляду дизайну при розробці ПЗ для ОІС – виявити та виправити помилки дизайну.

Учасники процесу огляду дизайну при розробці ПЗ для ОІС – інженер (автор дизайну), інженер (рецензент), спеціаліст з забезпечення якості, незалежний експерт зі сторони освітнього закладу, модератор.

Згідно з вимогами до контролю якості ПЗ для ОІС на етапі проєктування, які були визначені у розділі 2.1.2, список учасників процесу

огляду дизайну був адаптований, шляхом додавання до цього списку незалежного експерту зі сторони освітнього закладу. Також я зв'язку з великою кількістю учасників процесу огляду дизайну, для підвищення ефективності процесу, до списку учасників було додано модератора, який слідкує за тим, щоб процес огляду дизайну проходив згідно з прийнятими правилами.

Визначимо наступні кроки методу огляду дизайну враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС:

Крок 1. Підготовка до огляду дизайну: автор дизайну підготовлює проєктну документацію, учасники отримують доступ до проєктної документації.

Крок 2. Перегляд дизайну: учасники аналізують проєктну документацію за критеріями: відповідність вимогам [DR1], здійсненність [DR2], наявність потенційних проблем [DR3], можливість тестування [DR4], можливість підтримки [DR5] та записують свою оцінку, яка може бути – «1» (що означає відповідність дизайну критерію), або «0» (що означає не відповідність дизайну критерію).

Крок 3. Кожний з учасників дає свою оцінку проєктним документам розрахувавши значення критерію якості дизайну за формулою:

$$\text{QualityInDesignReview}_N = \text{DR1} * \text{DR2} * \text{DR3} * \text{DR4} * \text{DR5}, \quad (2.18)$$

де N – номер, який відповідає учаснику перегляду дизайну;

$\text{QualityInDesignReview}_N$ – значення критерію якості дизайну отриманого спеціалістом N ;

DR1 , DR2 , DR3 , DR4 , DR5 – часткові критерії якості у методі перегляду дизайну;

* - логічне множення, яке може трактуватися як "І" (AND) логічна операція.

$QualityInDesignReview_N$ матиме значення «1» тільки в тому випадку, якщо всі часткові критерії якості (DR1, DR2, DR3, DR4, DR5) мають значення «1», тобто позитивне. Якщо хоча б один з них не відповідає, значення функції буде «0», що буде вказувати на низьку якість дизайну.

Крок 4. Модератор розраховує загальне значення критерію якості дизайну за формулою:

$$QualityInDesignReview_{ЗАГАЛЬНЕ} = \prod_{i=1}^N QualityInDesignReview_i, \quad (2.19)$$

де N – кількість учасників огляду дизайну;

$QualityInDesignReview_{ЗАГАЛЬНЕ}$ – загальне значення критерію якості дизайну яке отримується на основі оцінок отриманих усіма учасниками;

Π – логічне множення значень критеріїв якості дизайну отриманих кожним учасником огляду дизайну.

Крок 5. Якщо $QualityInDesignReview_{ЗАГАЛЬНЕ} = 1$, переходимо до кроку 7; якщо $QualityInRequirementsTesting_{ЗАГАЛЬНЕ} = 0$, переходимо до кроку 6;

Крок 6. Виправлення та перевірка вимог: інженер (автор) вносить необхідні корекції до дизайну, після внесення корекцій, переходимо назад до кроку 2.

Крок 7. Підтвердження завершення перегляду дизайну: після успішного виправлення всіх проблем перегляд дизайну вважається завершеним.

2.3.2.2 Адаптація методу оцінки прототипу для його використання при розробці ПЗ для ОІС

Основна ціль оцінки прототипу при розробці ПЗ для ОІС – виявити проблеми дизайну на ранніх стадіях процесу.

Учасники процесу оцінки прототипу при розробці ПЗ для ОІС – інженери (створюють прототип), представник викладацького складу освітнього закладу (перевіряє прототип), представник управління освітнім закладом (перевіряє прототип), потенційний адміністратор ПЗ для ОІС зі сторони освітнього закладу (перевіряє прототип), модератор, бізнес-аналітик, провідний спеціаліст з забезпечення якості.

Визначимо наступні кроки методу оцінки прототипу враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС.

Крок 1. Розробка прототипу: інженери розробляють прототип.

Крок 2. Провідний спеціаліст з забезпечення якості, на основі вимог представлених у розділі 2.1.2, визначає важливість кожного критерію якості ПЗ за методом код рев'ю; важливість кожного критерію оцінюється у діапазоні від 0 до 1; критерії якості ПЗ за методом оцінки прототипу: зручність користування [DP1], сумісність [DP2], безпечність [DP3], продуктивність [DP4].

Крок 3. Бізнес-аналітик та провідний спеціаліст з забезпечення якості визначають критерій приймання прототипу [QualityInPrototypeEvaluationAC], що являє собою мінімальне значення критерію якості [QualityInPrototypeEvaluation ЗАГАЛЬНЕ], яке необхідно досягнути для переходу на наступний етап життєвого циклу розробки ПЗ.

Крок 4. Підготовка прототипу до оцінки: інженери розгортають прототип на тестовому середовищі, учасники оцінки прототипу, які повинні перевіряти прототип отримують доступ до прототипу.

Крок 5. Оцінка прототипу: учасники процесу оцінюють прототип за критеріями переліченими на кроці 2, діапазон можливих значень по кожному критерію від 0 до 10.

Крок 6. Кожний з учасників дає свою оцінку прототипу розрахувавши значення критерію якості прототипу за формулою:

$$\text{QualityInPrototypeEvaluation}_N = (w1*DP1+w2*DP2+w3*DP3+w4*DP4)/4, \quad (2.20)$$

де N – номер, який відповідає учаснику процесу, який оцінює прототип;

$\text{QualityInPrototypeEvaluation}_N$ – значення критерію якості прототипу, отриманого учасником N ;

$DP1, DP2, DP3, DP4$ – значення часткових критеріїв якості у методі оцінки прототипу;

$w1, w2, w3, w4$ – вага кожного часткового критерію.

Крок 7. Модератор розраховує загальне значення критерію якості за методом оцінки прототипу за формулою:

$$\text{QualityInPrototypeEvaluation}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = (1/N) * \sum_{i=1}^N \text{QualityInPrototypeEvaluation}_i, \quad (2.21)$$

де N – кількість учасників процесу які оцінюють прототип;

$\text{QualityInPrototypeEvaluation}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}}$ – загальне значення критерію якості за методом оцінки прототипу яке отримується шляхом розрахунку середнього арифметичного оцінок отриманих усіма учасниками процесу оцінки прототипу.

Крок 8. підтвердження завершення процесу оцінки прототипу: модератор підготовлює документ з результатами оцінки прототипу.

2.3.2.3 Визначення функції для розрахунку критерію якості ПЗ для ОІС на етапі проектування

Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі проектування визначається за формулою:

$$\text{QualityInDesign} = (\text{QualityInDesignReview} * 10 + \text{QualityInPrototypeEvaluation}) / 2, \quad (2.22)$$

де QualityInDesign – критерій якості ПЗ для ОІС на етапі проектування;
 $\text{QualityInDesignReview}$, $\text{QualityInPrototypeEvaluation}$ – критерії якості ПЗ за методами контролю якості ПЗ які використовуються на даному етапі.

2.3.3 Адаптація методів контролю якості на етапі впровадження для їх використання при розробці ПЗ для ОІС

2.3.3.1 Адаптація методу код-рев'ю для його використання при розробці ПЗ для ОІС

На етапі впровадження використовується такий метод контролю якості ПЗ як код рев'ю.

Ціль код рев'ю при розробці ПЗ для ОІС – виявити алгоритмічні та логічні помилки в коді.

Учасники процесу код рев'ю при розробці ПЗ для ОІС – автор коду (розробник який виконав певну задачу, створив певну частину програмного забезпечення), рецензент який перевіряє код написаний автором, лідер команди розробки.

Визначимо наступні кроки методу код рев'ю (перегляд коду) враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС.

Крок 1. Лідер команди на розробки, на основі вимог представлених у розділі 2.1.3, визначає важливість кожного критерію якості ПЗ за методом код рев'ю; важливість кожного критерію оцінюється у діапазоні від 0 до 1; критерії якості ПЗ за методом код рев'ю: відповідність коду поставленій задачі [IC1], читаємість коду [IC2], відповідність стандартам [IC3], зрозумілість [IC4], продуктивність [IC5], безпечність [IC6], охоплення тестами [IC7], дублювання коду [IC8];

Крок 2. Лідер команди визначає критерій приймання коду [QualityInCodeReviewAC], що являє собою мінімальне значення критерію якості коду [QualityInCodeReview], яке необхідно досягнути перед завершенням процесу код рев'ю.

Крок 3. Автор коду створює пул реквест (англ. pull request) у системі керування версіями.

Крок 4. Рецензент отримує доступ коду, який необхідно переглянути.

Крок 5. Код рев'ю: рецензент аналізує код та додає зауваження у пул реквест до частин коду, у які необхідно внести виправлення.

Крок 6. Рецензент оцінює код за критеріями переліченими у кроці 1, діапазон можливих значень по кожному критерію від 0 до 10.

Крок 7. Рецензент дає свою оцінку коду розрахувавши значення критерію якості за методом код рев'ю за формулою:

$$\text{QualityInCodeReview} = (w_1 * IC_1 + w_2 * IC_2 + w_3 * IC_3 + w_4 * IC_4 + w_5 * IC_5 + w_6 * IC_6 + w_7 * IC_7) / 7, \quad (2.23)$$

де QualityInCodeReview – значення критерію якості за методом код-рев'ю; IC1, IC2, IC3, IC4, IC5, IC6, IC7 – значення часткових критеріїв якості у методі код рев'ю;

w1, w2, w3, w4, w5, w6, w7 – вага кожного часткового критерію.

Крок 8. Якщо $QualityInCodeReview \geq QualityInCodeReviewAC$ (див. крок 2), то необхідно перейти до кроку 10; якщо $QualityInCodeReview < QualityInCodeReviewAC$, то необхідно перейти до кроку 9.

Крок 9. Автор коду вносить необхідні зміни у код відповідно до зауважень рецензента; після цього необхідно перейти назад до кроку 5.

Крок 10. Підтвердження завершення процесу код рев'ю: рецензент затверджує пул реквест за допомогою наявного функціоналу у системі керування версіями і повідомляє про це автору коду.

2.3.3.2 Визначення функції для розрахунку критерію якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження

Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження визначається за формулою:

$$QualityInImplementation = (1/N) * \sum_{i=1}^N QualityInCodeReview_i, \quad (2.24)$$

де $QualityInImplementation$ – критерій якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження;

$QualityInCodeReview_i$ – значення критерію якості певної частини коду ПЗ;

N – кількість частин коду (пул-реквестів).

2.3.4 Адаптація методів контролю якості на етапі тестування для їх використання при розробці ПЗ для ОІС

2.3.4.1 Адаптація методу тестування ПЗ для його використання при розробці ПЗ для ОІС

На етапі тестування використовується такий метод контролю якості ПЗ як тестування програмного забезпечення.

Ціль тестування програмного забезпечення для ОІС – знайти невідповідності між тим, як працює готова частина програмного забезпечення, та вимогами які до неї ставляться, виправити невідповідності, перевірити виправлення.

Учасники процесу тестування програмного забезпечення для ОІС – спеціаліст з забезпечення якості (перевіряє ПЗ, повідомляє про помилки, перевіряє виправлення), розробники (виправляють помилки), провідний спеціаліст з забезпечення якості (визначає важливість критеріїв якості).

Згідно з вимогами до контролю якості ПЗ для ОІС на етапі тестування, необхідно приділяти особливу увагу таким критеріям якості ПЗ, як продуктивність та безпечність. У зв'язку з цим, до списку учасників процесу тестування ПЗ для ОІС, був доданий провідний спеціаліст з забезпечення якості, який буде визначати важливість критеріїв якості.

Визначимо наступні кроки методу тестування ПЗ враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС.

Крок 1. Провідний спеціаліст, на основі вимог представлений у розділі 2.1.4, з забезпечення якості визначає важливість кожного критерію якості ПЗ за методом тестування ПЗ; важливість кожного критерію оцінюється у діапазоні від 0 до 1; критерії якості ПЗ за методом тестування ПЗ: функціональність [ТТ1], зручність користування [ТТ2], сумісність [ТТ3], безпечність [ТТ4], продуктивність [ТТ5].

Крок 2. Лідер команди визначає критерій приймання ПЗ [QualityInMethodTestingAC], що являє собою мінімальне значення критерію якості ПЗ [QualityInMethodTesting], яке необхідно досягнути перед завершенням процесу тестування.

Крок 3. розробник розгортає ПЗ у тестове середовище.

Крок 4. тестування ПЗ: спеціаліст з забезпечення якості перевіряє ПЗ за критеріями представленими на кроці 1 (діапазон можливих значень по кожному критерію від 0 до 10); повідомляє про знайдені проблеми розробнику.

Крок 5. спеціаліст з забезпечення якості дає свою оцінку ПЗ розрахувавши значення критерію якості ПЗ за формулою:

$$\text{QualityInMethodTesting} = (w1 * TT1 + w2 * TT2 + w3 * TT3 + w4 * TT4 + w5 * TT5) / 5, \quad (2.25)$$

де QualityInMethodTesting – значення критерію якості за методом тестування ПЗ;

TT1, TT2, TT3, TT4, TT5 – значення часткових критеріїв якості у методі тестування ПЗ;

w1, w2, w3, w4, w5 – вага кожного часткового критерію.

Крок 6. Якщо $\text{QualityInMethodTesting} \geq \text{QualityInMethodTestingAC}$ (див. крок 2), то необхідно перейти до кроку 10; якщо $\text{QualityInMethodTesting} < \text{QualityInMethodTestingAC}$, то необхідно перейти до кроку 9.

Крок 7. Розробник вносить необхідні зміни у ПЗ відповідно до зауважень спеціаліста з забезпечення якості; після цього необхідно перейти назад до кроку 3.

Крок 8. Підтвердження завершення процесу тестування ПЗ: спеціаліст з забезпечення якості повідомляє, що ПЗ перевірено і готове до розгортання у виробничому середовищі.

2.3.4.2 Визначення функції для розрахунку критерію якості ПЗ для ОІС на етапі тестування

Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі тестування визначається за формулою:

$$\text{QualityInTesting} = (1/N) * \sum_{i=1}^N \text{QualityInMethodTesting}_i, \quad (2.26)$$

де QualityInTesting – критерій якості ПЗ для ОІС на етапі тестування;

$\text{QualityInMethodTesting}_i$ – критерій якості ПЗ за методом контролю якості ПЗ який використовується на даному етапі;

N – кількість розроблених частин ПЗ, які були перевірені за допомогою методу тестування ПЗ.

2.3.5 Адаптація методів контролю якості на етапі розгортання для їх використання при розробці ПЗ для ОІС

2.3.5.1 Адаптація методу регресійного тестування для його використання при розробці ПЗ для ОІС

Ціль регресійного тестування – переконатися що кожна частина програмного забезпечення працює відповідно до вимог.

Учасники процесу регресійного тестування – спеціаліст з забезпечення якості (перевіряє ПЗ), розробник (виправляє помилки), провідний спеціаліст з забезпечення якості та лідер команди (приймають рішення про розгортання, або допрацювання, у випадку знайдення не значних, або тривіальних проблем у ПЗ).

Згідно з вимогами, які представлені у підпункті 1.2.5.1, при виявленні не значних та тривіальних проблем рішення про розгортання приймається спільно лідером команди (team lead) та провідним спеціалістом з контролю якості. У зв'язку з цим були внесені відповідні зміни у список учасників процесу регресійного тестування.

Визначимо наступні кроки методу регресійного тестування ПЗ враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС.

Крок 1. Спровідний спеціаліст з забезпечення якості визначає мінімальний відсоток успішно виконаних тестів [LR_AC], при якому може бути прийняте рішення про розгортання змін у виробниче середовище та завершення процесу регресійного тестування.

Крок 2. Розробник розганяє ПЗ у тестове середовище.

Крок 3. Регресійне тестування ПЗ: спеціаліст з забезпечення якості перевіряє ПЗ за усіма тестовими сценаріями, які позначені як ті, що відносяться до регресійних (вручну, або з використання автоматизованих тестів).

Крок 4. Спеціаліст з забезпечення якості аналізує результати регресійного тестування, та у разі знайдення певних проблем у ПЗ, повідомляє про це команду розробки з уточненням про серйозність проблеми (критична, значна і т.д.).

Крок 5. Спеціаліст з забезпечення якості визначає значення відсотку успішно виконаних тестів [LR].

Крок 6. Якщо $LR \geq LR_AC$ (див. крок 1), то необхідно перейти до кроку 8; якщо $LR < LR_AC$, то необхідно перейти до кроку 7.

Крок 7. Розробник вносить необхідні зміни у ПЗ відповідно до зауважень спеціаліста з забезпечення якості; після цього необхідно перейти назад до кроку 3.

Крок 8. При знайденні не значних або тривіальних проблем лідер з забезпечення якості та лідер команди вирішують: треба їх виправити перед

розгортанням змін у виробниче середовище, чи можна це зробити і після розгортання; якщо знайдені не значні або тривіальні проблеми у ПЗ треба виправити зараз – необхідно перейти до кроку 7, якщо в даний момент ці проблеми можна проігнорувати переходимо до кроку 9.

Крок 9. Спеціаліст з забезпечення якості створює задачі для виправлення не значних та тривіальних проблем, які було вирішено виправити після розгортання змін у виробниче середовище, та повідомляє про це команду.

Крок 10. Спеціаліст з забезпечення якості дає свою оцінку ПЗ розрахувавши значення критерію якості ПЗ за формулою:

$$\text{QualityInRegression} = LR, \quad (2.27)$$

де $\text{QualityInRegression}$ – значення критерію якості за методом регресійного тестування;

LR – значення часткового критерію – відсоток успішно виконаних тестів.

Крок 11. Підтвердження завершення процесу тестування ПЗ: спеціаліст з забезпечення якості повідомляє, що ПЗ перевірено і готове до розгортання у виробничому середовищі.

2.3.5.2 Адаптація методу тестування середовища для його використання при розробці ПЗ для ОІС

Основна ціль тестування середовища – виявити та виправити помилки у налаштуванні середовища.

Учасники процесу тестування середовища – DevOps інженери (вносять виправлення у конфігурацію середовища), спеціаліст з забезпечення якості (перевіряє ПЗ), провідний спеціаліст з забезпечення якості (визначає критерій важливість кожного критерію якості ПЗ), лідер команди (визначає критерій приймання ПЗ для завершення процесу тестування середовища).

Визначимо наступні кроки методу тестування середовища враховуючи вимоги до контролю якості при розробці ПЗ для ОІС:

Крок 1. DevOps інженер визначає необхідність тестування середовища, якщо є необхідність переходимо до кроку 2, якщо немає – завершуємо процес.

Крок 2. DevOps інженер, на основі вимог представлений у розділі 2.1.5, визначає критерії за якими необхідно перевірити ПЗ, в залежності від природи змін які були внесені у конфігурацію середовища; цими критеріями можуть бути: функціональність [LE1], продуктивність [LE2], безпечність [LE3].

Крок 3. Провідний спеціаліст з забезпечення якості визначає важливість кожного критерію якості ПЗ за методом тестування середовища; важливість кожного критерію оцінюється у діапазоні від 0 до 1; критерії якості ПЗ за методом тестування середовища представлені у описі кроку 2.

Крок 4. Лідер команди визначає критерій приймання ПЗ [QualityInTestingEnvironmentAC], що являє собою мінімальне значення критерію якості ПЗ [QualityInTestingEnvironment], яке необхідно досягнути перед завершенням процесу тестування середовища.

Крок 5. Тестування ПЗ: спеціаліст з забезпечення якості перевіряє ПЗ за критеріями представленими на кроці 2 (діапазон можливих значень по кожному критерію від 0 до 10); повідомляє про знайдені проблеми розробнику.

Крок 6. Спеціаліст з забезпечення якості дає свою оцінку ПЗ розрахувавши значення критерію якості ПЗ за формулою (формула може

бути змінена, враховуючи необхідність використання того, чи іншого критерію згідно з рішенням прийнятим на кроці 2):

$$\text{QualityInTestingEnvironment} = (w1 * LE1 + w2 * LE2 + w3 * LE3) / 3, \quad (2.28)$$

де $\text{QualityInTestingEnvironment}$ – значення критерію якості за методом тестування середовища;

$LE1, LE2, LE3$ – значення часткових критеріїв якості у методі тестування середовища;

$w1, w2, w3$ – вага кожного часткового критерію.

Крок 7. Якщо $\text{QualityInTestingEnvironment} \geq \text{QualityInTestingEnvironment AC}$ (див. крок 4), то необхідно перейти до кроку 9; якщо $\text{QualityInTestingEnvironment} < \text{QualityInTestingEnvironment AC}$, то необхідно перейти до кроку 8.

Крок 8. DevOps інженер вносить необхідні зміни у конфігурацію середовища відповідно до зауважень спеціаліста з забезпечення якості; після цього необхідно перейти назад до кроку 5.

Крок 9. Підтвердження завершення процесу тестування ПЗ: спеціаліст з забезпечення якості повідомляє, що ПЗ перевірено і готове до розгортання у виробничому середовищі.

2.3.5.3 Визначення функції для розрахунку критерію якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання

Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання визначається за формулою:

$$\text{QualityInDeploy} = (\text{QualityInRegression} + \text{QualityInTestingEnvironment})/2, \quad (2.29)$$

де QualityInDeploy – критерій якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання;
 $\text{QualityInRegression}$, $\text{QualityInTestingEnvironment}$ – критерії якості ПЗ за методами контролю якості ПЗ які використовуються на даному етапі.

2.3.6 Визначення функції для розрахунку узагальненого критерію якості ПЗ для ОІС на усіх етапах життєвого циклу

Розрахунок узагальненого критерію якості ПЗ для ОІС з урахуванням критеріїв якості ПЗ на кожному з етапів життєвого циклу виконується за допомогою наступних шагів.

Крок 1. Провідний спеціаліст з забезпечення якості визначає ваги критеріїв якості ПЗ на кожному з етапів життєвого циклу у діапазоні від 0 до 1.

Крок 2. Провідний спеціаліст з забезпечення якості розраховує значення узагальненого критерію якості ПЗ для ОІС за формулою:

$$\begin{aligned} \text{Quality} = & (\text{QualityInPlanning} * 10 * w\text{Planing} + \text{QualityInDesign} * 10 * w\text{Design} + \\ & + \text{QualityInImplementation} * w\text{Implem} + \text{QualityInTesting} * w\text{Test} + \\ & + \text{QualityInDeployment} * w\text{Deploy}) / 5, \end{aligned} \quad (2.30)$$

де Quality – узагальнений критерії якості ПЗ, який розраховується як середнє арифметичне показників критеріїв якості ПЗ на кожному етапі життєвого циклу;

QualityInPlanning, QualityInDesign, QualityInImplementation, QualityInTesting, QualityInDeployment – критерії якості ПЗ на кожному етапі життєвого циклу розробки ПЗ;

wPlaning, wDesign, wImplem, wTest, wDeploy – вага критеріїв якості на кожному етапі життєвого циклу розробки ПЗ.

У таблиці 2.2 представлена інформація стосовно адаптації методів контролю якості відповідно до специфіки ОІС

Таблиця 2.2 – Адаптація методів контролю якості ПЗ відповідно до специфіки ОІС

Метод контролю якості	Етап життєвого циклу	Учасники процесу (згідно з адаптацією *)	Адаптація (загальна інформація)
Тестування вимог	Планування	Спеціаліст з забезпечення якості	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом, адаптовані кроки методу, введені нові учасники
		Бізнес-аналітик	
		Модератор технічного перегляду *	
Перевірка вимог зацікавленими сторонами	Планування	Бізнес-аналітик	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом, адаптовані кроки методу
		Зацікавлені сторони зі сторони замовника (перелік згідно з вимогами до розробки ОІС) *	

Продовження таблиці 2.2

Метод контролю якості	Етап життєвого циклу	Учасники процесу (згідно з адаптацією *)	Адаптація (загальна інформація)
Огляд дизайну	Проектування	Інженер (автор дизайну)	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом, адаптовані кроки методу, введені нові учасники
		Інженер (рецензент)	
		Зацікавлені особи зі сторони бізнесу	
		Модератор *	
Оцінка прототипу	Проектування	Інженери	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом, адаптовані кроки методу
		Зацікавлені сторони зі сторони замовника (перелік згідно з вимогами до розробки ОІС) *	
Код ревізії	Впровадження	Автор коду	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом, адаптовані кроки методу, введені нові учасники
		Рецензенти	
		Лідер команди розробки *	

Кінець таблиці 2.1

Метод контролю якості	Етап життєвого циклу	Учасники процесу (згідно з адаптацією *)	Адаптація (загальна інформація)
Тестування ПЗ	Тестування	Спеціаліст з забезпечення якості	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом, адаптовані кроки методу
		Розробники	
		Провідний спеціаліст з забезпечення якості *	
Регресійне тестування	Розгортання	Спеціаліст з забезпечення якості	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом,
		Розробники	
		Провідний спеціаліст з забезпечення якості *	
		Лідер команди *	
Тестування середовища	Розгортання	DevOps інженери	Розрахунок критерію якості за методом, включення його значення у розрахунок критерію якості за етапом,
		Спеціаліст з забезпечення якості	
		Провідний спеціаліст з забезпечення якості *	
		Лідер команди *	

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТОВАНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПЗ ПРИ РОЗРОБЦІ ОІС

Як вже було згадано раніше, загальноживаною практикою є представлення процесу розробки програмного забезпечення у вигляді життєвого циклу та його поділ на наступні етапи: планування, проєктування, впровадження, тестування, розгортання, обслуговування [23]. Кожний з цих етапів має передбачати контроль якості, що забезпечується використанням тих чи інших методів контролю якості, які були адаптовані у розділі 2. Визначимо наступну технологію контролю якості ПЗ на всіх етапах життєвого циклу ПЗ при розробці ОІС за допомогою адаптованих методів:

– етап планування:

1) після визначення специфікації вимог використовуємо метод тестування вимог для того, щоб гарантувати наявність якісних документів специфікації вимог; опис даного методу контролю якості представлений у розділі 2.3.1.1; вихідним значенням використання методу тестування вимог є $QualityInRequirementsTesting_{ЗАГАЛЬНЕ}$;

2) після цього за допомогою методу перевірки вимог зацікавленими сторонами отримуємо оцінку специфікації вимог від зацікавлених сторін у вигляді значення відповідного критерію якості $QualityInValidationWorkshop_{ЗАГАЛЬНЕ}$, опис даного методу контролю якості представлений у розділі 2.3.1.2;

3) якщо при використанні методу перевірки вимог зацікавленими сторонами, були внесені певні зміни у специфікацію вимог, необхідно ще раз виконати перевірку вимог за допомогою методу контролю якості тестування вимог;

4) розраховуємо значення критерію якості на етапі планування $QualityInPlanning$, якщо $QualityInPlanning=1$, то переходимо на наступний

крок, якщо $QualityInPlanning=0$, то повертаємося на крок 1.1 для доопрацювання специфікації вимог та повторного використання методу тестування вимог для їх перевірки;

– етап проєктування:

1) отримавши проєктні документи, проводимо їх перевірку за допомогою методу контролю якості огляд дизайну, отримуємо значення критерію якості за цим методом – $QualityInDesignReview_{ЗАГАЛЬНЕ}$, опис даного методу контролю якості представлений у розділі 2.3.2.1;

2) розроблюємо прототип та виконуємо його перевірку за допомогою методу контролю якості оцінка прототипу, отримуємо значення критерію якості за цим етапом – $QualityInPrototypeEvaluation_{ЗАГАЛЬНЕ}$; опис даного методу контролю якості представлений у розділі 2.3.2.2;

3) якщо $QualityInPrototypeEvaluation_{ЗАГАЛЬНЕ} < QualityInPrototypeEvaluation_{АС}$, то необхідно внести відповідні зміни до специфікації вимог та повернутись на етап 1.1 для їх перевірки; якщо $QualityInPrototypeEvaluation_{ЗАГАЛЬНЕ} > QualityInPrototypeEvaluation_{АС}$, то необхідно перейти на наступний етап;

4) розраховуємо значення критерію якості на етапі проєктування $QualityInDesign$;

– етап впровадження:

1) якість кожної готової частини коду необхідно перевірити за допомогою методу контролю якості код рев'ю відповідно до кроків наведених у розділі 2.3.3.1;

2) розраховуємо значення критерію якості на етапі впровадження – $QualityInImplementation$; процес дороблення ПЗ при низькій якості вже включено у процес контролю якості за допомогою методу код-рев'ю, тому значення критерію якості $QualityInImplementation$ за даним етапом гарантовано буде мати таке значення, що дасть можливість переходу на наступний етап;

– етап тестування:

1) на етапі тестування, кожен готову частину ПЗ необхідно перевірити за допомогою методу тестування ПЗ (опис методу представлений у розділі 2.3.4.1); для кожної частини ПЗ (мається на увазі, наприклад, «сторі» в системі відстеження помилок) необхідно зберегти значення критерію якості за даним методом `QualityInMethodTesting`, для того що на кроці 4.2 використовувати його для розрахунку значення критерію якості ПЗ за етапом тестування

2) розраховуємо значення критерію якості ПЗ на етапі тестування – `QualityInTesting`; процес дороблення ПЗ при низькій якості вже включено у процес контролю якості за допомогою тестування ПЗ, тому значення критерію якості за даним етапом `QualityInTesting` гарантовано буде мати таке значення, що дасть можливість переходу на наступний етап;

– етап розгортання:

1) на етапі розгортання, ПЗ як правило розгортається на тестове середовище, для його повної перевірки, це необхідно робити за допомогою методу контролю якості регресійне тестування відповідно до кроків наведених у розділі 2.3.5.1; вихідним значенням цього методу є значення критерію якості – `QualityInRegression`; допрацювання, або виправлення ПЗ у разі низького значення критерію `QualityInRegression` включено у процес контролю якості за методом регресійного тестування, тому після закінчення цього процесу, `QualityInRegression` гарантовано буде мати таке значення, що дасть можливість переходу на наступний етап;

2) також, на етапі розгортання, може використовуватися метод контролю якості тестування середовища (опис цього методу наведений у розділі 2.3.5.2), але його необхідно використовувати виключно у разі внесення певних змін у налаштування середовища; вихідним значенням цього методу є значення критерію якості – `QualityInTestingEnvironment`; внесення виправлень у настройку середовища у разі низького значення

критерію QualityInTestingEnvironment включено у процес контролю якості за методом тестування середовища, тому після закінчення цього процесу, QualityInTestingEnvironment гарантовано буде мати значення, що дасть можливість переходу на наступний етап;

3) розраховуємо значення критерію якості на етапі розгортання QualityInDeploy, процес дороблення ПЗ при низькій якості за критеріями методів, які використовуються на даному етапі вже включено у процес контролю якості за допомогою цих методів, тому значення критерію якості за даним етапом QualityInDeploy гарантовано буде мати таке значення, що дасть можливість переходу на наступний етап;

4) розгортання ПЗ у виробниче середовище;

– після цього необхідно розрахувати значення узагальненого критерію якості ПЗ для ОІС, за формулою наведеною у пункті 2.3.6.

Узагальнений критерій якості не має прямого впливу на прийняття рішення про розгортання ПЗ у виробниче середовище, тому що це рішення приймається на етапі розгортання, у процесі якого ПЗ повністю перевіряється на відповідність специфікації вимог. Натомість аналіз узагальненого критерію якості може бути використаний для виявлення тенденцій та порівняння якості ПЗ, яке розробляється різними проєктними командами всередині однієї компанії. У разі виявлення тенденції зниження значень узагальненого критерію якості, які отримує певна проєктна команда після закінчення певної кількості проєктів, представники управління компанії можуть звернути увагу на це для більш детального аналізу причин, та пошуку можливих рішень підвищення якості ПЗ.

Блок-схема технології контролю якості ПЗ на всіх етапах життєвого циклу ПЗ для ОІС представлена на рисунку 3.1.

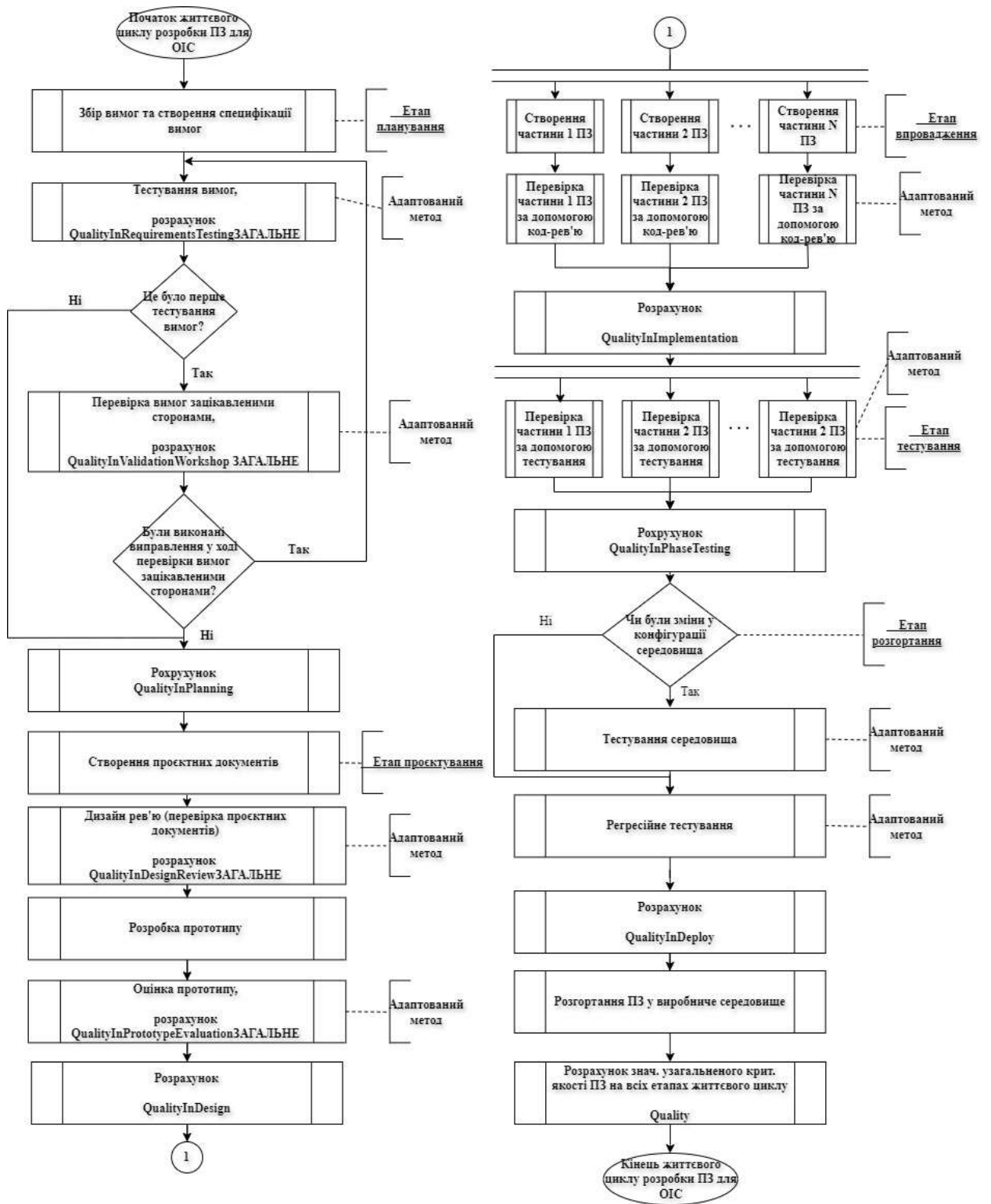


Рисунок 3.1 – Блок-схема технології контролю якості ПЗ на всіх етапах життєвого циклу ПЗ для ОІС

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА АДАПТОВАНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПЗ ПРИ РОЗРОБЦІ ОІС

Для експериментальної перевірки адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС, візьмемо вхідні данні ІТ-проєкту, які представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вхідні данні ІТ-проєкту

Назва проєкт	Розробка системи управління навчанням для загальноосвітнього навчального закладу
Планова дата початку та завершення проєкт (місяць/рік)	19.05.2024 – 19.05.2025
Замовник проєкт	Загальноосвітній навчальний заклад
Галузь/сфера реалізації	Електронна освіта
Величина організації замовника	1000 людей (учні, викладачі та адміністрація)
Тип ПЗ	Освітня інформаційна система
Підтип ПЗ	Система управління навчанням
Оцінка бюджету проєкт (грн)	1000000 грн.
Місце реалізації	м. Харків, Україна
Куратор проєкт	Рожко М. О.
Керівник проєкт	Рожко М. О.
Ключові учасники проєкт	Представники замовника, керівник проєкту, розробники, тестувальники, Dev-ops інженер, бізнес-аналітик

4.1 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі планування

4.1.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ тестування вимог

Одним із процесів етапу планування є збір і аналіз вимог для створення специфікації вимог до ПЗ. Для контролю якості специфікації вимог ПЗ використовується метод контролю якості тестування вимог.

У таблиці 4.2 представлений список фактичних учасників процесу тестування вимог та їх обов'язки.

Таблиця 4.2 – Список учасників процесу тестування вимог

Учасник	Обов'язок
Бізнес-аналітик	Виправляє специфікацію вимог
Модератор технічного перегляду	Підготовка списку вимог до тестування, контроль за процесом тестування вимог, розрахунок загального критерію якості вимог
Спеціаліст з забезпечення якості 1	Перевіряє вимоги, повідомляє про помилки у вимогах
Спеціаліст з забезпечення якості 2	Перевіряє вимоги, повідомляє про помилки у вимогах

Відобразимо фактичний процес тестування вимог.

Крок 1. Модератор підготував документи специфікації вимог до тестування та передав їх спеціалістам з забезпечення якості.

Крок 2. Спеціаліст з забезпечення якості 1 дав наступну оцінку вимогам: $PR1=1, PR2=1, PR3=1, PR4=1$; та розрахував значення критерію якості вимог, що говорить про високу якість вимог за його думкою:

$$\text{QualityInRequirementsTesting}_1 = PR1 * PR2 * PR3 * PR4 = 1 * 1 * 1 * 1 = 1, \quad (4.1)$$

Крок 3. Спеціаліст з забезпечення якості 2 дав наступну оцінку вимогам: $PR1=1, PR2=0, PR3=1, PR4=0$; повідомив про помилки у вимогах, які він знайшов, та розрахував значення критерію якості вимог, що говорить про високу якість вимог за його думкою:

$$\text{QualityInRequirementsTesting}_2 = 1 * 0 * 1 * 0 = 0, \quad (4.2)$$

Крок 4. Модератор розраховував загальне значення критерію якості вимог:

$$\begin{aligned} \text{QualityInRequirementsTesting}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} &= \prod_{i=1}^N \\ \text{QualityInRequirementsTesting}_i &= \text{QualityInRequirementsTesting}_1 * \\ \text{QualityInRequirementsTesting}_2 &= 1 * 0 = 0, \end{aligned} \quad (4.3)$$

Крок 5. У зв'язку з тим, що $\text{QualityInRequirementsTesting}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = 0$, модератор констатував необхідність виправленні вимог відповідно до знайдених помилок.

Крок 6. Бізнес-аналітик виправив вимоги згідно з помилками знайденими спеціалістом з забезпечення якості 2, та відправив документи специфікації вимог на повторну перевірку.

Крок 7. Спеціаліст з забезпечення якості 1 дав наступну оцінку вимогам: $PR1=1, PR2=1, PR3=1, PR4=1$; та розрахував значення критерію якості вимог, що говорить про високу якість вимог за його думкою:

$$\text{QualityInRequirementsTesting}_1 = \text{PR1} * \text{PR2} * \text{PR3} * \text{PR4} = 1 * 1 * 1 * 1 = 1, \quad (4.4)$$

Крок 8. Спеціаліст з забезпечення якості 2 дав наступну оцінку вимогам: $\text{PR1}=1$, $\text{PR2}=1$, $\text{PR3}=1$, $\text{PR4}=1$; повідомив про помилки у вимогах, які він знайшов, та розрахував значення критерію якості вимог, що говорить про високу якість вимог за його думкою:

$$\text{QualityInRequirementsTesting}_2 = 1 * 1 * 1 * 1 = 1, \quad (4.5)$$

Крок 9. Модератор розраховував загальне значення критерію якості вимог:

$$\begin{aligned} \text{QualityInRequirementsTesting}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} &= \prod_{i=1}^N \\ \text{QualityInRequirementsTesting}_i &= \text{QualityInRequirementsTesting}_1 * \\ \text{QualityInRequirementsTesting}_2 &= 1 * 1 = 1, \end{aligned} \quad (4.6)$$

Крок 10. У зв'язку з тим, що після виправлень, $\text{QualityInRequirementsTesting}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = 1$, модератор закінчує процес тестування вимог, тому що досягнута необхідна якість документа специфікації вимог.

4.1.2 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ перевірки вимог зацікавленими сторонами

У таблиці 4.3 представлений список фактичних учасників процесу та їх обов'язки.

Таблиця 4.3 – Список учасників процесу перевірки вимог зацікавленими сторонами

Учасник	Обов'язок
Бізнес-аналітик	Збирає вимоги та виправляє специфікацію вимог
Представник викладацького складу освітнього закладу	Перевіряє вимоги, повідомляє про помилки у вимогах
Представник управління освітнім закладом	Перевіряє вимоги, повідомляє про помилки у вимогах
Потенційний адміністратор ПЗ для ОІС зі сторони освітнього закладу	Перевіряє вимоги, повідомляє про помилки у вимогах

Відобразимо фактичний процес перевірки вимог зацікавленими сторонами:

Крок 1. Бізнес-аналітик підготував документ специфікації вимог, та передав його представникам навчального закладу.

Крок 2. Представник викладацького складу освітнього закладу дав наступну оцінку вимогам: $PC2=1, PC3=1$; та розрахував значення критерію якості, що говорить про високу якість вимог за його думкою:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_1 = PC2 * PC3 = 1 * 1 = 1, \quad (4.7)$$

Крок 3. Представник управління освітнім закладом дав наступну оцінку вимогам: $PC2=1, PC3=0$, повідомив про знайдені помилки, та розрахував значення критерію якості:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_2 = \text{PC2} * \text{PC3} = 1 * 0 = 0, \quad (4.8)$$

Крок 4. Потенційний адміністратор ПЗ для ОІС зі сторони освітнього закладу дав наступну оцінку вимогам: $\text{PC2}=1, \text{PC3}=0$, повідомив про знайдені помилки, та розрахував значення критерію якості:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_3 = \text{PC2} * \text{PC3} = 1 * 0 = 0, \quad (4.9)$$

Крок 5. Усі учасники обговорили усі пункти специфікації вимог, бізнес-аналітик визначив значення критерію узгодженість $\text{PC1}=1$, що означає що те, що усі учасники мають спільне розуміння специфікації вимог.

Крок 6. Бізнес-аналітик розрахував значення загального критерію якості за методом перевірки вимог зацікавленими сторонами:

$$\begin{aligned} \text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} &= \text{QualityInValidationWorkshop}_1 * \\ &\text{QualityInValidationWorkshop}_2 * \text{QualityInValidationWorkshop}_3 * \\ &* \text{PC1} = 1 * 1 * 0 * 0 * 1 = 0, \end{aligned} \quad (4.10)$$

Крок 7. У зв'язку з тим, що $\text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = 0$, бізнес-аналітик відправляє специфікацію вимог на доопрацювання.

Крок 8. Бізнес-аналітик виправив помилки які були знайдені двома представниками замовника та відправив на повторну перевірку.

Крок 9. Представник викладацького складу освітнього закладу дав наступну оцінку вимогам після виправлення: $\text{PC2}=1, \text{PC3}=1$; та розрахував значення критерію якості, що говорить про високу якість вимог за його думкою:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_1 = \text{PC2} * \text{PC3} = 1 * 1 = 1, \quad (4.11)$$

Крок 10. Представник управління освітнім закладом дав наступну оцінку вимогам після виправлення: PC2=1, PC3=1, повідомив про знайдені помилки, та розрахував значення критерію якості:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_2 = \text{PC2} * \text{PC3} = 1 * 1 = 1, \quad (4.12)$$

Крок 11. Потенційний адміністратор ПЗ для ОІС зі сторони освітнього закладу дав наступну оцінку вимогам: PC2=1, PC3=1, повідомив про знайдені помилки, та розрахував значення критерію якості:

$$\text{QualityInValidationWorkshop}_3 = \text{PC2} * \text{PC3} = 1 * 1 = 1, \quad (4.13)$$

Крок 12. Усі учасники ще раз обговорили усі пункти специфікації вимог, бізнес-аналітик визначив значення критерію узгодженість PC1=1, що означає що те, що усі учасники мають спільне розуміння специфікації вимог.

Крок 13. Бізнес-аналітик розрахував значення загального критерію якості за методом перевірки вимог зацікавленими сторонами:

$$\begin{aligned} \text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} &= \text{QualityInValidationWorkshop}_1 * \\ &\text{QualityInValidationWorkshop}_2 * \text{QualityInValidationWorkshop}_3 * \\ &* \text{PC1} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1, \end{aligned} \quad (4.14)$$

Крок 14. У зв'язку з тим, що $\text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = 1$, бізнес-аналітик завершив процес перевірки вимог зацікавленими сторонами.

У зв'язку с тим, що значення критерію якості за методом перевірки вимог $\text{QualityInValidationWorkshop}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}}$ відобразило високу якість специфікації вимог за думкою зацікавлених сторін, але специфікація вимог була дороблена згідно з зауваженнями зацікавлених сторін, згідно з

технологією контролю якості ПЗ ОІС представленою у розділі 3, необхідно виконати ще раз перевірку вимог за допомогою методу тестування вимог.

Повторне тестування вимог пройшло успішно:
 $QualityInRequirementsTesting_{ЗАГАЛЬНЕ} = 1.$

4.1.3 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі планування

Провідний спеціаліст з забезпечення якості виконує розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі планування:

$$QualityInPlanning = QualityInRequirementsTesting * QualityInValidationWorkshop = 1 * 1 = 1, \quad (4.15)$$

Значення критерію якості ПЗ на етапі планування має значення «1», що відображає високу якість результатів роботи команди на етапі планування. Відповідно до технології контролю якості ПЗ ОІС представленою у розділі 3.3, команда може перейти до наступного етапу життєвого циклу.

4.2 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі проєктування

4.2.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ огляду дизайну

У таблиці 4.4 представлений список фактичних учасників процесу та їх обов'язки.

Таблиця 4.4 – Список учасників процесу перевірки вимог зацікавленими сторонами

Учасник	Обов'язок
Інженер (автор дизайну)	Виправляє помилки у проєктній документації
Інженер (рецензент)	Перевіряє проєктну документацію, повідомляє про помилки
Спеціаліст з забезпечення якості	Перевіряє проєктну документацію, повідомляє про помилки
Незалежний експерт зі сторони освітнього закладу	Перевіряє проєктну документацію, повідомляє про помилки
Модератор	контролює процес огляду дизайну, розраховує загальне значення критерію якості дизайну за формулою

Відобразимо фактичний процес огляду дизайну.

Крок 1. Автор дизайну підготував проєктну документацію та передав її на перевірку.

Крок 2. Інженер (рецензент) дав наступну оцінку проєктним документам: DR1=1, DR2=1, DR3=1, DR4=1, DR5=1, та розрахував значення критерію якості, що говорить про високу якість проєктних документів за його думкою:

$$\text{QualityInDesignReview}_1 = \text{DR1} * \text{DR2} * \text{DR3} * \text{DR4} * \text{DR5} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1, \quad (4.16)$$

Крок 3. Спеціаліст з забезпечення якості дав наступну оцінку проєктним документам: DR1=1, DR2=1, DR3=1, DR4=1, DR5=1, та розрахував значення критерію якості, що говорить про високу якість проєктних документів за його думкою:

$$\text{QualityInDesignReview}_2 = \text{DR1} * \text{DR2} * \text{DR3} * \text{DR4} * \text{DR5} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1, \quad (4.17)$$

Крок 4. Незалежний експерт зі сторони освітнього закладу дав наступну оцінку проєктним документам: DR1=1, DR2=1, DR3=1, DR4=1, DR5=1, та розрахував значення критерію якості, що говорить про високу якість проєктних документів за його думкою:

$$\text{QualityInDesignReview}_3 = \text{DR1} * \text{DR2} * \text{DR3} * \text{DR4} * \text{DR5} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1, \quad (4.18)$$

Крок 5. Модератор розрахував загальне значення критерію якості дизайну за формулою:

$$\begin{aligned} \text{QualityInDesignReview}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} &= \prod_{i=1}^N \text{QualityInDesignReview}_i = \\ &= \text{QualityInDesignReview}_1 * \text{QualityInDesignReview}_2 * \\ &= \text{QualityInDesignReview}_3 = 1 * 1 * 1 = 1, \end{aligned} \quad (4.19)$$

Крок 6. QualityInDesignReview ЗАГАЛЬНЕ = 1, що говорить про високу якість проєктних документів, тому згідно опису методу контролю якості представленого у розділі 2.3.2.1, проєктні документи не потребують виправлення, тому модератор приймає рішення про перехід до кроку 7.

Крок 7. Модератор підтверджує завершення процесу огляду дизайну.

4.2.2 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ оцінки прототипу

У таблиці 4.5 представлений список фактичних учасників процесу та їх обов'язки.

Таблиця 4.5 – Список учасників процесу оцінки прототипу

Учасник	Обов'язок
Інженери	Розробляють прототип
Представник викладацького складу освітнього закладу	Перевіряє прототип
Представник управління освітнім закладом	Перевіряє прототип
Бізнес-аналітик	Визначає критерій приймання прототипу
Провідний спеціаліст з забезпечення якості	Визначає критерій приймання прототипу

Відобразимо фактичний процес оцінки прототипу.

Крок 1. Інженери розробили прототип.

Крок 2. Провідний спеціаліст з забезпечення якості, на основі вимог представлених у розділі 2.1.2 визначив важливість кожного критерію якості, таких як зручність користування [DP1], сумісність [DP2], безпечність [DP3], продуктивність [DP4] та визначив значення відповідних змінних: $w_1=0.8$, $w_2=0.5$, $w_3=1$, $w_4=1$;

Крок 3. Бізнес-аналітик та провідний спеціаліст з забезпечення якості визначають критерій приймання прототипу: $QualityInPrototypeEvaluationAC=8$.

Крок 4. Інженери розгорнули прототип на тестовому середовищі, учасники процесу оцінки прототипу, які повинні перевіряти прототип отримали доступ до прототипу.

Крок 5. Представник викладацького складу освітнього закладу дав наступну оцінку прототипу: $DP_1=10$, $DP_2=9$, $DP_3=10$, $DP_4=10$ та розрахував значення критерію якості:

$$QualityInPrototypeEvaluation_1 = (w_1*DP_1+w_2*DP_2+w_3*DP_3+w_4*DP_4)/4=(0.8*8+0.5*9+1*10+1*10)/4= 8.13, \quad (4.20)$$

Крок 6. Представник викладацького складу освітнього закладу дав наступну оцінку прототипу: $DP_1=10$, $DP_2=10$, $DP_3=10$, $DP_4=10$ та розрахував значення критерію якості:

$$QualityInPrototypeEvaluation_2 = (w_1*DP_1+w_2*DP_2+w_3*DP_3+w_4*DP_4)/4 = (0.8*10+0.5*10+1*10+1*10)/4= 8.25, \quad (4.21)$$

Крок 7. Модератор розрахував загальне значення критерію якості за методом оцінки прототипу:

$$\text{QualityInPrototypeEvaluation}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} = (\text{QualityInPrototypeEvaluation}_1 + \text{QualityInPrototypeEvaluation}_2) / 2 = (8.13 + 8.25) / 2 = 8.19, \quad (4.22)$$

Крок 8. Модератор підтверджує завершення процесу оцінки прототипу.

Згідно з технологією контролю якості при розробці ПЗ для ОІС, яка представлена у розділі 3, якщо $\text{QualityInPrototypeEvaluation}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}} > \text{QualityInPrototypeEvaluation}_{\text{АС}}$, то необхідно перейти на наступний етап у життєвому циклі; в даному випадку $8,19 (\text{QualityInPrototypeEvaluation}_{\text{ЗАГАЛЬНЕ}}) > 8 (\text{QualityInPrototypeEvaluation}_{\text{АС}})$, тому команда може перейти до наступного етапу.

4.2.3 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі проектування

Провідний спеціаліст з забезпечення якості виконує розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі проектування:

$$\text{QualityInDesign} = (\text{QualityInDesignReview} * 10 + \text{QualityInPrototypeEvaluation}) / 2 = (1 * 10 + 8.19) / 2 = 9.09, \quad (4.23)$$

4.3 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі впровадження

4.3.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості ПЗ код-рев'ю

У таблиці 4.5 представлений список фактичних учасників процесу та їх обов'язки.

Таблиця 4.5 – Список учасників процесу код-рев'ю

Учасник	Обов'язок
Автор коду	Виправляє зауваження рецензента
Рецензент	Перевіряє код написаний автором
Лідер команди розробки	Визначає важливість критеріїв якості, визначає критерій приймання коду

Відобразимо фактичний процес код-рев'ю.

Крок 1. Лідер команди розробки на основі вимог представлених у розділі 2.1.3 визначив важливість кожного критерію якості, таких як відповідність коду поставленій задачі [IC1], читаємість коду [IC2], відповідність стандартам [IC3], зрозумілість [IC4], продуктивність [IC5], безпечність [IC6], охоплення тестами [IC7], дублювання коду [IC8] та визначив значення відповідних змінних: $w_1=0.8$, $w_2=0.8$, $w_3=0.8$, $w_4=0.8$, $w_5=1$; $w_6=1$; $w_7=1$; $w_8=1$.

Крок 2. Лідер команди визначив критерій приймання коду: $QualityInCodeReviewAC=8$.

Крок 3. Автор коду створив пул реквест (англ. pull request) у системі керування версіями.

Крок 4. Рецензент отримав доступ коду, який необхідно переглянути;

Крок 5. Рецензент проаналізував код та додав зауваження у пул реквест до частин коду, у які необхідно внести виправлення.

Крок 6. Рецензент оцінив код за критеріями переліченими у кроці 1 та розрахував значення критерію якості за методом код-рев'ю:

$$\text{QualityInCodeReview} = (w_1 * IC_1 + w_2 * IC_2 + w_3 * IC_3 + w_4 * IC_4 + w_5 * IC_5 + w_6 * IC_6 + w_7 * IC_7) / 7 = (1 * 9 + 1 * 9 + 1 * 9 + 1 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10) / 7 = 9.57, \quad (4.24)$$

Крок 7. $\text{QualityInCodeReview} \geq \text{QualityInCodeReview}_{AC}$, тому що $9,57 \geq 8$, тому учасники процесу можуть перейти до завершення код-рев'ю.

Крок 8. Рецензент затвердив пул реквест за допомогою наявного функціоналу у системі керування версіями і повідомив про це автору коду.

4.3.2 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження

Припустимо в процесі етапу впровадження, створено та підтверджено 3 пул реквести, кожний з яких мав наступні значення критерію якості за методом код рев'ю: $\text{QualityInCodeReview}_1 = 9,57$, $\text{QualityInCodeReview}_2 = 9$; $\text{QualityInCodeReview}_3 = 10$.

Провідний спеціаліст з забезпечення якості виконав розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі впровадження відповідно до значень критерію якості отриманих вище:

$$\text{QualityInImplementation} = (1/N) * \sum_{i=1}^N \text{QualityInCodeReview}_i = (9.57 + 9 + 10) / 3 = 9.52, \quad (4.25)$$

4.4 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі тестування

4.4.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості тестування ПЗ

У таблиці 4.6 представлений список фактичних учасників процесу та їх обов'язки.

Таблиця 4.6 – Список учасників процесу тестування ПЗ

Учасник	Обов'язок
Спеціаліст з забезпечення якості	Перевіряє ПЗ, повідомляє про помилки, перевіряє виправлення
Розробники	Виправляють помилки
Провідний спеціаліст з забезпечення якості	Визначає важливість критеріїв якості
Лідер команди	Визначає критерій приймання ПЗ

Відобразимо фактичний процес тестування ПЗ.

Крок 1. Провідний спеціаліст з забезпечення якості, на основі вимог представлених у розділі 2.1.4, визначив важливість кожного критерію якості ПЗ за методом тестування ПЗ, таких як функціональність [ТТ1], зручність користування [ТТ2], сумісність [ТТ3], безпечність [ТТ4], продуктивність [ТТ5] та визначив значення відповідних змінних: $w_1=1$, $w_2=0.9$, $w_3=0.9$, $w_4=1$, $w_5=1$.

Крок 2. Лідер команди визначив критерій приймання ПЗ $QualityInMethodTestingAC=9$.

Крок 3. Розробник розгорнув ПЗ у тестове середовище.

Крок 4. Спеціаліст з забезпечення якості перевірів ПЗ за критеріями представленими у кроці 1, повідомив про знайдені помилки у ПЗ, та розрахував критерій якості за методом тестування ПЗ:

$$\begin{aligned} \text{QualityInMethodTesting} &= (w1 * TT1 + w2 * TT2 + w3 * TT3 + w4 * TT4 + w5 * \\ &* TT5) / 5 = (1 * 9 + 0.9 * 10 + 0.9 * 10 + 1 * 5 + 1 * 5) / 5 = 6.6, \end{aligned} \quad (4.26)$$

Крок 5. $\text{QualityInMethodTesting} < \text{QualityInMethodTestingAC}$, тому що $6.6 < 9$, у зв'язку з цим, ПЗ відправлено на доопрацювання.

Крок 6. Розробники внесли виправлення у ПЗ відповідно до зауважень знайдених спеціалістом з забезпечення якості та відправили на доопрацювання.

Крок 7. Спеціаліст з забезпечення якості повторно перевірів ПЗ за критеріями представленими у кроці 1, та розрахував критерій якості за методом тестування ПЗ:

$$\begin{aligned} \text{QualityInMethodTesting} &= (w1 * TT1 + w2 * TT2 + w3 * TT3 + w4 * TT4 + w5 * \\ &* TT5) / 5 = (1 * 9 + 0.9 * 10 + 0.9 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10) / 5 = 9.6, \end{aligned} \quad (4.27)$$

Крок 8. $\text{QualityInMethodTesting} \geq \text{QualityInMethodTestingAC}$, тому що $9.6 \geq 9$, у зв'язку з цим, учасники можуть перейти до завершення тестування ПЗ.

Крок 9. Спеціаліст з забезпечення якості повідомляє, що ПЗ перевірено і готове до переходу на наступний етап.

4.4.2 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі тестування

Припустимо в процесі етапу тестування, було виконано та протестовано 3 задачі, кожна з яких мала наступні значення критерію якості за методом тестування ПЗ: $QualityInMethodTesting_1=9.6$, $QualityInMethodTesting_2=9$; $QualityInMethodTesting_3=9$.

Провідний спеціаліст з забезпечення якості виконує розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі тестування відповідно до значень критерію якості отриманих вище:

$$QualityInTesting = (1/N) * \sum_{i=1}^N QualityInMethodTesting_i = (9.6+9+9)/3 = 9.2, \quad (4.28)$$

4.5 Експериментальна перевірка адаптованих методів контролю якості ПЗ при розробці ОІС на етапі розгортання

4.5.1 Експериментальна перевірка методу контролю якості регресійне тестування

У таблиці 4.7 представлений список фактичних учасників процесу та їх обов'язки.

Таблиця 4.7 – Список учасників процесу регресійного тестування

Учасник	Обов'язок
Спеціаліст з забезпечення якості	Перевіряє ПЗ, повідомляє про помилки, перевіряє виправлення
Розробники	Виправляють помилки

Кінець таблиці 4.7

Учасник	Обов'язок
Провідний спеціаліст з забезпечення якості	Приймає рішення про розгортання, або допрацювання, у випадку знайдення не значних, або тривіальних проблем у ПЗ
Лідер команди	Приймає рішення про розгортання, або допрацювання, у випадку знайдення не значних, або тривіальних проблем у ПЗ

Відобразимо фактичний процес регресійного тестування.

Крок 1. Провідний спеціаліст з забезпечення якості визначив мінімальний відсоток успішно виконаних тестів, при якому може бути прийняте рішення про розгортання змін у виробниче середовище та завершення процесу регресійного тестування: LR_AC = 99.

Крок 2. Розробник розгорнув ПЗ у тестове середовище.

Крок 3. Спеціаліст з забезпечення якості перевіряє ПЗ за усіма тестовими сценаріями, які позначені як ті, що відносяться до регресійних (вручну, або з використання автоматизованих тестів).

Крок 4. Спеціаліст з забезпечення якості проаналізував результати регресійного тестування, 3 тестових сценарії (низький пріоритет) з 1200 були виконані з негативним результатом, він повідомив про це шляхом корпоративному месенджеру розробникам, провідному спеціалісту з забезпечення якості та лідеру команди.

Крок 5. Спеціаліст з забезпечення якості визначив відсоток успішно виконаних тестових сценаріїв:

$$LR = 100 - (3/1200) * 100 = 99.75 \%,$$

Крок 6. $LR \geq LR_{AC}$, $99,75 \geq 99$, тому переходимо до наступного кроку;

Крок 7. Провідний спеціаліст з забезпечення якості та лідер команди проаналізували 3 тест-кейси з негативним результатом, визначили їх як тривіальні проблеми, та прийняли рішення про розгортання ПЗ у виробниче середовище та попросили спеціаліста з забезпечення якості створити окремі задачі у системі відстеження помилок для знайдених проблем, щоб потім можна було виправити їх у наступному спринті.

Крок 8. Спеціаліст з забезпечення якості створив задачі для виправлення не значних та тривіальних проблем.

Крок 9. Спеціаліст з забезпечення якості дав свою оцінку ПЗ розрахувавши значення критерію якості ПЗ:

$$\text{QualityInRegression} = LR = 10, \quad (4.30)$$

Крок 10. Спеціаліст з забезпечення якості підтвердив завершення процесу регресійного тестування та повідомив, що ПЗ перевірено і готове до розгортання у виробничому середовищі.

4.5.2 Експериментальна перевірка методу контролю якості тестування середовища

У таблиці 4.8 представлений список фактичних учасників процесу та їх обов'язки.

Таблиця 4.8 – Список учасників процесу тестування середовища

Учасник	Обов'язок
DevOps інженери	Вносять виправлення у конфігурацію середовища, визначає критерії за якими необхідно перевіряти ПЗ
Спеціаліст з забезпечення якості	Перевіряє ПЗ
Провідний спеціаліст з забезпечення якості	Визначає важливість кожного критерію якості ПЗ
Лідер команди	Визначає критерій приймання ПЗ для завершення процесу тестування середовища

Відобразимо фактичний процес тестування середовища.

Крок 1. DevOps інженер вніс певні зміни у конфігурацію середовища, тому він визначив що необхідно виконати тестування середовища.

Крок 2. DevOps інженер визначив, що необхідно перевірити середовище за критерієм продуктивність [LE2].

Крок 3. Провідний спеціаліст з забезпечення якості визначив важливість критерію якості продуктивність [LE2] – $w_2=1$.

Крок 4. Лідер команди визначає критерій приймання ПЗ $QualityInTestingEnvironmentAC=9$.

Крок 5. Спеціаліст з забезпечення якості перевіряє ПЗ за критерієм продуктивність [LE2] та оцінку якості ПЗ: $LE_2=9$.

Крок 6. Спеціаліст з забезпечення якості дав свою оцінку ПЗ розрахувавши значення критерію якості ПЗ за методом тестування середовища:

$$\text{QualityInTestingEnvironment} = w_2 * LE_2 = 1 * 9 = 9, \quad (4.31)$$

Крок 7. $\text{QualityInTestingEnvironment} \geq \text{QualityInTestingEnvironmentAC}$,
тому що $9 \geq 9$.

Крок 8. Спеціаліст з забезпечення якості повідомив, що ПЗ перевірено і
готове до розгортання у виробничому середовищі.

4.5.3 Розрахунок критерію якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання

Провідний спеціаліст з забезпечення якості виконує розрахунок
критерію якості ПЗ для ОІС на етапі розгортання відповідно до значень
критерію якості отриманих вище:

$$\begin{aligned} \text{QualityInDeploy} = & (\text{QualityInRegression} + \\ & + \text{QualityInTestingEnvironment}) / 2 = (9.97 + 9) / 2 = 9.48, \end{aligned} \quad (4.32)$$

4.6 Розрахунок значення критерію якості ПЗ для ОІС на усіх етапах життєвого циклу

У зв'язку з успішним завершення регресійного тестування та
тестування середовища провідний спеціаліст з забезпечення якості повідомив
про те, що ПЗ готове до розгортання виробниче середовище.

Після цього провідний спеціаліст приступає до розрахунку значення
критерію якості ПЗ для ОІС на усіх етапах життєвого циклу.

Крок 1. Провідний спеціаліст з забезпечення якості визначив ваги критеріїв якості ПЗ на кожному з етапів життєвого циклу у діапазоні від 0 до 1:

- wPlaning = 0.8;
- wDesign = 0.8;
- wImplem = 0.9;
- wTest = 1;
- wDeploy = 1.

Крок 2. Провідний спеціаліст з забезпечення якості розрахував значення узагальненого критерію якості ПЗ для ОІС за формулою:

$$\begin{aligned} \text{Quality} = & (\text{QualityInPlanning} * 10 * w\text{Planing} + \text{QualityInDesign} * 10 * w\text{Design} \\ & + \text{QualityInImplementation} * w\text{Implem} + \text{QualityInTesting} * w\text{Test} + \\ & \text{QualityInDeployment} * w\text{Deploy}) / 5 = (10 * 0.8 + 10 * 0.8 + 0.9 * 9.52 + 1 * 9.2 + 1 * \\ & * 9.48 = 8.65, \end{aligned} \quad (4.33)$$

де Quality – узагальнений критерій якості ПЗ, який розраховується як середнє арифметичне показників критеріїв якості ПЗ на кожному етапі життєвого циклу;

QualityInPlanning, QualityInDesign, QualityInImplementation, QualityInTesting, QualityInDeployment – критерії якості ПЗ на кожному етапі життєвого циклу розробки ПЗ;

wPlaning, wDesign, wImplem, wTest, wDeploy – вага критеріїв якості на кожному етапі життєвого циклу розробки ПЗ.

Використання кількісної оцінки ПЗ у методах контролю якості дало змогу с більшою точністю оцінювати якість ПЗ, та приймати рішення про доопрацювання, або завершення процесу контролю якості за певним методом.

Також введення незалежних експертів у таких методах як огляд дизайну, і уточнення переліку зацікавлених сторін відповідно до специфіки ОІС у процесі перевірки вимог зацікавленими сторонами, дало змогу більш ефективно оцінювати якість ПЗ.

Розрахунок узагальненого критерію дає змогу отримати статистичні данні якості ПЗ, що можуть бути використані для виявлення тенденцій та порівняння якості ПЗ, яке розробляється різними проєктними командами всередині однієї компанії. У разі виявлення тенденції зниження значень узагальненого критерію якості, які отримує певна проєктна команда після закінчення певної кількості проєктів, представники управління компанії можуть звернути увагу на це для більш детального аналізу причин, та пошуку можливих рішень підвищення якості ПЗ.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження в кваліфікаційній роботі був проведений аналіз різних типів ОІС, їх призначення, ролі користувачів, функціональність для використання викладачами та студентами та переваги тих чи інших типів ОІС.

Також було проаналізовано методи контролю якості ПЗ, які використовуються на різних етапах життєвого циклу ПЗ. Визначено їх переваги та недоліки. Визначено необхідність адаптації існуючих методів для використання з урахуванням специфіки ОІС.

Крім цього були визначені вимоги до проведення контролю якості на різних етапах життєвого циклу ПЗ для ОІС, сформовані критерії якості ПЗ для методів контролю якості, критерії якості ПЗ на всіх етапах та узагальнений критерій якості ПЗ. Проаналізовані раніше методи були адаптовані згідно визначених вимог до проведення контролю якості на різних етапах життєвого циклу ПЗ для ОІС, а також була розроблена технологія контролю якості ПЗ з використанням адаптованих методів.

Проведена апробація адаптованих методів за раніше визначеною технологією, що дала змогу показати їх ефективність при контролі якості ПЗ для ОІС.

Адаптовані методи та технологія контролю якості можуть бути використані при розробці, або вдосконаленні будь-яких освітніх ІС.

Кваліфікаційна робота виконана у відповідності з методичними вказівками [24] та відповідно до вимог стандартів [25,26].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Tech Targe. URL: What is a learning management system (LMS)? URL: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/learning-management-system> (дата звернення: 21.04.2024).
2. Skilljar. URL: Learning Management System. URL: <https://www.skilljar.com/learning-management-system/> (дата звернення: 05.04.2024).
3. Blackboard. URL: Blackboard Learn. URL: <https://www.blackboard.com/en-me/teaching-learning/learning-management/blackboard-learn> (дата звернення: 05.04.2024).
4. Litmos. URL: Learning Managemen System. URL: <https://www.litmos.com/learning-management-system> (дата звернення: 05.04.2024).
5. Dream Class. URL: What is a Student Information System (SIS). URL: <https://www.dreamclass.io/what-is-a-student-information-system-sis/> (дата звернення: 23.04.2024).
6. Quickschools. URL: <https://www.quickschools.com/> (дата звернення: 05.04.2024).
7. Powerschool. URL: <https://www.powerschool.com/> (дата звернення: 05.04.2024).
8. Wisenet. URL: <https://www.wisenet.co/> (дата звернення: 05.04.2024).
9. Unesco: Open Educational Resources. URL: <https://www.unesco.org/en/open-educational-resources> (дата звернення: 02.04.2024).
10. Cal Poly Pomona: Open Educational Resources (OER). URL: <https://libguides.library.cpp.edu/oer> (дата звернення: 24.04.2024).
11. Oercommons. URL: <https://oercommons.org/> (дата звернення: 05.04.2024).
12. Openwa. URL: <https://www.openwa.org/> (дата звернення: 05.04.2024).
13. Archive. URL: <https://archive.org/> (дата звернення: 05.04.2024).
14. AWS Amazon What is? What is SDLC? URL: https://aws.amazon.com/what-is/sdlc/?nc1=h_ls (дата звернення: 14.04.2024).
15. Software Testing. Base Course. URL: https://svyatoslav.biz/software_testing_book_download_en/ (дата звернення: 20.04.2024).
16. Linkedin: What are the key deliverables and outcomes of a successful validation workshop? URL: <https://www.linkedin.com/advice/1/what-key-deliverables-outcomes-successful-validation> (дата звернення: 20.04.2024).

17. Chisel glossary: What Is a Design Review? Definition and Process. URL: <https://chisellabs.com/glossary/what-is-a-design-review/> (дата звернення: 15.04.2024).
18. <https://chisellabs.com/glossary/what-is-a-design-review/> (дата звернення: 20.04.2024).
19. Geeks Gor Geeks. Prototyping Model – Software Engineering. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering-prototyping-model/> (дата звернення: 15.04.2024).
20. QA Test Lab. URL: <https://training.qatestlab.com/blog/technical-articles/review-the-types-of-testing/> (дата звернення: 15.04.2024).
21. Codemotion. URL: <https://www.codemotion.com/magazine/backend/code-review-checklist-for-developers/> (дата звернення: 20.04.2024).
22. Software Testing. Base Course. URL: https://svyatoslav.biz/software_testing_book_download_en/ (дата звернення: 20.04.2024).
23. 28-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. Т. 6., – Харків: ХНУРЕ. 2024. – 958 с.» – с. 252
24. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-науковою програмою «Управління проектами в галузі інформаційних технологій» / Упоряд.: Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – 24 с
25. 3008:2015 "Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення" – Київ : Держстандарт України, 2017. – 31 с.
26. ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» — Київ : Держстандарт України, 2017. – 20 с.