

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 перший (бакалаврський)

Розробка модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів»
інформаційної системи приватної контролюючої фірми

(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,
групи ІТУ-21-3

Володимир НАКОНЕЧНИЙ

(власне ім'я, прізвище)

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

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

Освітня програма Інформаційні технології
управління

(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. каф. ІУС Іван ЮР'ЄВ

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ІУС



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук

Кафедра Інформаційних управляючих систем


Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

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

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

Освітня програма Інформаційні технології управління
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри 
(підпис)

“ 19 ” травня 20 25 р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Наконечному Володимиру Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів»
інформаційної системи приватної контролюючої фірми

затверджена наказом по університету від “ 19 ” травня 2025 р. № 370 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії “ 13 ” червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи технічна документація контролюючої фірми щодо наявних
інформаційних систем, документація по ІС приватної контролюючої фірми, бланки
документів запитів на інспекцію, звіти про хід будівництва, нормативні документи з
питань контролю якості дорожньо-будівельних робіт, стандарти FIDIC та інших
сертифікаційних організацій.


4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі аналіз процесів обліку документів
виконання дорожньо-будівельних робіт, розробка механізмів електронного обліку
результатів перевірок об'єктів будівництва, проєктування системи електронного підпису
для оперативного затвердження або відхилення виконаних робіт, розробка процедури
обліку та обробки запитів на перевірку від підрядної компанії з автоматизованим
статусом кожного запиту, розробка механізму обліку рекомендацій щодо усунення
виявлених невідповідностей та контролю їх виконання з системою сповіщень.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Змістовний опис та аналіз структурних і функціональних особливостей модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми	19.05.25 – 22.05.25	Виконано
2	Огляд і аналіз сучасного стану задачі «Обліку результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми	22.05.25 – 24.05.25	Виконано
3	Формулювання завдання розробки	24.05.25 – 25.05.25	Виконано
4	Опис архітектури модуля на рівні функцій	25.05.25 – 27.05.25	Виконано
5	Розробка й обґрунтування елементів інформаційної забезпечуючої системи	27.05.25 – 28.05.25	Виконано
6	Розробка й обґрунтування елементів математичної забезпечуючої системи	29.05.25 – 31.05.25	Виконано
7	Розробка й обґрунтування елементів програмної забезпечуючої системи	31.05.25 – 02.06.25	Виконано
8	Розробка й обґрунтування елементів технічної забезпечуючої системи	02.06.25 – 05.06.25	Виконано
9	Розробка User Experience (UX) та User Interface (UI) рішень модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів»	05.05.25 – 08.06.25	Виконано
10	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	08.06.25 – 11.06.25	Виконано
11	Перевірка на плагіат	12.06.25	Виконано
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи	12.06.25	Виконано
13	Захист кваліфікаційної роботи в екзаменаційній комісії	13.06.25	Виконано

Дата видачі завдання 19 травня 2025 р.

Здобувач 
(підпис)

Керівник роботи 
(підпис)

доц. каф. ІУС Іван ЮР'ЄВ
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 187 с., 131 рис., 24 табл., 2 дод. 9 джерел.

КОНТРОЛЮЮЧА ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБЛІК РЕЗУЛЬТАТІВ БУДІВНИЦТВА, ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ ПРОЄКТИ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ ДОКУМЕНТООБІГУ

Мета роботи – розробка модуля обліку результатів виконання дорожньо-будівельних проєктів для інформаційної системи приватної контролюючої фірми.

Об'єкт дослідження – процеси моніторингу, перевірки та обліку результатів виконання дорожньо-будівельних робіт контролюючими організаціями.

У роботі проведено аналіз предметної області контролю дорожньо-будівельних проєктів, визначено основні процеси документообігу та недоліки існуючих підходів до обліку результатів перевірок.

У результаті дипломної роботи було спроектовано модуль електронного обліку результатів перевірок, який забезпечує автоматизацію процесів документообігу, можливість накладання електронних підписів та постійний доступ до актуальної інформації для всіх зацікавлених сторін проєкту.

Практична цінність роботи полягає в підвищенні ефективності контролю дорожньо-будівельних проєктів шляхом оптимізації робочого часу працівників інженерних спеціальностей, зменшення часу понаднормової праці та забезпечення своєчасного прийняття рішень на основі актуальних даних про стан виконання робіт.

Кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням методичних вказівок до організації та захисту кваліфікаційної роботи [1] та Державних стандартів України (ДСТУ) 3008:2015 [2].

ABSTRACT

The thesis contains: 187 pages, 131 figures, 24 tables, 2 appendices, 9 sources.

CONTROLLING COMPANY, CONSTRUCTION RESULTS
ACCOUNTING, ROAD CONSTRUCTION PROJECTS, INFORMATION
SYSTEM, DOCUMENT FLOW AUTOMATION

The purpose of the work is to develop a module for accounting the results of road construction projects for the information system of a private controlling company.

The object of research is the processes of monitoring, verification, and accounting of the results of road construction works by controlling organizations.

The thesis analyzes the domain of road construction project control, identifies the main document flow processes, and the drawbacks of existing approaches to recording inspection results.

As a result of the thesis, an electronic module for recording inspection results was designed, which provides automation of document flow processes, the ability to apply electronic signatures, and constant access to up-to-date information for all project stakeholders.

The practical value of the work lies in increasing the efficiency of road construction project control by optimizing engineers' working time, reducing rework, and ensuring timely decision-making based on current data about the state of work completion.

The qualification work was performed in accordance with the methodological guidelines for the organization and defense of qualification work [1] and DSTU 3008:2015 [2].

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки	8
Вступ.....	10
1 Змістовний опис та аналіз структурних і функціональних особливостей модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми	11
1.1 Опис предметної області	11
1.2 Схема організаційної структури приватної контролюючої організації.....	12
1.3 Основні забезпечуючі системи	13
1.4 Вимоги до функціональної структури	15
2 Огляд і аналіз сучасного стану задачі «Обліку результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми.....	19
2.1 Огляд і аналіз проведення контролю виконаних робіт.....	19
2.2 Теперішній стан автоматизації	20
2.3 Сучасні засоби ведення управління підприємством	22
3 Формулювання завдання розробки	32
3.1 Опис вимог до об'єкта розробки.....	32
3.2 Обґрунтування мети і критеріїв ефективності об'єкта розробки	38
4 Опис архітектури модуля на рівні функцій.....	39
5 Розробка й обґрунтування елементів інформаційної забезпечуючої системи	42
6 Розробка й обґрунтування елементів математичної забезпечуючої системи	59
6.1 Інтерфейс на основі блок-схем.....	59
6.2 Вимоги до системи електронного підписання документів.....	69
6.3 Обґрунтування вибору алгоритму ECDSA	70

6.4 Інтеграція з системою сертифікатів «Дія»	75
7 Розробка й обґрунтування елементів програмної забезпечуючої системи	77
8 Розробка й обґрунтування елементів технічної забезпечуючої системи .	78
9 Розробка User Experience (UX) та User Interface (UI) рішень модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми.....	79
10 Синтез і обґрунтування засобів захисту інформації від несанкціонованого доступу	114
Висновки	116
Перелік джерел посилання	117
Додаток А Альбом документів	119
Додаток Б Графічний матеріал кваліфікаційної роботи	121

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АІКУ – асоціація інженерів консультантів України

БД – база даних

ВНТУ – Вінницький національний технічний університет

ДСТУ – Державні стандарти України

ЄБРР – європейський банк реконструкції та розвитку

ІС – інформаційна система

КНУБА – Київський національний університет будівництва і архітектури

НТУ – Національний транспортний університет

СУБД – система управління базами даних

ХНАДУ – Харківський національний автомобільно-дорожній університет

AES – Advanced Encryption Standard

API – Application Programming Interface

BAS – Business Automation Software

CAdES – CMS Advanced Electronic Signatures

CSP – Content Security Policy

CSRF – Cross-Site Request Forgery

DFD – Data Flow Diagram

DDD – Domain-Driven Design

ECDSA – Elliptic Curve Digital Signature Algorithm

ERD – Entity-Relationship Diagram

FIDIC – International Federation of Consulting Engineers

FIPS – Federal Information Processing Standards

FTP – File Transfer Protocol

GCM – Galois/Counter Mode

HTTPS – HyperText Transfer Protocol Secure

IDEF0 – Icam DEFinition for Function Modeling

JWT – JSON Web Token

LHS – Left Hand Side

OAuth – Open Authorization

OCSP – Online Certificate Status Protocol

PDF – Portable Document Format

RS256 – RSA with SHA-256

PWA – Progressive Web App

RHS – Right Hand Side

RSA – Rivest, Shamir, Adleman

SMS – Short Message Service

TLS – Transport Layer Security

UI – User Interface

UML – Unified Modeling Language

UX – User Experience

ВСТУП

Розробка модуля обліку результатів виконання дорожньо-будівельних проєктів для інформаційної системи приватної контролюючої фірми є актуальним завданням у сфері оптимізації контролю будівництва.

Робота ставить на меті розробити інструмент, який допоможе інженерам-інспекторам оперативно документувати результати перевірок, надавати доступ до цієї інформації зацікавленим сторонам та приймати обґрунтовані рішення щодо подальшої реалізації проєкту.

У результаті було розглянуто питання:

- облік документів виконання дорожньо-будівельних робіт, включаючи оцінку їх якості, відповідності проєктній документації та будівельним нормам;

- розробка механізмів електронного обліку результатів перевірок, які базуються на структурованому зборі даних про стан об'єктів будівництва та виконані роботи;

- інтеграція модуля з інформаційною системою контролюючої фірми для автоматизації формування звітів та забезпечення постійного доступу до актуальної інформації;

- створення системи електронного підпису документів, що дозволяє оперативно затверджувати або відхиляти виконані роботи та надавати рекомендації щодо усунення виявлених невідповідностей.

Реалізація модуля дозволить контролюючій організації не лише підвищити ефективність роботи інженерів шляхом оптимізації їх робочого часу, але й забезпечити прозорість процесів контролю для всіх учасників проєкту, що сприятиме своєчасному виявленню проблем та прийняттю обґрунтованих рішень щодо їх вирішення.

1 ЗМІСТОВНИЙ ОПИС ТА АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОДУЛЯ «ОБЛІК РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ» ІС ПРИВАТНОЇ КОНТРОЛЮЮЧОЇ ФІРМИ

1.1 Опис предметної області

Контролююча організація – організація, сертифікована FIDIC [3] або іншими сертифікаційними компаніями, яка контролює виконувани підрядною організацією роботи на кожному етапі виконання будівництва і формує звітність перед замовником і кредитором [4].

Після кожного виконаного етапу будівельних робіт, виконавець, робить запит до контролюючої фірми на проведення приймального контролю виконаних робіт [4].

Підрядна компанія, не має права приступати до виконання наступних робіт по проєкту без дозволу контролюючої фірми, оскільки це буде вважатись порушенням умов договору. Лише після виконання перевірки виконаних робіт і усунення виявлених недоліків дозволяється виконувати подальші роботи. Кожного дня, після проведених робіт, контролююча організація надсилає звіти із результатами перевірки про хід будівельних робіт замовнику і кредитній організації [4].

У разі якщо виникають спори між підрядною і контролюючою організаціями, може залучатись 3-тя сторона, яка вирішуватиме спори обох. До прикладу, в Україні, це може бути науковий працівник, найчастіше, із провідних, спеціалізованих на дорожньому будівництві закладів вищої освіти, таких як Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА), Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), Національний транспортний університет (НТУ) і т.п.

При оголошенні тендеру, замовник будівництва, завжди закладає кошти на різні непередбачувані та економічні обставини. До прикладу, в Україні, для виконання будь-якого проєкту в сфері цивільного будівництва закладають кошти, які, ставлять на меті компенсувати витрати підрядній компанії із урахуванням інфляції в розмірі від 50% першопочаткової суми і вони можуть бути отримані підрядною компанією у разі, якщо та подасть подібний запит до замовника будівництва [5].

Також в умовах тендеру закладаються резервні кошти на будівництво. Якщо, підрядна компанія достатньо чітко аргументує необхідність їх використання через непередбачувані обставини, контролююча організація має підтвердити і дати рекомендацію щодо прийняття таких дій замовнику будівництва [5].

1.2 Схема організаційної структури приватної контролюючої фірми

На рисунку 1.1 наведено структурну організацію контролюючої фірми.



Рисунок 1.1 – Схема організаційної структури контролюючої фірми

Здебільшого компанія має таку структуру, в даному випадку інженер-резидент є фактично і проєктним менеджером, проте є можливість того, що при заходженні на ринок однієї із країн іноземна компанія може звернутись за послугами проєктного менеджменту до іншої компетентної людини.

Найчастіше, це спеціалісти які можуть бути проєктними менеджерами, декількох подібних компаній одночасно. Фактично вони майже не мають ніякої ролі в проєкті, окрім того, що вирішують завдання не пов'язані на пряму із діяльністю по виконанню контролю над будівництвом. Головним чином вони займаються документами і всім що необхідно для функціонування локального представництва, надаючи необхідну для роботи інфраструктуру.

1.3 Основні забезпечуючі системи

Контролююча організація використовує уже розроблену IC Engineer Inspect, розроблену у 2021 році. Система побудована на базі клієнт-серверної three-tier архітектури.

Серверна частина функціонує на базі PostgreSQL 13.5 в якості основної системи управління базами даних. База даних розгорнута на виділеному сервері з операційною системою Linux Alpine 3.18 LTS, із процесором Intel Xeon E5-2690 v4, 64 GB оперативної пам'яті та SSD-сховищем обсягом 4 TB. Локація серверу – дата-центр у Києві з резервним сайтом у Львові, між якими налаштована реплікація даних.

Бізнес-логіка системи реалізована на node js з використанням фреймворку Nest.js. Для взаємодії з базою даних використовується drizzle як ORM-система. Application Programming Interface (API) системи розроблено за REST-архітектурою з авторизацією через JSON Web Token (JWT) на архітектурі OAuth2.0.

Клієнтська частина представлена додатком, розробленим на React.js, який встановлюється на робочі станції інженерів та керівного персоналу.

Десктопний варіант додатку розроблений за допомогою Electron.js. Додаток не має повноцінної функціональності в офлайн-режимі і потребує постійного підключення до серверу для нормальної роботи.

Для зберігання графічних матеріалів (фотографій з об'єктів будівництва, технічних малюнків) використовується окреме файлове сховище на базі File Transfer Protocol (FTP) серверу з посиланнями на файли в базі даних. FTP-сервер працює під керуванням FileZilla Server 1.5.1.

Система резервного копіювання налаштована на щоденне створення повних резервних копій бази даних та щогодинне інкрементальне копіювання з використанням Vacula. Резервні копії зберігаються протягом 90 днів.

Основні недоліки існуючої інформаційної системи:

- відсутність повноцінного мобільного додатку для роботи інженерів безпосередньо на об'єктах будівництва;
- неможливість електронного підписання документів, що вимагає використання паперових носіїв для офіційних підтверджень перевірок;
- складна процедура налаштування доступу для зовнішніх користувачів (підрядників, замовників);
- застаріла система сповіщень, що базується виключно на електронній пошті без можливості використання сучасних месенджерів або push-повідомлень;
- обмежені можливості для одночасної роботи з документами кількох користувачів;
- система не має функціоналу для створення та відстеження виконання рекомендацій щодо усунення виявлених недоліків.

1.4 Вимоги до функціональної структури

Функціональна структура системи електронного документообігу повинна забезпечувати автоматизований облік документів, що включає електронну реєстрацію та облік запитів на інспекцію, каталогізацію документів за проектами та видами робіт.

Функціональна структура системи управління інспекціями повинна забезпечувати автоматизоване планування перевірок з урахуванням оптимального використання ресурсів інженерів різних спеціальностей. Система має передбачити електронне інформування підрядної компанії про результати перевірки та необхідні доопрацювання, а також механізм відстеження виконання рекомендацій щодо усунення виявлених недоліків.

Функціональна структура системи аналізу та звітності повинна забезпечувати автоматичне формування щоденних звітів про хід будівництва на основі даних інспекцій.

На рисунку 1.2 зображено структурну діаграму робіт IDEF0:

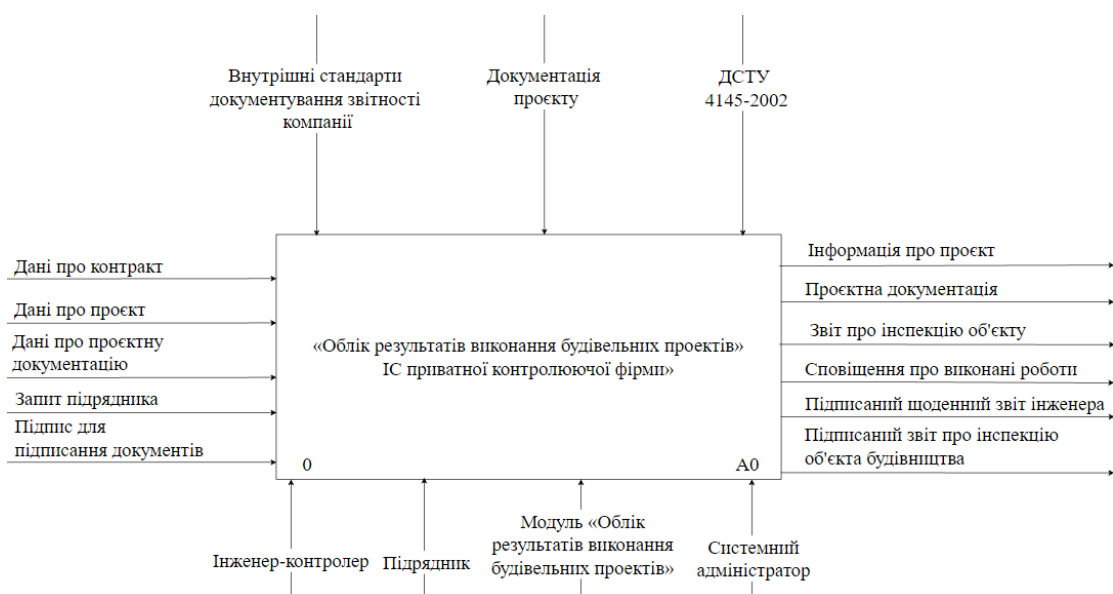


Рисунок 1.2 – IDEF0 задачі «Облік результатів виконання будівельних проектів» ІС приватної контролюючої фірми

IDEF0 діаграма представляє функціональну модель системи управління інспекціями будівельних проєктів. На діаграмі зображено центральний блок «Облік результатів виконання будівельних проєктів», який реалізує основні процеси контролю.

Вхідними даними є дані про контракт, дані про проєкт, дані про документацію, дані про інспекції та дані про інфраструктуру. Керуючими даними виступають стандарти ДСТУ 4145-2002 [7]. Вихідними даними є звіти про інспекції об'єкту, звіти про пікетні прив'язки об'єкту, звіти про виконані роботи.

Контролююча організація забезпечує нагляд за виконанням робіт, а ІС автоматизує облік результатів. Інженер-інспектор виконує перевірки відповідно до специфіки проєктів.

На рисунку 1.3 зображено декомпозицію першого рівня структурної діаграми робіт IDEF0.

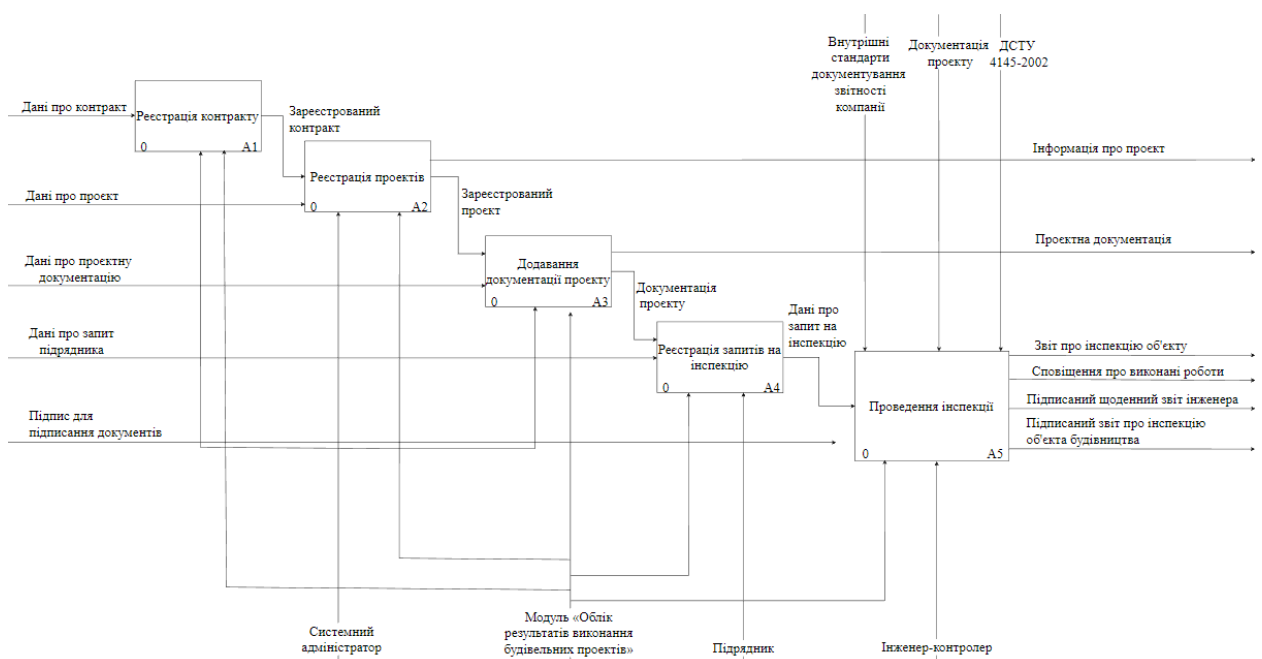


Рисунок 1.3 – IDEF0 першого рівня декомпозиції задачі «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми

Діаграма декомпозиції IDEF0 відображає розподіл основної функції «Облік результатів виконання будівельних проєктів» на підфункції.

Підблок «Реєстрація контракту» (A1) отримує дані про контракт і передає їх до «Реєстрація проєктів» (A2). Підблок «Зареєстровані проєкти» обробляє дані про проєкти та інспекції, генеруючи проміжні результати, які передаються до «Додавання документів» (A3). Цей підблок формує звіти про інспекції.

Далі «Додавання документів» (A3) передає дані до «Звіт про інспекцію об'єкту» (A4), який створює звіти про виконані роботи та результати інспекцій. Останній підблок «Облік результатів інспекцій об'єкту» (A5) генерує звіти та дозволяє оцінити виконані роботи головним інженером.

Допоміжним механізмом є системний адміністратор, який підтримує процеси, а інженер-інспектор забезпечує контроль на кожному етапі.

На рисунку 1.4 зображено декомпозицію другого рівня структурної діаграми робіт IDEF0.

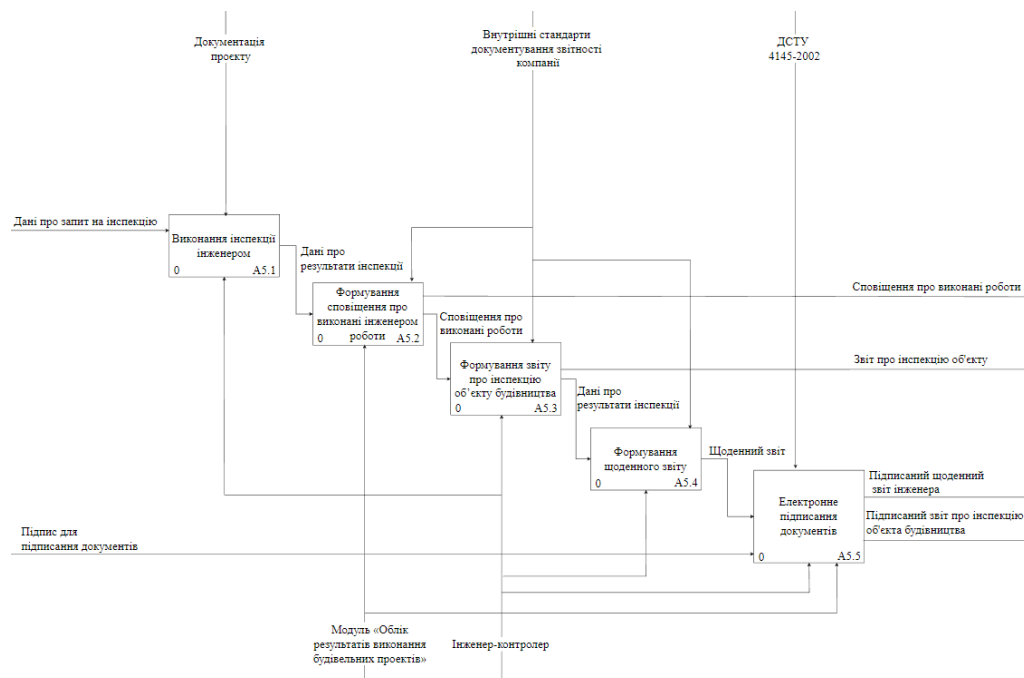


Рисунок 1.4 – IDEF0 другого рівня декомпозиції задачі «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми

Діаграма IDEF0 відображає функціональну модель системи «Облік результатів виконання будівельних проєктів».

Перша підфункція A5.1, «Дані про запит на інспекцію», приймає дані про інспекцію та опис виконаних робіт підрядною організацією, де інженер-інспектор фіксує деталі об'єкта та дані перевірки, після чого передає зареєстровану інспекцію далі.

Друга підфункція A5.2, «Сповіщення про виконані роботи», повідомляє інших інженерів контролюючої фірми про результати перевірки, для того, щоб вони могли приступити до перевірок згідно своїх спеціалізацій у визначений час.

Третя підфункція A5.3, «Формування звіту про інспекцію», використовує звіт про виконані роботи та опис інспектованих інженером робіт про інфраструктуру, де контролююча організація та інженер-інспектор обробляють дані, створюючи детальний звіт про інспекцію об'єкту.

Четверта підфункція A5.4, «Формування щоденного звіту», створює звіт, де інженер-інспектор додає загальні деталі у виді приміток і зауважень, та фактично закриває робочий день. Щоденний звіт враховує усі роботи виконані інженером-інспектором за день і якщо документ не затверджений він може відізвати інспекцію або залишити в статусі не закритої, що матиме місце для виконання робіт у інші дні. Згідно плану, будь-яка робота ділиться на етапи виконання. Кожен етап розрахований на один день виконання робіт, щоб по закінченню можна було відзвітуватись про виконані роботи.

Остання підфункція A5, «Електронне підписання документів», затверджує експортовані звіти по виконаних роботах та щоденні звіти і фактично їх фіналізує, після чого, щоденні звіти отримує головний інженер контролюючої фірми для прийняття виконаних інженерами-інспекторами робіт, після чого, звіт про інспекцію об'єкта подається підрядній компанії із фінальним повідомленням про рішення що до результатів інспекції об'єкту.

2 ОГЛЯД І АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАДАЧІ «ОБЛІКУ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ» ІС ПРИВАТНОЇ КОНТРОЛЮЮЧОЇ ФІРМИ

2.1 Огляд і аналіз проведення контролю виконаних робіт

Ринок робіт дорожнього будівництва, вимагає великих капіталовкладень і особливого контролю над виконанням кожного етапу робіт на відповідність до стандартів будівництва, та відповідність проєктній документації. Також стоять вимоги по урегулюванню можливих спорів, непередбачуваних обставин і можливих затримок виконання проєкту, або, форсмажорних обставин, які можуть привести до додаткових капіталовкладень чи навіть до розірвання договору між замовником будівництва і підрядною організацією.

Виконання контролю дорожньо-будівельних робіт є надважливим завданням, яке включає в себе перевірку об'єкту на відповідність стандартам будівництва і відповідність проєктній документації, а також перевірку підрядної організації на цільові витрати проєктних коштів, коректності запитів підрядника до замовника, їх ґрунтовність та щоденне звітування про хід будівництва.

Замовниками найчастіше виступають уряди різних країн світу, які ставлять на меті побудувати вже спроектований і узгоджений об'єкт будівництва. Оскільки, для невеликих урядів інфраструктурні проєкти можуть мати обтяжливий характер, вони можуть звернутись за дофінансуванням або ж навіть за повним фінансуванням до міжнародних фінансово-кредитних організацій.

Більшість із цих організацій мають особливу специфіку співпраці і обкладають інфраструктурні проєкти меншим відсотком, що дозволяє уникнути додаткового фінансового навантаження. До прикладу ЄБРР ставить додаткові вимоги, які мають політичний, економічний і організаційний характер, включно із антикорупційною складовою.

Після узгодження проєкту проводиться тендер згідно вимог замовника і надавача кредитних коштів, де в результаті вибираються організації, які виконуватимуть будівельні роботи, та організації, які проводитимуть їх контроль. Для участі у тендері, потенційний підрядник закладає строки, технічні можливості, фінансову складову і свою репутацію, надає інформацію про виконані попередні проєкти, оскільки, деякі невеликі організації можуть виступати від імені іншої компанії із сформованою репутацією на ринку аби отримати тендер.

Задля контролю ходу робіт проєкту, уникнення корупційних ризиків, недобросовісного використання коштів, порушення стандартів будівництва або невідповідності проєкту до проєктної документації, які вимагають замовники, необхідна контролююча організація.

2.2 Теперішній стан автоматизації

Задля виконання контролю об'єкту будівництва підрядна компанія робить запит до контролюючої фірми на проведення перевірки об'єкту будівництва. Відповідно, в подальшому, призначається день і час, в який інженери-інспектори зобов'язані прибути на об'єкт будівництва і провести роботи із перевірки, після цього в разі успішності перевірки засвідчити підписами документ запиту або ж відхилити, давши час на усунення проблем.

Участь над виконанням контролю якості виконаних робіт у контролюючій організації і проводять наступні види інженерів: з контролю штучних споруд, з контролю якості матеріалів, з контролю дорожніх робіт, з контролю влаштування комунікацій, а також геодезисти та екологи. Визначені інженери прибувають на об'єкт будівництва, беручи із собою проєктну документацію і проводять інспекцію об'єкта. На сам перед геодезист

впевнюється що висотні відмітки відповідають проектній документації, після цього до роботи приступають і інші, кожен відносно своєї спеціалізації.

На рисунку 2.1 наведено бланк документу запиту на інспекцію.

Запит на інспекцію / Request for Inspection (RFI)		Договір на надання консультативних послуг / Consultancy Договір Підприємця /	
Технічний нагляд за будівництвом багаторівневих транспортних розв'язок на ділянках автомобільної дороги з будівництвом багаторівневої транспортної розв'язки на ділянці автомобільної дороги розпорядженні Інженера /Supervision of construction of traffic interchanges at different levels at km road and construction of traffic interchange at different levels a road In a capacity of the Engineer			
Від / From:		Дата / Date:	
До / To:		Погодження № / Approval No	
<input checked="" type="checkbox"/> -Конструкції / Structures <input type="checkbox"/> -Автомобільна дорога/Тротуар / Highway alignment/Pavement <input type="checkbox"/> -Водовідведення / Drainage Ділянка (частина) / Section (part): <input type="checkbox"/> -Інше / Others			
Надано Підприємцем / Submitted by Contractor		Отримано Консультантом / Received by Consultant	
Ім'я / Name: _____ Надано, дата / Submitted Date: _____		Підпис / Signature: _____ Дата Інспекції / Inspection Date: _____ Час / Time: _____	
Місцезнаходження / L _____ від км / from km: _____ до км / to km: _____		Ліва сторона / LHS _____ Права сторона / RHS _____	
Опис Роботи / Description of Work _____			
1. Інженер-мостовик / Bridge engineer - Коментарі / Comments: _____			
Ім'я / Name _____		Підпис / Signature _____	
		TAK / YES HI / NO	
2. Інженер з контролю якості / Quality assurance engineer - Коментарі / Comments: _____			
Ім'я / Name _____		Підпис / Signature _____	
		TAK / YES HI / NO	
3. Геодезист / Surveyor – Коментарі / Comments: _____			
Ім'я / Name _____		Підпис / Signature _____	
		TAK / YES HI / NO	
Погоджено / Approved	A	Ім'я / Name: _____	Підпис / Signature: _____ Дата / Date: _____
Погоджено з урахуванням виправлень / Approved as noted	B	_____	_____
Погоджено з урахуванням виправлень. Потрібно подати повторно / Approved as noted, Resubmit required	C	_____	_____
Відхилено / Rejected	D	_____	_____

Рисунок 2.1 – Документ запиту на інспекцію об'єкту будівництва

В разі успішної перевірки, документ запиту кожен інженер засвідчує власноручним підписом, перевірка не є успішною, документ не підписується, вказуються недоліки, які необхідно усунути в узгоджений час і після цього провести додаткову перевірку із повторним запитом. Також, після перевірки, кожен із інженерів готує звіти про проведені роботи, додатково прикріплює необхідні додаткові документи і надсилає на електронну пошту інженеру-заступнику відповідної області підпорядкування або секретарю.

Відповідно даний підхід містить велику кількість проблем, оскільки групи інженерів не узгоджують між собою перевірки, що призводить до неефективного використання часових ресурсів, оскільки деякі з інженерів не можуть проводити перевірку без попередньої перевірки іншим інженером. Наприклад інженеру із якості матеріалів немає доцільності проводити перевірку якщо висновок геодезиста буде незадовільним, так-як це означає що роботу прийдеться переробляти повністю або частково, відповідно проводити випробування немає сенсу.

Також через велику кількості документів і бланків, які приходиться прикріплювати до певної перевірки, значно ускладнюється облік паперових документів та призводить до плутанини. Відповідно, створення модулю обліку документів має місце, оскільки дасть змогу проводити автоматизований облік і підписувати документи.

2.3 Сучасні засоби ведення управління підприємством

2.3.1 Система управління підприємством «Schrift»

Система управління підприємством «Schrift» забезпечує комплексну автоматизацію бізнес-процесів із підтримкою електронних підписів. Це потужне рішення дозволяє створювати завдання, призначати їх

співробітникам, планувати події та інтегрувати систему з іншими інформаційними системами приватної компанії через API.

Приклад екранної форми наведено на рисунку 2.2.

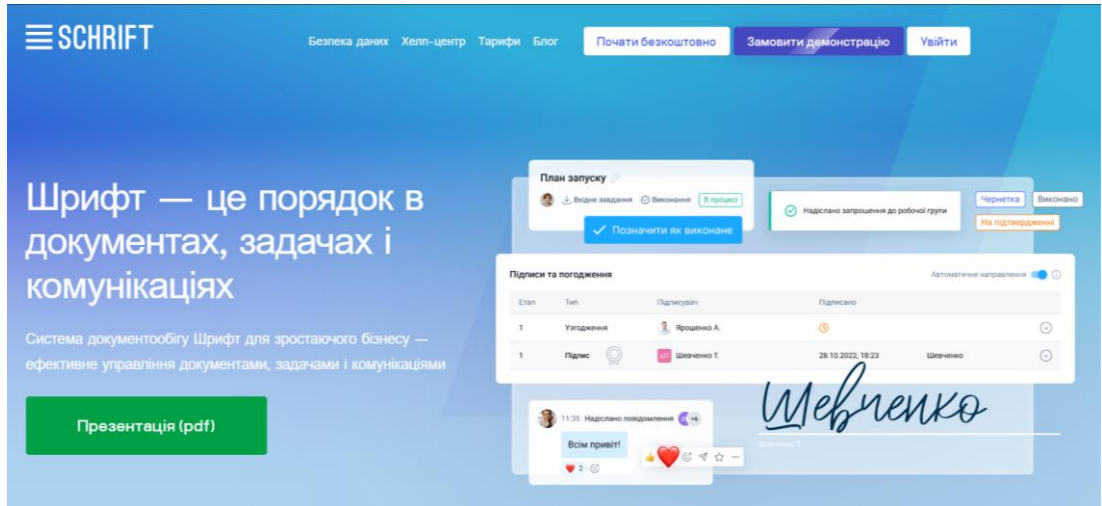


Рисунок 2.2 – Система управління підприємством «Schrift»

Schrift підтримує додавання співробітників до організації та гнучке налаштування ролей, що сприяє ефективному управлінню задачами та відстеженню продуктивності кожного працівника.

Приклад екранної форми тарифів на систему управління наведено на рисунку 2.3.

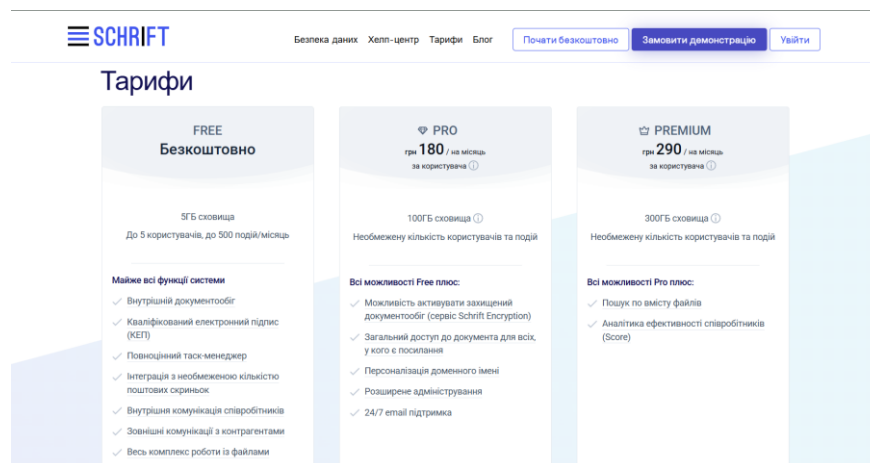


Рисунок 2.3 – Тарифи на систему управління підприємством «Schrift»

Безкоштовна версія системи надає повний доступ до всіх функцій із лімітом зберігання даних до 100 ГБ. Для розширення пам'яті до 200 ГБ і доступу до додаткових функцій необхідно сплатити 180 гривень на місяць, а преміум-версія коштує 290 гривень із додатковою платою 40 гривень за кожні 50 ГБ щомісячно.

Приклад екранної форми 2.4 для додавання задачі в системі Shrift.

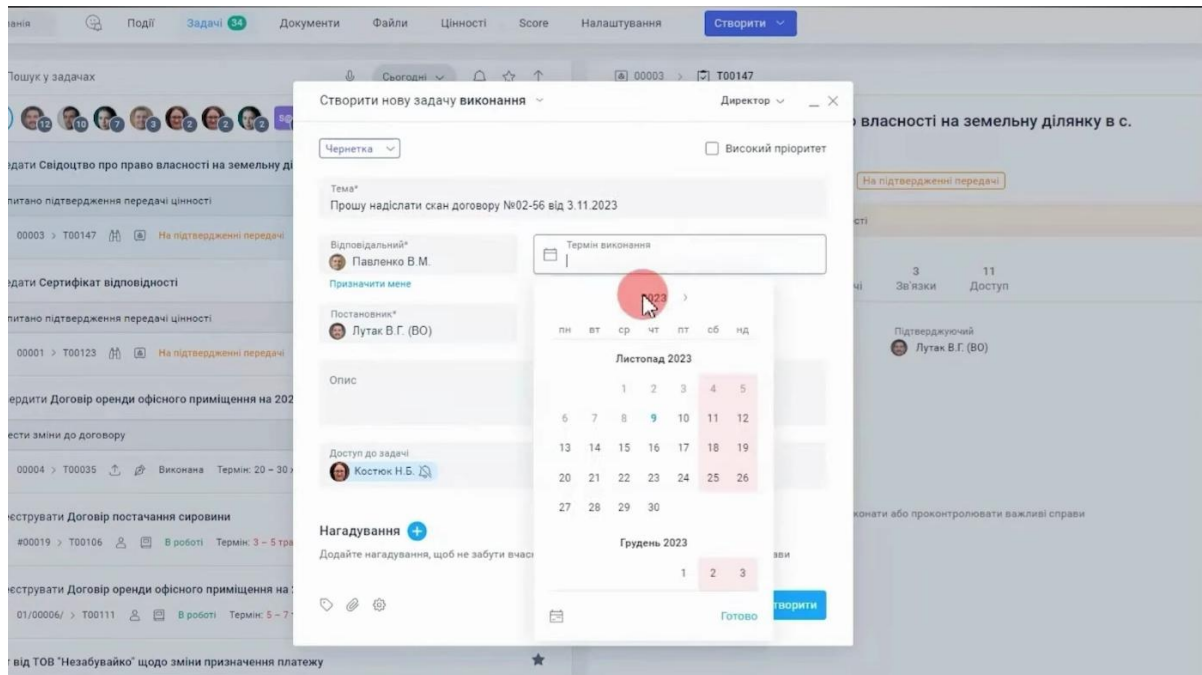


Рисунок 2.4 – Екранна форма додавання задачі

Незважаючи на універсальність, рішення має певні недоліки. Зокрема, воно вимагає розподілу даних за проектами, підпроектами та іншими категоріями, що ускладнює управління для компаній із специфічними потребами. Крім того, складність інтерфейсу може створювати труднощі для інженерів, які не мають досвіду роботи з подібними системами.

2.3.2 Система управління підприємством BAS (1С)

Приклад екранної форми сайту «Камала софт», яке пропонує рішення на основі Business Automation Software (BAS) (1С) наведено на рисунку 2.5.

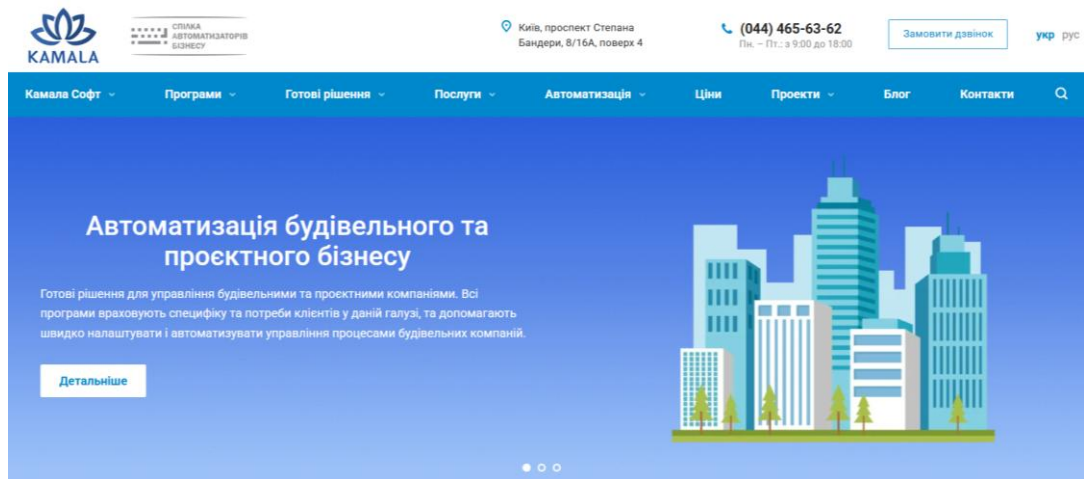


Рисунок 2.5 – Система управління підприємством «Камала Софт»

Приклад екранної форми робочого інтерфейсу BAS (1С) наведено на рисунку 2.6.

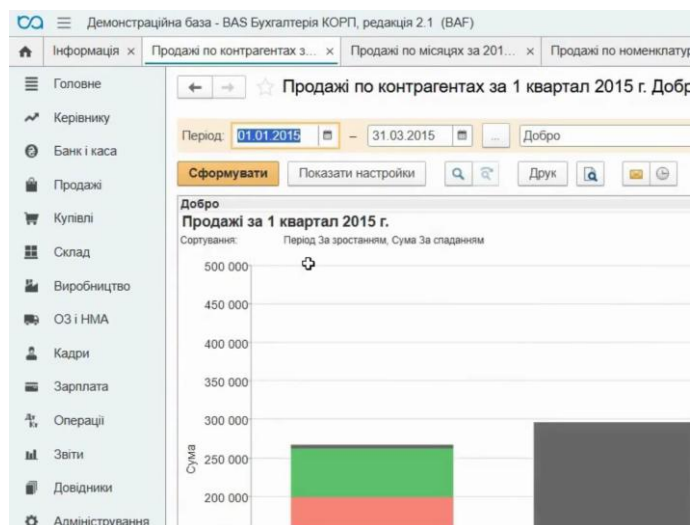


Рисунок 2.6 – Екранна форма системи управління підприємством BAS (1С)

Компанія «Камала Софт» пропонує рішення на базі BAS (1С), яке зосереджене на автоматизації управління підприємством, зокрема обліку бізнес-процесів. Однак воно має обмежений функціонал порівняно з іншими системами, не підтримує електронні підписи та шифрування даних.

Також відсутність мобільних додатків для Android та iOS значно звужує можливості використання, особливо для компаній, де співробітники працюють віддалено або в польових умовах.

2.3.3 Система управління підприємством «Вчасно.ЕДО»

Приклад екранної форми рішення «Вчасно.ЕДО» наведено на рисунку 2.7.

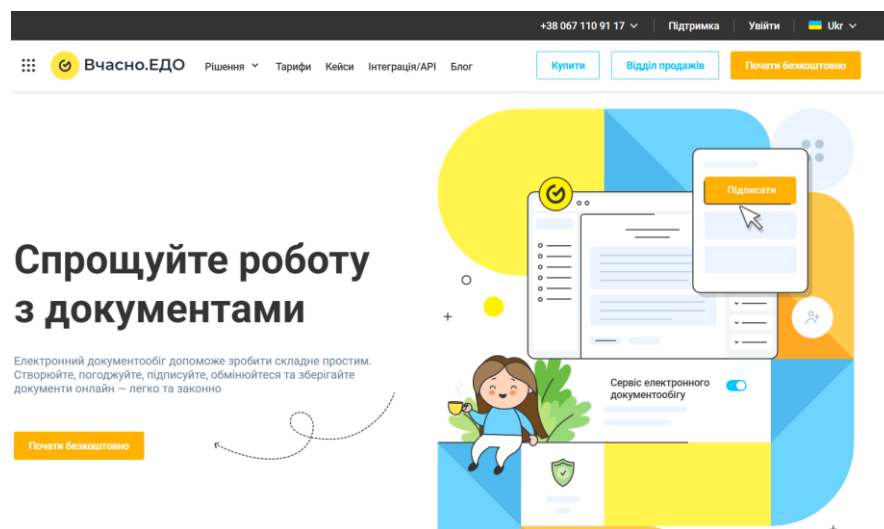


Рисунок 2.7 – Система управління підприємством «Вчасно.ЕДО»

Рішення «Вчасно.ЕДО» вирізняється високою репутацією та широким набором інструментів для управління підприємством.

Налаштування електронних підписів у системі здійснюється через спеціалізований модуль, екранна форма якого показана на рисунку 2.8.

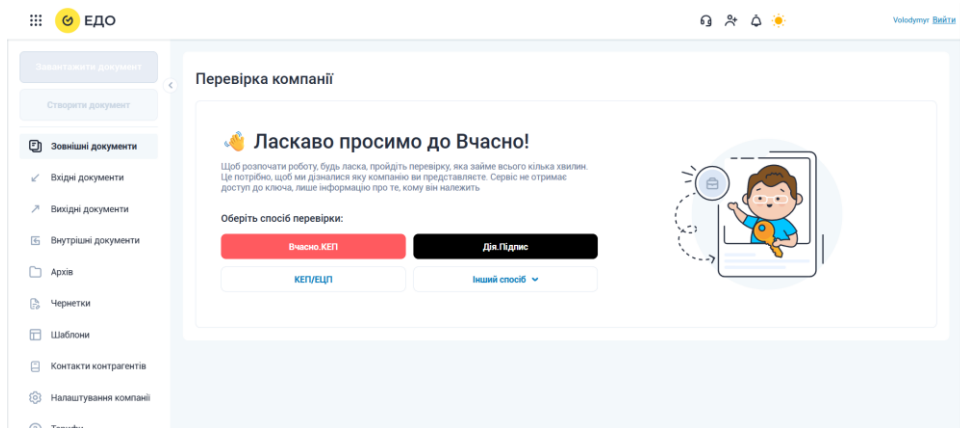


Рисунок 2.8 – Екранна форма налаштування підписів системи управління підприємством «Вчасно.ЕДО»

Основна робота з документами в системі відбувається через центральний модуль управління документами наведений на рисунку 2.9. Користувачі можуть створювати, редагувати, підписувати та відстежувати статуси документів у зручному табулярному інтерфейсі з можливістю фільтрації та пошуку.

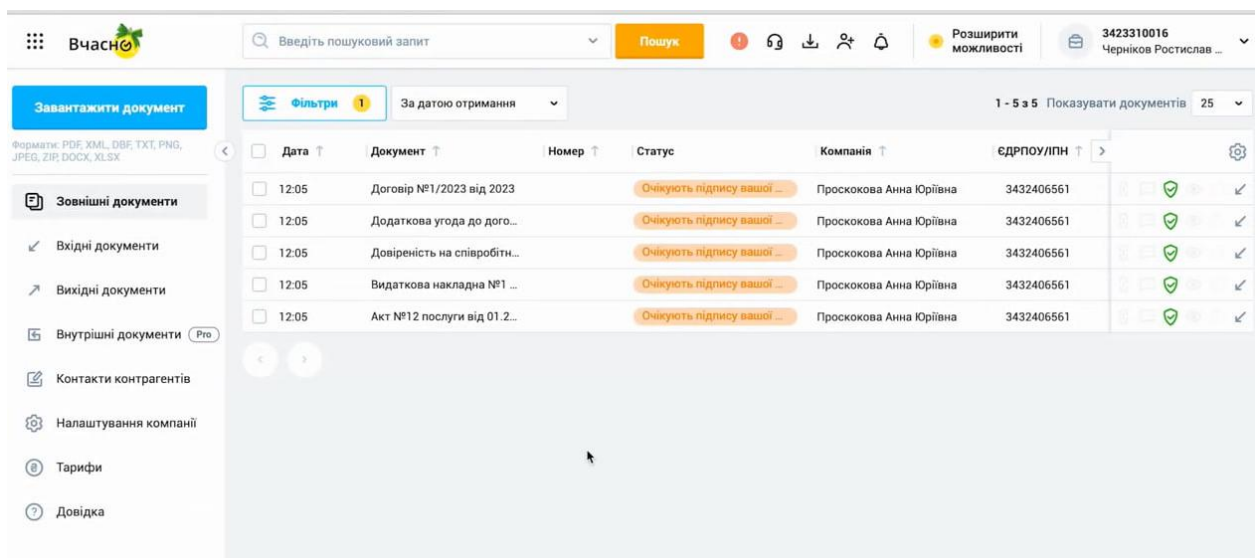


Рисунок 2.9 – Екранна форма роботи із документами системи управління підприємством «Вчасно.ЕДО»

Тарифна політика системи «Вчасно.ЕДО» представлена на рисунку 2.10. Проте безкоштовна версія має значні обмеження функціоналу, а базова платна версія для трьох користувачів коштує 800 гривень на місяць. Для компаній із більшою кількістю співробітників ціна стає договірною і визначається індивідуально залежно від потреб організації.

	Базовий 1 співробітник	Старт до 2 співробітників включно	Професійний до 3 співробітників включно	Максимальний від 4 співробітників
	€ 0	€ 200/міс. <small>оплата тарифу можлива лише на рік за 2400 грн</small>	€ 800/міс. <small>оплата тарифу можлива лише на рік за 9600 грн</small>	Договірна
	Безкоштовно	Купити	Купити	Консультація
Консультація по тарифах				
Підписання вхідних документів	Без обмежень	Без обмежень	Без обмежень	Без обмежень
Підписання та надсилання вихідних документів	25 на рік	250 на рік	2000 на рік	Без обмежень
Коментарі зі співробітниками та контрагентами	✓	✓	✓	✓
Перевірка документів антивірусом	✓	✓	✓	✓
Зберігання документів у хмарному архіві	✓	✓	✓	✓
Перегляд документів	50 останніх документів	400 останніх документів	3000 останніх документів	Без обмежень
Індивідуальні права для кожного співробітника	×	×	✓	✓
Внутрішні документи	×	×	✓	✓
Внутрішнє погодження	×	×	✓	✓
Двофакторна авторизація для співробітників	×	×	✓	✓
Ярлики	×	×	✓	✓
Додаткові параметри документів	×	×	×	✓
Сценарії документів	×	×	×	✓
Обов'язкові поля	×	×	×	✓

Рисунок 2.10 – Тарифи на систему управління підприємством «Вчасно.ЕДО»

Проте безкоштовна версія має значні обмеження, а базова платна версія для трьох користувачів коштує 800 гривень на місяць. Для компаній із більшою кількістю співробітників ціна стає договірною. Це рішення виходить за рамки простого управління задачами, пропонуючи комплексний менеджмент підприємства, що може бути надлишковим для компаній із вузькою спеціалізацією.

Загальний порівняльний аналіз сучасних засобів управління підприємством наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз сучасних засобів управління підприємством

Характеристика	Schrift	BAS (1С) від Камала Софт	Вчасно.ЕДО
1	2	3	4
Інтерфейс та зручність	Складний інтерфейс, може бути важким для інженерів без досвіду.	Простий, але застарілий інтерфейс, обмежений функціонал.	Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, зручний у використанні.
Підтримувані платформи	Веб-інтерфейс (доступ через браузер на Windows, macOS, Linux), мобільні додатки для iOS 18 та Android 14.	Лише настільний додаток для Windows 10/11, відсутня підтримка мобільних платформ (iOS, Android).	Веб-інтерфейс (доступ через браузер на Windows, macOS, Linux), мобільні додатки для iOS 18 та Android 14.
Підтримка електронного підпису	Підтримує електронні підписи, але типи не уточнені.	Не підтримує електронні підписи.	Підтримує кілька типів: «Дія.Підпис», «Вчасно КЕП», «КЕП/ЕЦП», кастомні методи.

Кінець таблиці 2.1

1	2	3	4
Інтерфейс та зручність	Складний інтерфейс, може бути важким для інженерів без досвіду.	Простий, але застарілий інтерфейс, обмежений функціонал.	Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, зручний у використанні.
Тарифи	Безкоштовна версія: 100 GB пам'яті; 180 грн/міс за 200 GB; преміум – 290 грн/міс + 40 грн за кожні 50 GB.	Не вказано конкретних тарифів.	Безкоштовна версія з обмеженнями; базова версія для 3 користувачів – 800 грн/міс, для більшої кількості – договірна ціна.

Schrift демонструє потужні можливості з підтримкою електронних підписів та кросплатформенності, але складність інтерфейсу може створювати бар'єри для інженерів-інспекторів.

BAS (1C) від Камала Софт має суттєві технологічні обмеження: відсутність мобільної підтримки критично впливає на можливість проведення польових інспекцій, а відсутність електронного підпису унеможливорює створення юридично значимих звітів безпосередньо в системі. Застарілий інтерфейс також не відповідає користувацькому досвіду.

Вчасно.ЕДО, незважаючи на інтуїтивний інтерфейс та широкую підтримку електронних підписів, являє собою універсальне рішення для управління підприємством, що робить його надмірно складним і дорогим для вузькоспеціалізованих задач контролю будівельних проєктів.

Усі розглянуті системи мають свої переваги та недоліки. Для приватної компанії, яка займається контролем будівельних проєктів, ці рішення можуть

бути надмірно універсальними та недостатньо спеціалізованими. Специфіка будівельної галузі вимагає автоматизації специфічних процесів. Тому доцільно розробити модуль управління результатами виконання будівельних проєктів, який враховує особливості галузі та забезпечує ефективний контроль і облік.

3 ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ РОЗРОБКИ

3.1 Опис вимог до об'єкта розробки

Метою розробки модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» є створення інтегрованого та ефективного програмного рішення для приватної контролюючої фірми, яке забезпечить високий рівень автоматизації процесів управління підприємством, покращенням координації між інженерами різних спеціальностей та підвищення якості контролю за виконанням будівельних робіт.

Об'єктом автоматизації є відділ технічного контролю приватної контролюючої фірми, що здійснює нагляд за виконанням дорожньо-будівельних проєктів. Автоматизація даного процесу спрямована на покращення управління інспекційними процедурами, оптимізацію документообігу між усіма учасниками будівельного процесу, зменшення часових витрат на оформлення звітності, підвищення точності ведення обліку результатів перевірок, а також ефективне управління ресурсами контролюючої фірми, включаючи планування роботи інженерів та координацію їхньої діяльності на будівельних об'єктах.

Графік роботи контролюючої фірми передбачає її функціонування згідно з встановленими робочими годинами, а саме з 8:00 по 18:00 в робочі дні з понеділка по п'ятницю. Щодо можливості подання запитів на інспекцію об'єктів будівництва, ця опція доступна цілодобово через електронну систему, обробка запитів здійснюється виключно в робочі години. Планування та призначення інспекцій відбувається в межах робочого часу з урахуванням завантаженості інженерів різних спеціальностей та пріоритетності об'єктів. Також передбачена можливість оформлення запитів на позапланові інспекції в разі виникнення критичних ситуацій на будівельних об'єктах.

Модуль не зможе функціонувати за наступних умов: непередбачені технічні збої системи, включаючи відмову серверного обладнання, проблеми

з програмним забезпеченням або порушення мережевої інфраструктури; відсутність стабільного електропостачання та надійного інтернет-з'єднання; повна або часткова втрата критичної інформації в базі даних, необхідної для ведення обліку результатів інспекцій; недостатній рівень підготовки персоналу щодо роботи з автоматизованою системою документообігу; неправильне налаштування або некоректна конфігурація системних компонентів; непередбачені зовнішні обставини, такі як форс-мажорні ситуації, стихійні лиха або інші події, які можуть вплинути на доступність будівельних об'єктів для проведення інспекцій; неможливість авторизації в системі будь-яким з типів користувачів внаслідок збоїв в системі аутентифікації.

Існуватиме чотири основні типи користувачів в межах модуля обліку результатів виконання будівельних проєктів: інженер-резидент, інженер-інспектор, представник підрядної організації та системний адміністратор. Відповідно до своєї ролі та рівня доступу користувачі мають певний спектр можливих дій та функціональних обмежень. Кожна роль передбачає специфічні права доступу до різних розділів системи та можливості взаємодії з документообігом.

На основі аналізу предметної області та використовуючи наведену use-case діаграму процесу інспекції об'єктів будівництва, можна виділити основні прецеденти використання системи для кожного з акторів процесу.

Інженер-інспектор виступає як основний виконавець інспекційних робіт та відповідає за безпосереднє проведення технічного контролю на будівельних об'єктах. В рамках модуля йому доступні такі функції, як отримання запитів на інспекцію від підрядних організацій, додавання документів про інспекцію об'єкту будівництва з детальним описом виявлених невідповідностей або підтвердженням якості виконаних робіт, формування щоденного звіту про проведені інспекції з прикріпленням фотоматеріалів та технічної документації, перегляд інформації про проєкт для ознайомлення з технічними вимогами та специфікаціями, а також підписання документу перевірки після

завершення інспекційних процедур з використанням електронного цифрового підпису.

Підрядник представляє будівельну організацію, що виконує роботи на об'єктах, та є ініціатором запитів на проведення інспекцій. В межах системи його права обмежуються можливостями створення запиту на перевірку об'єкту будівництва з детальним описом виконаних робіт та готовності до інспекції, а також отримання сповіщень про можливість інспекції об'єкту після розгляду запиту контролюючою стороною та призначення дати і часу проведення перевірки.

3.1.1 Функціональні вимоги

На рисунку 3.1 наведено UML use-case діаграму процесу «Облік результатів виконання будівельних проєктів».

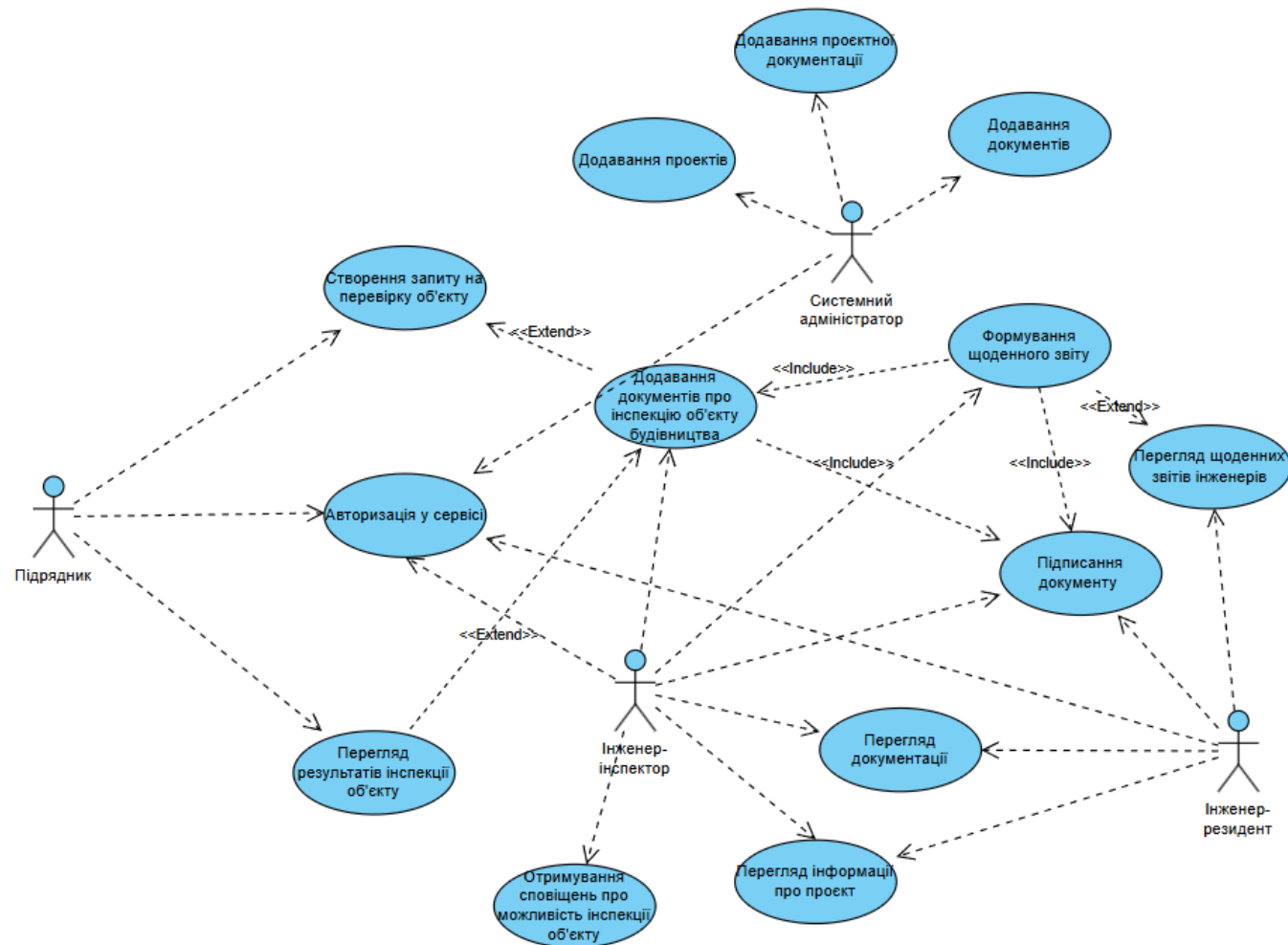


Рисунок 3.1 – Use-case діаграма процесу «Облік результатів виконання будівельних проєктів»

Основними користувачами модуля є підрядник, інженер-інспектор та системний адміністратор.

Системний адміністратор повинен мати можливість додавати проекти, проектну документацію і контракти.

Підрядник повинен мати змогу додавати запит на інспекцію об'єкта будівництва згідно проекту і типу робіт, та бачити результати інспекції будівництва задля змоги приймати рішення щодо найшвидшого усунення недоліків, якщо такі було виявлено.

Інженер-інспектор повинен мати змогу створювати щоденні звіти виконаних робіт, додавати дані про перевірку об'єкту будівництва, формувати результати перевірки, переглядати роботи інших інженерів і їх щоденні звіти.

3.1.2 Нефункціональні вимоги

Нефункціональні вимоги визначають якісні характеристики системи та обмеження, в межах яких вона повинна функціонувати. Ці вимоги є критичними для забезпечення надійності, продуктивності та зручності використання модуля в реальних умовах експлуатації.

Вимоги до продуктивності системи включають здатність обробляти одночасно до 500 запитів від користувачів без критичного зниження швидкості відгуку, забезпечення мінімального часу відгуку інтерфейсу не більше 3 секунд при виконанні стандартних операцій, таких як перегляд документів, створення звітів та пошук інформації в базі даних. Система повинна ефективно функціонувати навіть при пікових навантаженнях, які можуть виникати в періоди активного проведення інспекцій.

Архітектура модуля повинна забезпечувати горизонтальну масштабованість для підтримки зростання кількості користувачів та обсягу документообігу без необхідності кардинальної перебудови системи. Це

включає можливість додавання нових серверних потужностей, оптимізації структури бази даних та інтеграції додаткових функціональних компонентів.

Безпека інформації є пріоритетною нефункціональною вимогою, оскільки система оперує конфіденційними даними проєктів та результатами технічного контролю. Модуль повинен забезпечувати шифрування всіх каналів передачі даних, використання сучасних протоколів захисту інформації, регулярне резервне копіювання критичних даних з можливістю швидкого відновлення в разі збоїв, а також детальне логування всіх дій користувачів для забезпечення аудиторського сліду.

Надійність та доступність системи передбачають забезпечення коефіцієнта готовності не менше 99.5% протягом робочого часу, реалізацію механізмів автоматичного відновлення після збоїв, налаштування системи моніторингу для раннього виявлення потенційних проблем, а також планування регламентних робіт з мінімальним впливом на робочі процеси користувачів.

Зручність використання модуля має забезпечуватися інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, адаптованим до специфіки роботи інженерно-технічного персоналу, підтримкою української та англійської мов інтерфейсу для міжнародних проєктів, можливістю налаштування персональних уподобань користувачів, а також забезпеченням доступності системи для користувачів з обмеженими можливостями відповідно до сучасних стандартів web-accessibility.

Вимоги до сумісності включають можливість інтеграції з існуючою корпоративною IT-інфраструктурою, підтримку стандартних форматів обміну даними для взаємодії з зовнішніми системами замовників та підрядників, сумісність з поширеними операційними системами та веб-браузерами, а також можливість експорту звітності в різні формати відповідно до вимог різних організацій-замовників.

3.2 Обґрунтування мети і критеріїв ефективності об'єкта розробки

Мета розробки модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» полягає в створенні комплексного, надійного та ефективного програмного рішення для автоматизації процесів технічного контролю в діяльності приватної контролюючої фірми.

Досягнення поставленої мети буде підтверджено відповідністю результатів впровадження системи встановленим критеріям ефективності, які охоплюють всі ключові аспекти діяльності контролюючої фірми.

Ефективність роботи персоналу контролюючої фірми передбачає скорочення часу на виконання рутинних операцій документообігу щонайменше на 40% завдяки автоматизації процесів реєстрації, обробки та архівування документів.

Економічна ефективність впровадження модуля виражається в зниженні операційних витрат на ведення документообігу більше ніж на 35% за рахунок скорочення витрат на паперові носії, зменшення потреби в фізичному архівуванні та оптимізації робочого часу персоналу. Підвищення пропускну здатності організації щодо кількості проєктів, які можна одночасно контролювати, має становити не менше 25%.

Прозорість та відстежуваність процесів контролю забезпечується можливістю отримання повної інформації про хід будь-якої інспекції протягом всього життєвого циклу проєкту, автоматичним формуванням аудиторського сліду всіх дій користувачів, а також забезпеченням можливості генерації аналітичних звітів для оцінки ефективності роботи як окремих інженерів, так і організації в цілому.

4 ОПИС АРХІТЕКТУРИ МОДУЛЯ НА РІВНІ ФУНКЦІЙ

Розробка модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми – повинна виконувати наступні функції:

- реєстрація запитів на інспекцію – прийом та обробка запитів від підрядників на проведення інспекційних заходів;
- виконання інспекції інженером – фіксація результатів перевірок об'єктів будівництва інженерами-інспекторами;
- формування сповіщення про виконані інженером роботи – автоматичне інформування учасників процесу про завершені інспекції;
- формування звіту про інспекцію об'єкту будівництва – створення детальної звітної документації за результатами проведених перевірок;
- формування щоденних звітів – генерація підсумкових документів про виконану інженерами роботу за день;
- електронне підписання документів – забезпечення юридичної значимості створюваних звітів через цифровий підпис.

На рисунку 4.1 зображено діаграму потоків даних.

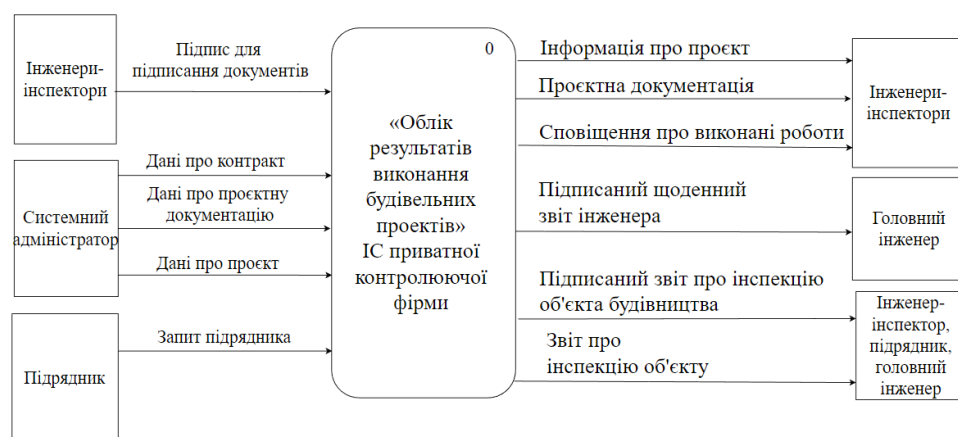


Рисунок 4.1 – діаграма потоків даних задачі «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми

Представлена на рисунку 4.1 діаграма потоків даних відображає інформаційну систему управління будівельними проектами з центральним процесом «Облік результатів виконання будівельних проєктів ІС приватної контролюючої фірми». Діаграма демонструє взаємодію між трьома зовнішніми суб'єктами та центральним процесом обробки інформації.

Інженер-інспектор надає підписи для підписання документів і отримує інформацію про проєкт та проєктну документацію для здійснення контролю якості будівельних робіт.

Системний адміністратор забезпечує функціонування системи, передаючи дані про контракт, проєктну документацію та проєкт до центрального модуля «Обліку результатів виконання будівельних проєктів».

Підрядник подає запити на інспекцію та отримує сповіщення про виконані роботи, що забезпечує координацію з контролюючою організацією.

Головний інженер контролюючої фірми отримує підписаний щоденний звіт інженера для контролю стану виконання будівельних робіт.

Центральний модуль «Обліку результатів виконання будівельних проєктів» виконує комплексну обробку проєктної інформації та генерує структуровану звітність. Усі учасники отримують підписані звіти про інспекцію об'єкта будівництва, створюючи єдине інформаційне поле проєкту.

Така організація забезпечує своєчасне виявлення відхилень, підтримку якості виконання робіт та формування повної документальної бази проєкту.

На рисунку 4.2 зображено контекстну діаграму потоків даних першого рівня декомпозиції.

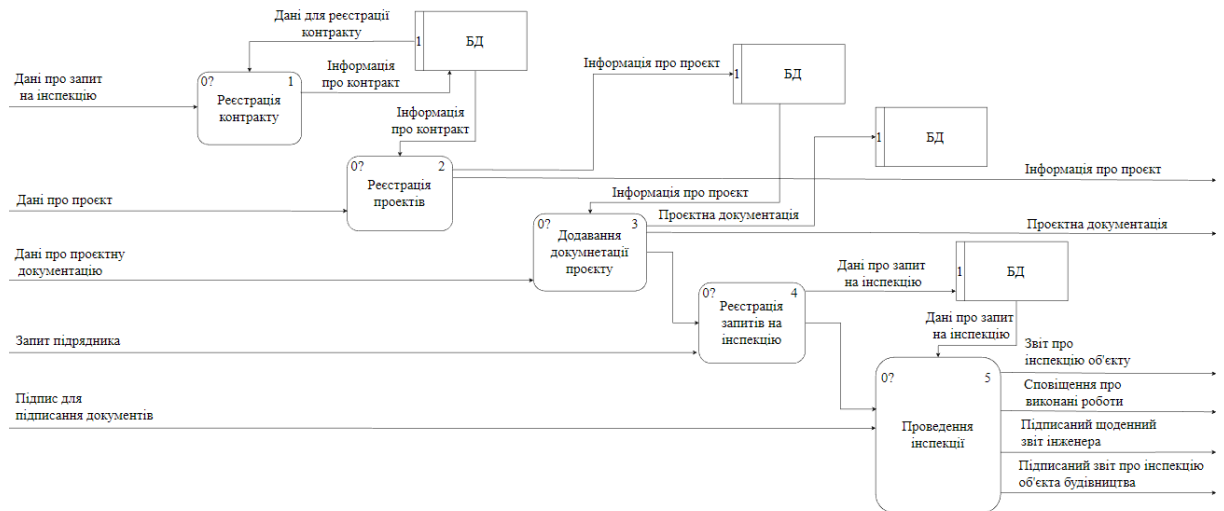


Рисунок 4.2 – контекстна діаграма потоків даних першого рівня декомпозиції задачі «Облік результатів виконання будівельних проектів» ІС приватної контролюючої фірми

Представлена DFD діаграма на рисунку 4.2 демонструє детальну декомпозицію інформаційної системи управління будівельними проектами, розбиваючи головний процес на п'ять взаємопов'язаних підпроцесів:

- «реєстрація контракту» – отримує дані про запит на інспекцію та генерує інформацію про контракт;
- «реєстрація проектів» – приймає дані про проект та інформацію про контракт, формуючи структуровану інформацію про проект;
- «додавання документації проекту» – обробляє дані про проектну документацію разом з інформацією про проект;
- «реєстрація запитів на інспекцію» – централізовано обробляє запити підрядника та підписи для підписання документів, створюючи структуровані дані про запит на інспекцію;
- «проведення інспекції» – інтегрує всю накопичену інформацію та генерує комплексну звітність: звіти про інспекцію та підписані щоденні звіти.

Кожен процес взаємодіє з базою даних, забезпечуючи централізоване зберігання інформації та підтримку цілісності даних.

5 РОЗРОБКА Й ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

У таблиці 5.1 описуються майбутні сутності бази даних. Кожна сутність представляє окремий об'єкт з властивими йому атрибутами та характеристиками, необхідними для функціонування модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми.

Таблиця 5.1 – Найменування і визначення сутностей

Найменування	Визначення
1	2
Request_Status	Статуси запитів
Request	Запити
Work_Types	Типи робіт
Inspection	Інспекції
Reports	Звіти
Report_Type	Типи звітів
Report_Status	Статуси звітів
Digital_Signatures	Цифрові підписи
Projects	Проєкти
Locations	Локації
Contracts	Контракти
Project_Engineers	Зв'язок проєктів та інженерів
Engineers	Інженери
Grades	Оцінки
Files	Файли
File_Types	Типи файлів

Кінець таблиці 5.1

1	2
Work_Type_Specialization	Зв'язок типів робіт та спеціалізацій
Specializations	Спеціалізації

У таблиці 5.2 наведено опис зв'язків між сутностями, які визначають взаємодію та залежності між ними задля успішного функціонування системи модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми.

Таблиця 5.2 – Типи зв'язків між сутностями

Тип сутності	Тип зв'язку	Тип сутності	Тип зв'язку
1	2	3	4
Request_Status	Містить	Request	1:М
Work_Types	Містить	Request	1:М
Request	Містить	Inspection	1:М
Inspection	Містить	Grades	1:М
Inspection	Містить	Files	1:М
Inspection	Містить	Engineers	М:1
Reports	Містить	Digital_Signatures	1:М
Reports	Містить	Report_Type	1:М
Reports	Містить	Report_Status	1:М
Reports	Містить	Projects	М:1
Projects	Містить	Locations	1:М
Projects	Містить	Contracts	1:М
Projects	Містить	Project_Engineers	1:М
Project_Engineers	Містить	Engineers	М:1

Кінець таблиці 5.2

1	2	3	4
Files	Містить	File_Types	1:M
Work_Type_Specialization	Містить	Work_Types	M:1
Work_Type_Specialization	Містить	Specializations	M:1

Опис структури та характеристик атрибутів кожної сутності знаходиться в таблицях 5.3 – 5.21:

Таблиця 5.3 – Відомості про атрибути таблиці «Request_Status»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Request_s tatus	status_id	Ідентифіка тор статусу	Integer	Primary key	Ні
	status_na me	Назва статусу	Varchar (50)	–	Ні
	descriptio n	Опис статусу	Text	–	Так

Таблиця 5.4 – Відомості про атрибути таблиці «Request»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Request	inspection _id	Ідентифіка тор запитів	Integer	Primary key	Ні

Кінець таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6
Request	work_type_id	Ідентифікатор типу роботи	Integer	Foreign Key	Ні
	status_id	Ідентифікатор статусу	Integer	Foreign Key	Ні
	project_id	Ідентифікатор проєкту	Integer	Foreign Key	Так
	object_name	Назва об'єкта	Varchar (100)	–	Ні
	notes	Нотатки	Text	–	Так
	created_at	Дата створення	Datetime	–	Так

Таблиця 5.5 – Відомості про атрибути таблиці «Work_Types»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Work_Types	work_type_id	Унікальний ідентифікатор	Integer	Primary key	Ні
	work_name	Назва типу роботи	Varchar (50)	–	Ні
	description	Опис типу роботи	Text	–	Так

Таблиця 5.6 – Відомості про атрибути таблиці «Inspections»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Inspections	inspection_id	Ідентифікатор інспекції	Integer	Primary key	Hi
	grade_id	Ідентифікатор оцінки	Integer	Foreign Key	Hi
	engineer_id	Ідентифікатор інженера	Integer	Foreign Key	Hi
	description	Опис інспекції	Text	–	Так

Таблиця 5.7 – Відомості про атрибути таблиці «Reports»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Reports	report_id	Ідентифікатор інспекції	Integer	Primary Key	Hi
	signature_id	Ідентифікатор підпису	Integer	Foreign Key	Так
	project_id	Ідентифікатор проекту	Integer	Foreign Key	Hi

Кінець таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6
Reports	report_type_id	Ідентифікатор типу звіту	Integer	Foreign Key	Ні
	title	Назва звіту	Varchar(100)	–	Ні
	file_size	Розмір файлу (МБ)	Decimal(12,2)	–	Так

Таблиця 5.8 – Відомості про атрибути таблиці «Report_Type»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Report_Types	report_type_id	Ідентифікатор типу звіту	Integer	Primary key	Ні
	report_type	Тип звіту	Varchar(50)	–	Ні
	description	Опис типу звіту	Text	–	Так

Таблиця 5.9 – Відомості про атрибути таблиці «Report_Status»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Report_Status	report_id	Ідентифікатор статус звіту	Integer	Primary key	Hi
	report_status	Статус звіту	Varchar(50)	–	Hi
	project_id	Ідентифікатор проекту	Integer	Foreign Key	Hi
	description	Опис статусу	Text	–	Так

Таблиця 5.10 – Відомості про атрибути таблиці «Digital_Signatures»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Digital_Signatures	signature_id	Унікальний ідентифікатор	Integer	Primary key	Hi
	signature_file	Файл цифрового підпису	Varchar(255)	–	Hi
	is_valid	Чи дійсний підпис	Boolean	–	Hi

Кінець таблиці 5.10

1	2	3	4	5	6
	signed_at	Дата підписанн я	Datetime	–	Так

Таблиця 5.11 – Відомості про атрибути таблиці «Projects»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Projects	project_id	Унікальний ідентифікатор	Integer	Primary key	Ні
	location_id	Ідентифікатор локації	Integer	Foreign Key	Ні
	contract_id	Ідентифікатор контракту	Integer	Foreign Key	Ні
	lot_number	Номер лота	Varchar(50)	–	Так
	project_name	Назва проєкту	Varchar(100)	–	Ні
	description	Опис проєкту	Text	–	Так
	created_at	Дата створення	Datetime	–	Так

Таблиця 5.12 – Відомості про атрибути таблиці «Locations»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Locations	location_id	Ідентифікатор локації	Integer	Primary key	Ні
	latitude	Широта	Decimal(12,2)	–	Ні
	longitude	Довгота	Decimal(12,2)	–	Ні
	kilometer_start	Початковий кілометр	Decimal(12,2)	–	Так
	kilometer_end	Кінцевий кілометр	Decimal(12,2)	–	Так
	section	Секція	Varchar(50)	–	Так
	side	Сторона	Varchar(50)	–	Так

Таблиця 5.13 – Відомості про атрибути таблиці «Contracts»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Contracts	contract_id	Унікальний ідентифікатор	Integer	Primary key	Ні
	contract_number	Номер контракту	Varchar(50)	–	Ні
	contractor_company	Компанія-підрядник	Varchar(100)	–	Ні
	description	Опис контракту	Text	–	Так

Кінець таблиці 5.13

1	2	3	4	5	6
Contracts	created_at	Дата створення	Datetime	–	Так

Таблиця 5.14 – Відомості про атрибути таблиці «Project_Engineers»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Project_Engineers	project_engineer_id	Унікальний ідентифікатор	Integer	Primary key	Ні
	project_id	Ідентифікатор проекту	Integer	Foreign Key	Ні
	engineer_id	Ідентифікатор інженера	Integer	Foreign Key	Ні

Таблиця 5.15 – Відомості про атрибути таблиці «Engineers»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Engineers	engineer_id	Унікальний ідентифікатор	Integer	Primary key	Ні

Кінець таблиці 5.15

1	2	3	4	5	6
Engineers	first_name	Ім'я інженера	Varchar(50)	–	Hi
	last_name	Прізвище інженера	Varchar(50)	–	Hi
	email	Електронна пошта	Varchar(100)	–	Hi
	password	Геш-паролю	Varchar(255)	–	Hi
	specialization_id	Ідентифікатор спеціалізації	Integer	Foreign Key	Hi
	created_at	Дата створення	Datetime	–	Hi
	updated_at	Дата оновлення	Datetime	–	Hi

Таблиця 5.16 – Відомості про атрибути таблиці «Grades»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Grades	grade_id	Унікальний ідентифікатор	Integer	Primary key	Hi
	grades	Оцінка	Varchar(50)	–	Hi

Кінець таблиці 5.16

1	2	3	4	5	6
Grades	descriptio n	Опис оцінки	Text	–	Так

Таблиця 5.17 – Відомості про атрибути таблиці «Files»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Grades	file_id	Ідентифіка тор файлу	Integer	Primary key	Hi
	inspection _id	Ідентифіка тор інспекції	Integer	Foreign Key	Hi
	file_type_ id	Ідентифіка тор типу файлу	Integer	Foreign Key	Hi
	file_name	Назва файлу	Varchar(255)	–	Hi
	file_path	Шлях до файлу	Varchar(255)	–	Hi
	descriptio n	Опис файлу	Text	–	Так
	created_at	Дата створення	Datetime	–	Hi

Таблиця 5.18 – Відомості про атрибути таблиці «File_Types»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
File_Types	file_type_id	Ідентифікатор файлу	Integer	Primary key	Hi
	file_type_name	Назва типу файлу	Varchar(50)	–	Hi

Таблиця 5.19 – Відомості про атрибути таблиці «Work_Type_Specialization»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Work_Type_Specialization	work_type_specialization_id	Ідентифікатор оцінки	Integer	Primary key	Hi
	work_type_id	Ідентифікатор типу роботи	Integer	Foreign Key	Hi
	specialization_id	Ідентифікатор спеціалізації	Integer	Foreign Key	Hi

Таблиця 5.20 – Відомості про атрибути таблиці «Specializations»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Work_Type_Specialization	specialization_id	Ідентифікатор спеціалізації	Integer	Primary key	Ні
	specialization_name	Назва спеціалізації	Varchar(50)	–	Ні
	description	Опис спеціалізації	Text	–	Так

Таблиця 5.21 – Відомості про атрибути таблиці «Contractors»

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних, довжина	Обмеження	NULL
1	2	3	4	5	6
Contractors	contractor_id	Ідентифікатор підрядника	Integer	Primary key	Ні
	contractor_number	Номер підрядника	Varchar(50)	–	Ні
	contractor_company	Назва компанії	Text	–	Ні
	contractor_logo_url	Посилання на логотип компанії	Text	–	Ні
	description	Примітки	Text	–	Так

На рисунках 5.1-5.2 наведено логічну і фізичну Entity-Relationship Diagram (ERD) – діаграми розробленої бази даних модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми.

Логічна ERD-діаграма (рис. 5.1) демонструє концептуальну структуру бази даних з усіма сутностями та їх взаємозв'язками на абстрактному рівні. Логічна модель показує кардинальність зв'язків між сутностями (один-до-багатьох, багато-до-одного), що визначає правила цілісності даних та бізнес-логіку системи.

Фізична ERD-діаграма (рис. 5.2) представляє деталізовану реалізацію бази даних з конкретними назвами таблиць, полів, типами даних та обмеженнями. Вона включає всі атрибути кожної таблиці з їх специфічними характеристиками: первинні ключі, зовнішні ключі, типи даних та обмеження на значення NULL.

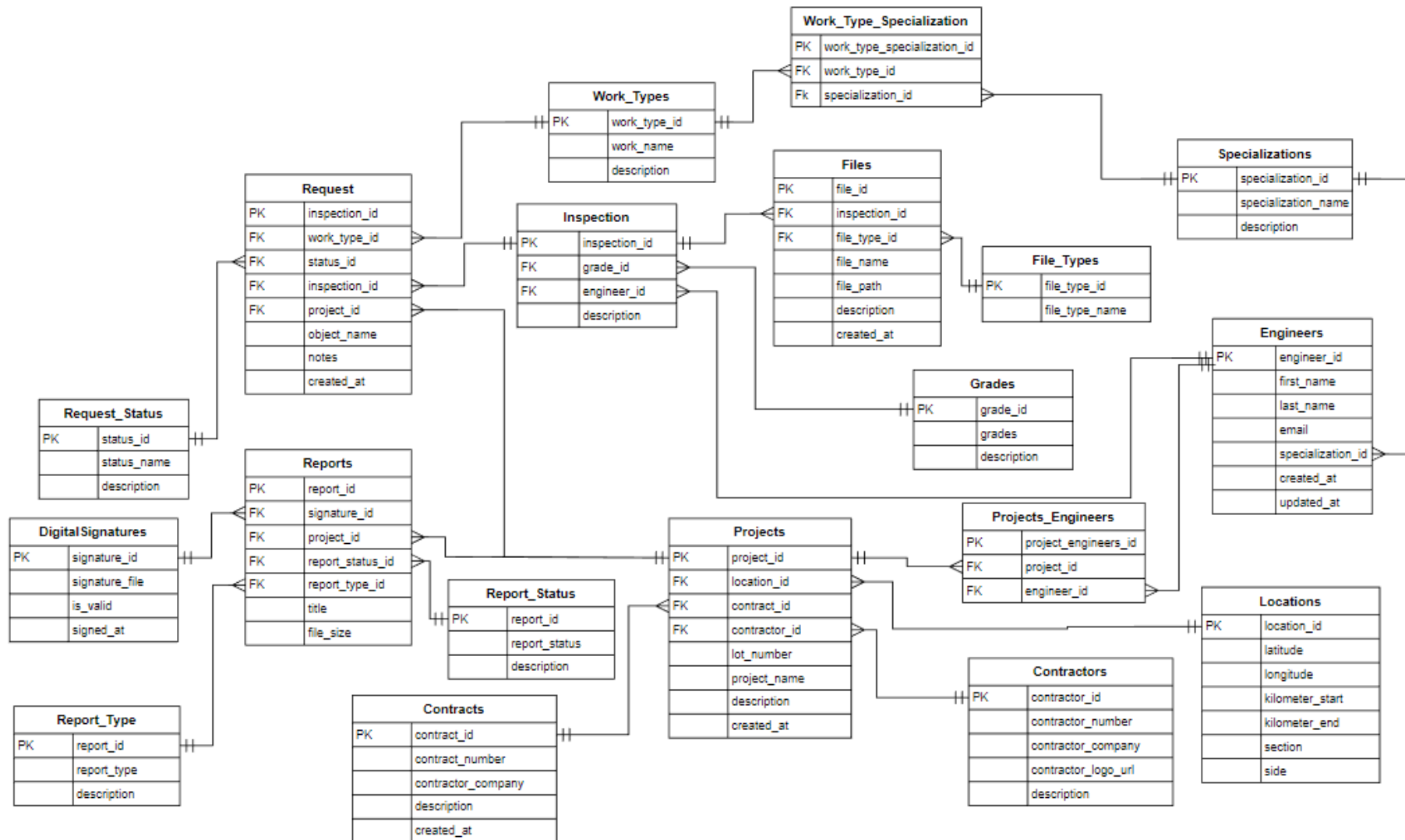


Рисунок 5.1 – Логічна діаграма зв'язків між сутностями

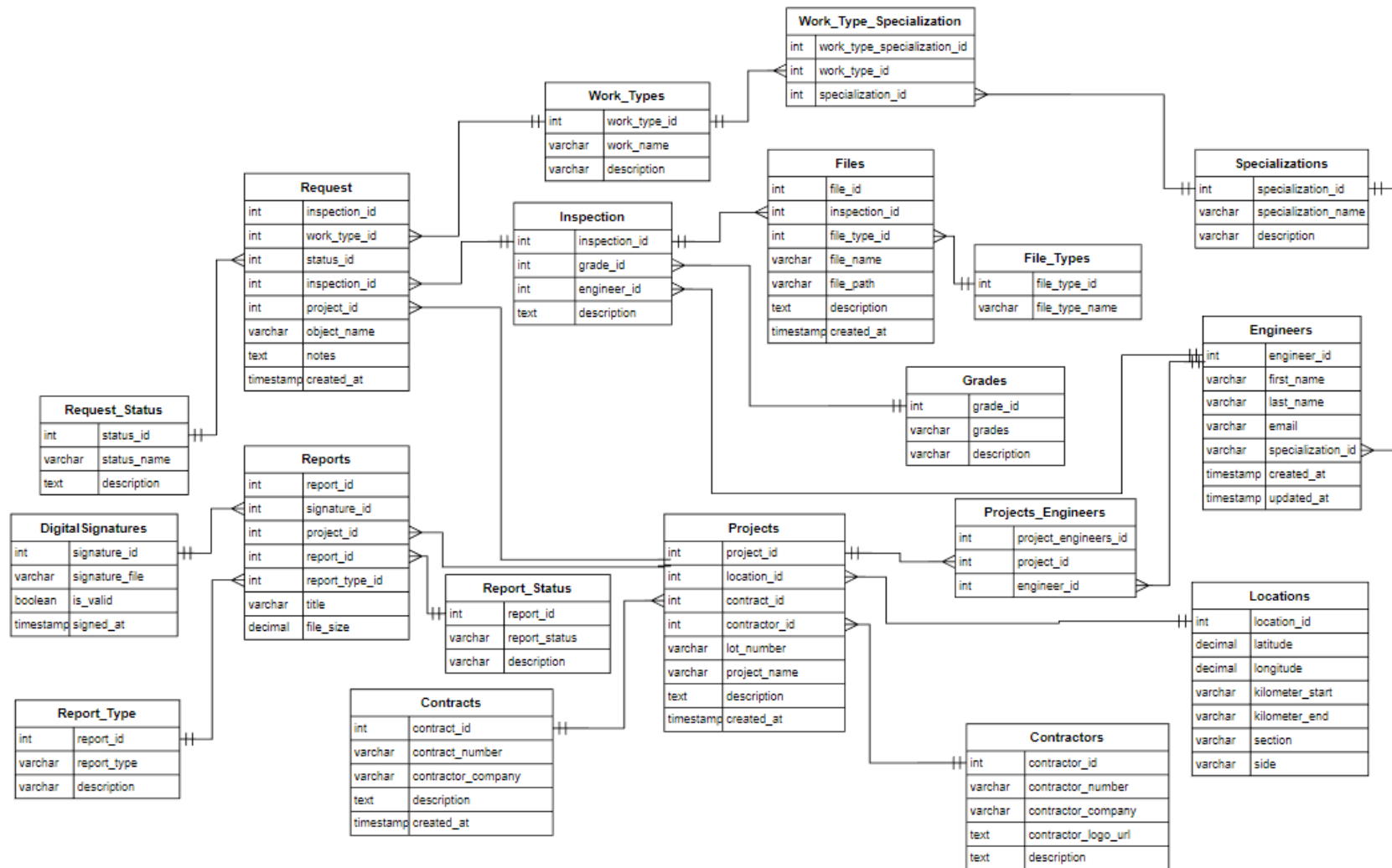


Рисунок 5.2– Фізична діаграма зв'язків між сутностями

6 РОЗРОБКА Й ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МАТЕМАТИЧНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

6.1 Інтерфейс на основі блок-схем

Для моделювання блок-схем, які демонструють логіку функціонування інформаційної системи, застосовується графічний редактор draw.io[6]. Результати створеної схеми алгоритму задачі розробки модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми наведено на рисунку 6.1.

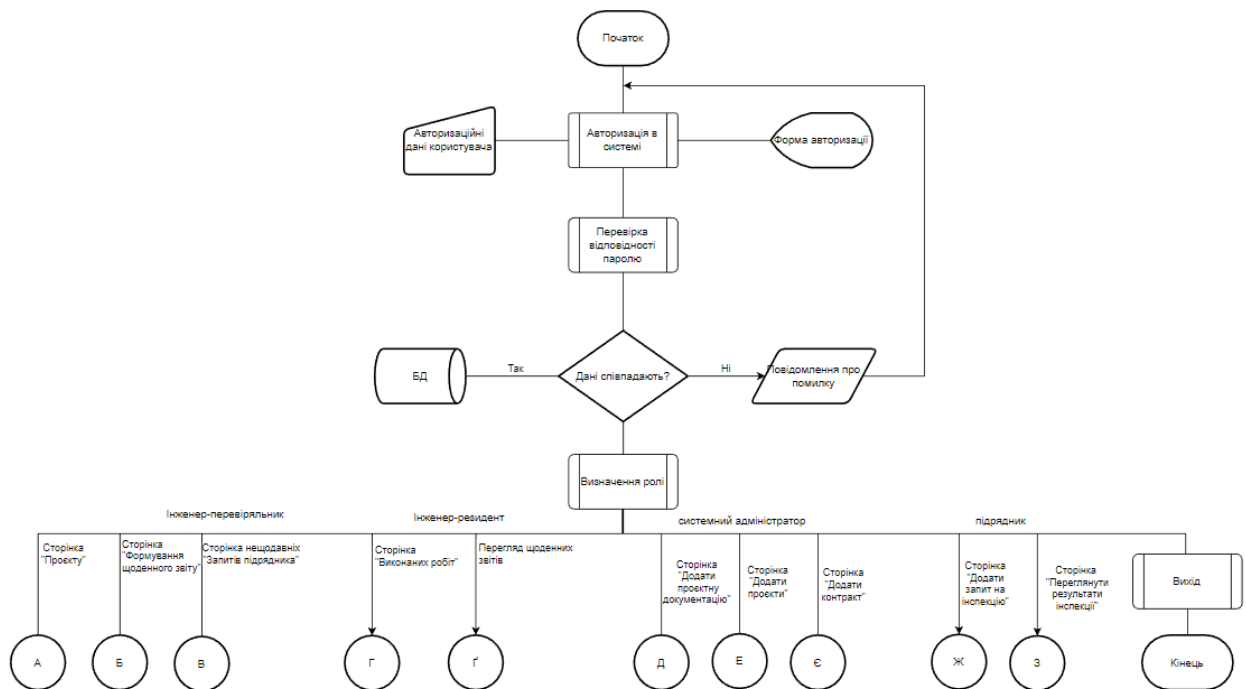


Рисунок 6.1 – Схема алгоритму задачі розробки модуля «Облік результатів виконання будівельних проєктів» ІС приватної контролюючої фірми

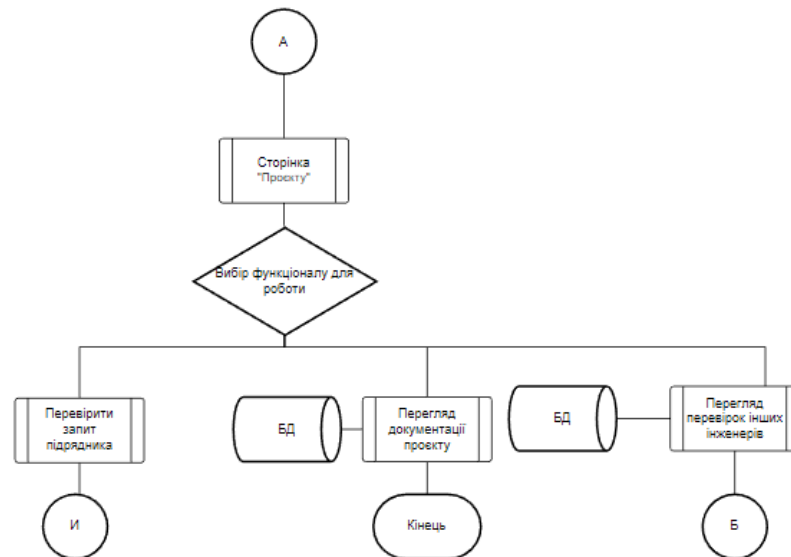


Рисунок 6.1, аркуш 2

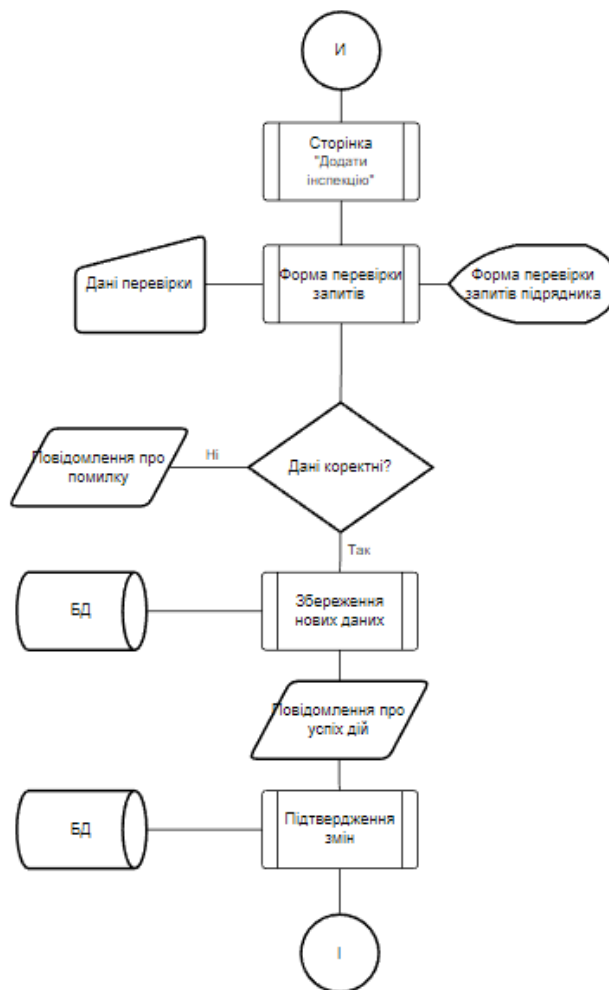


Рисунок 6.1, аркуш 3

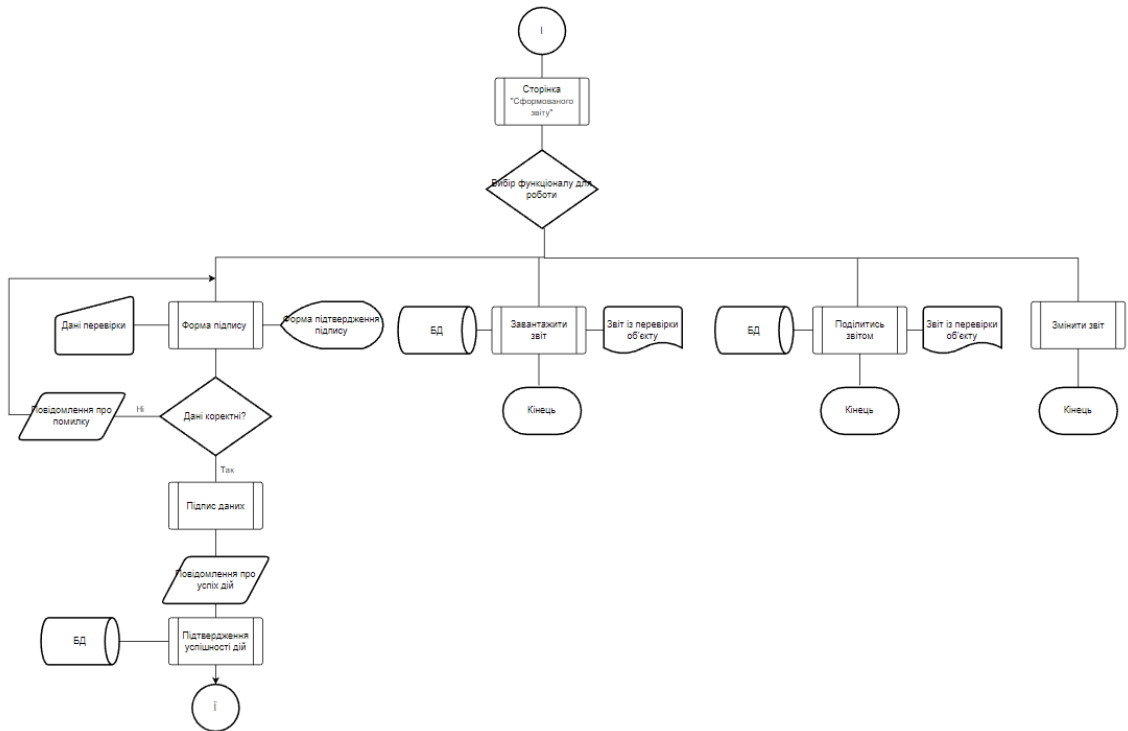


Рисунок 6.1, аркуш 4

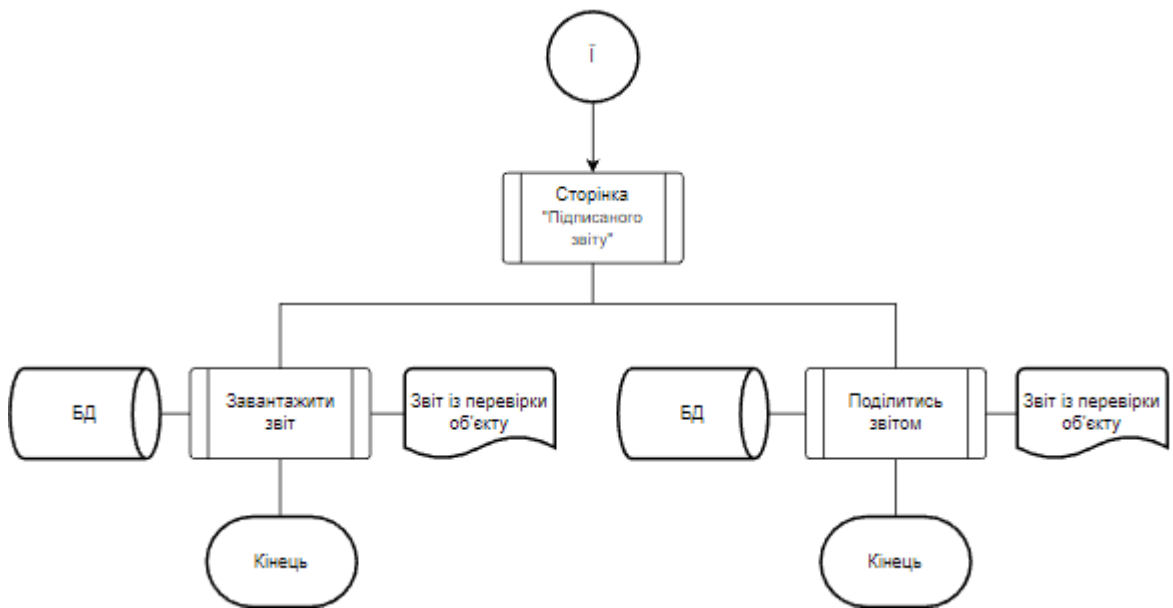


Рисунок 6.1, аркуш 5

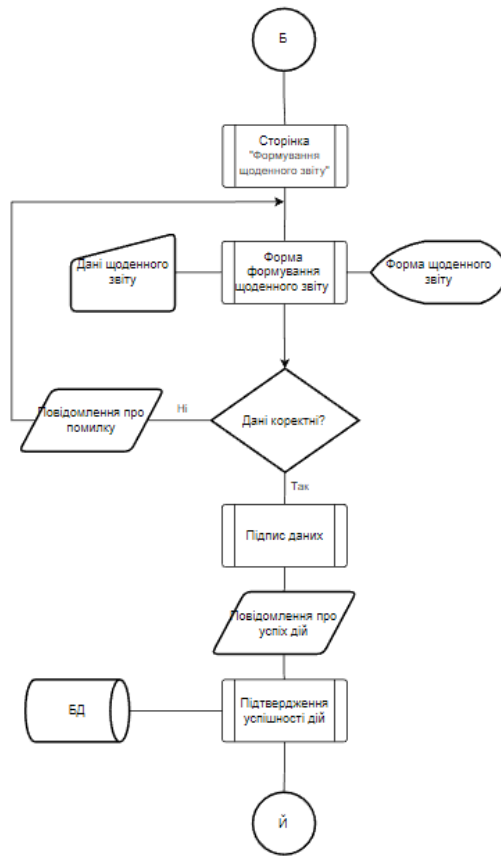


Рисунок 6.1, аркуш 6

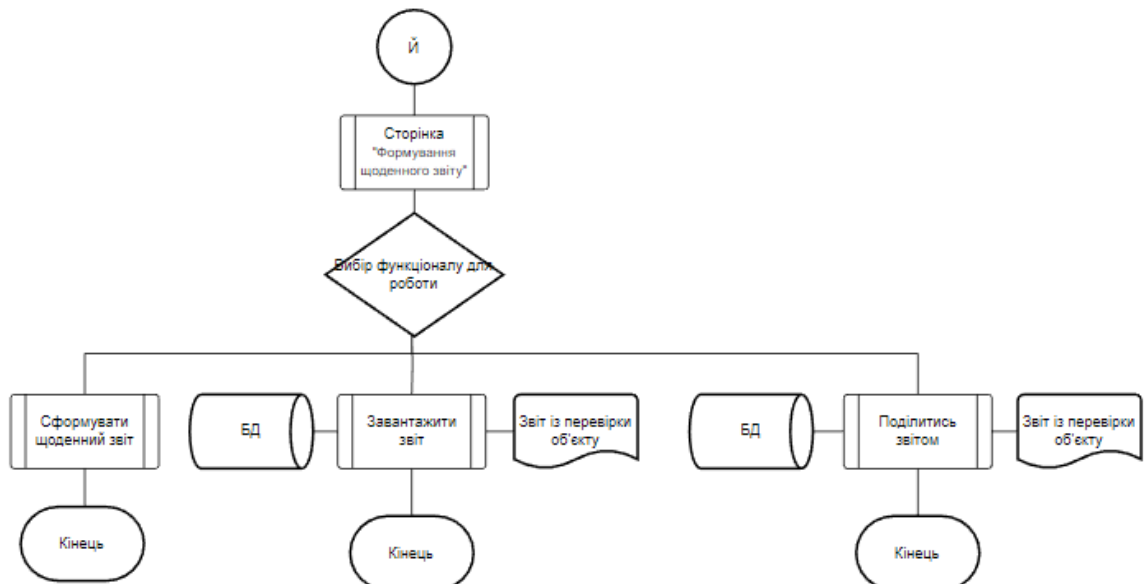


Рисунок 6.1, аркуш 7

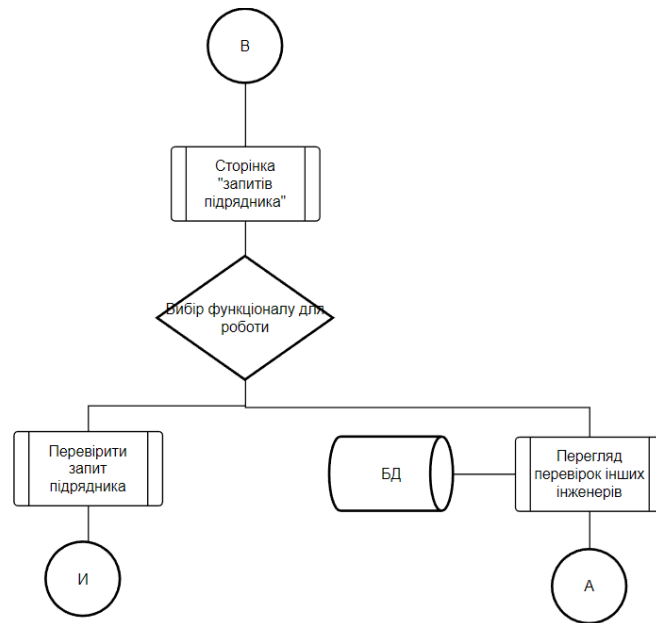


Рисунок 6.1, аркуш 8

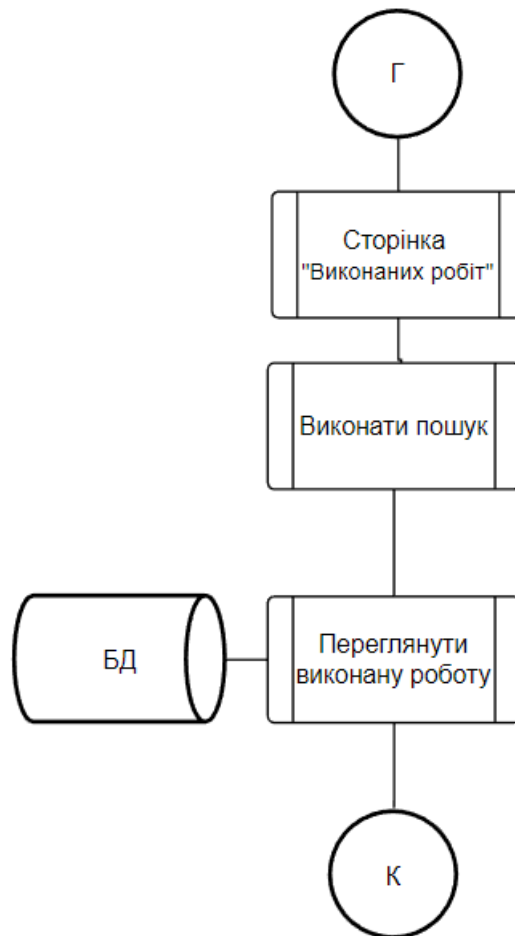


Рисунок 6.1, аркуш 9

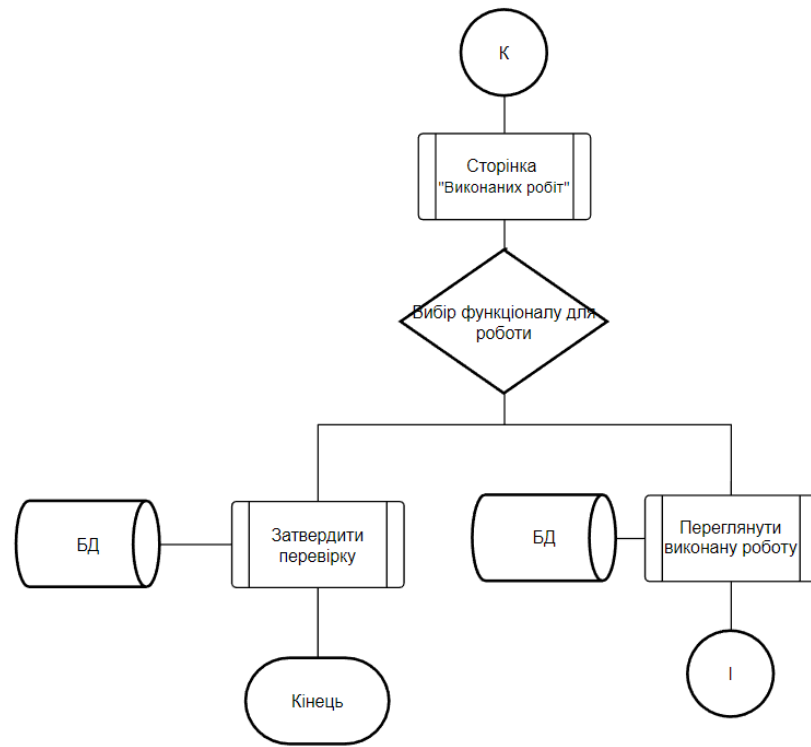


Рисунок 6.1, аркуш 10

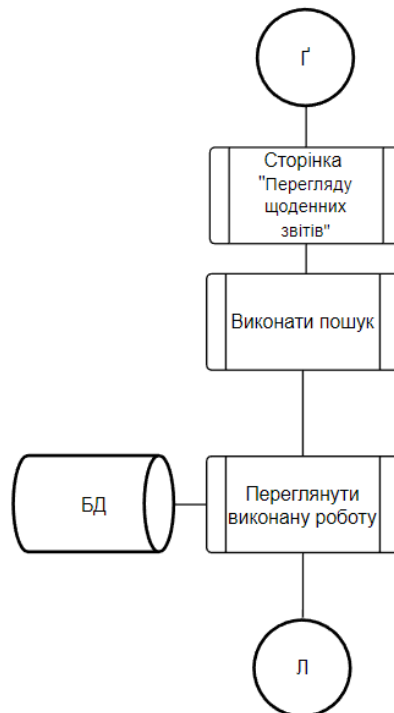


Рисунок 6.1, аркуш 11

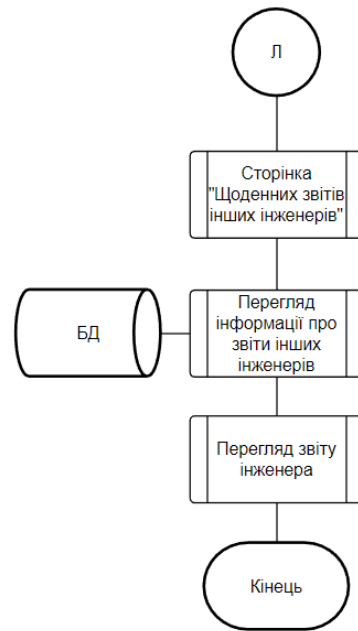


Рисунок 6.1, аркуш 12

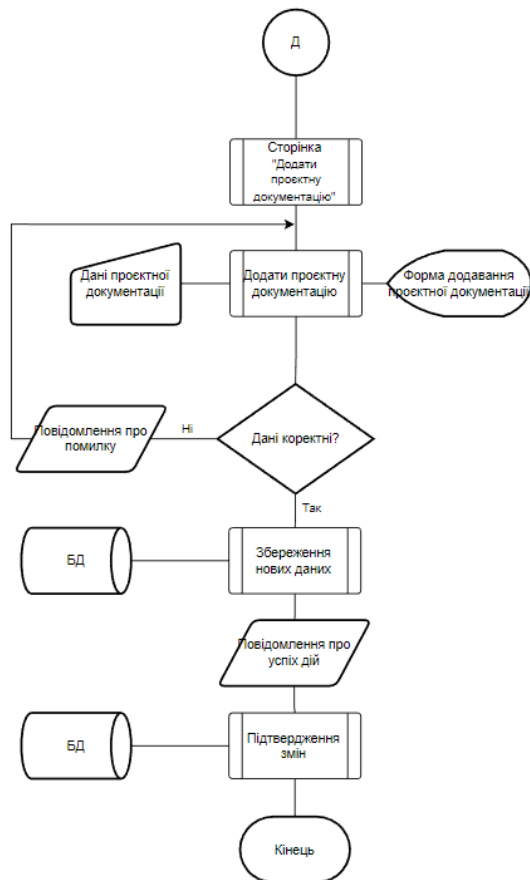


Рисунок 6.1, аркуш 13

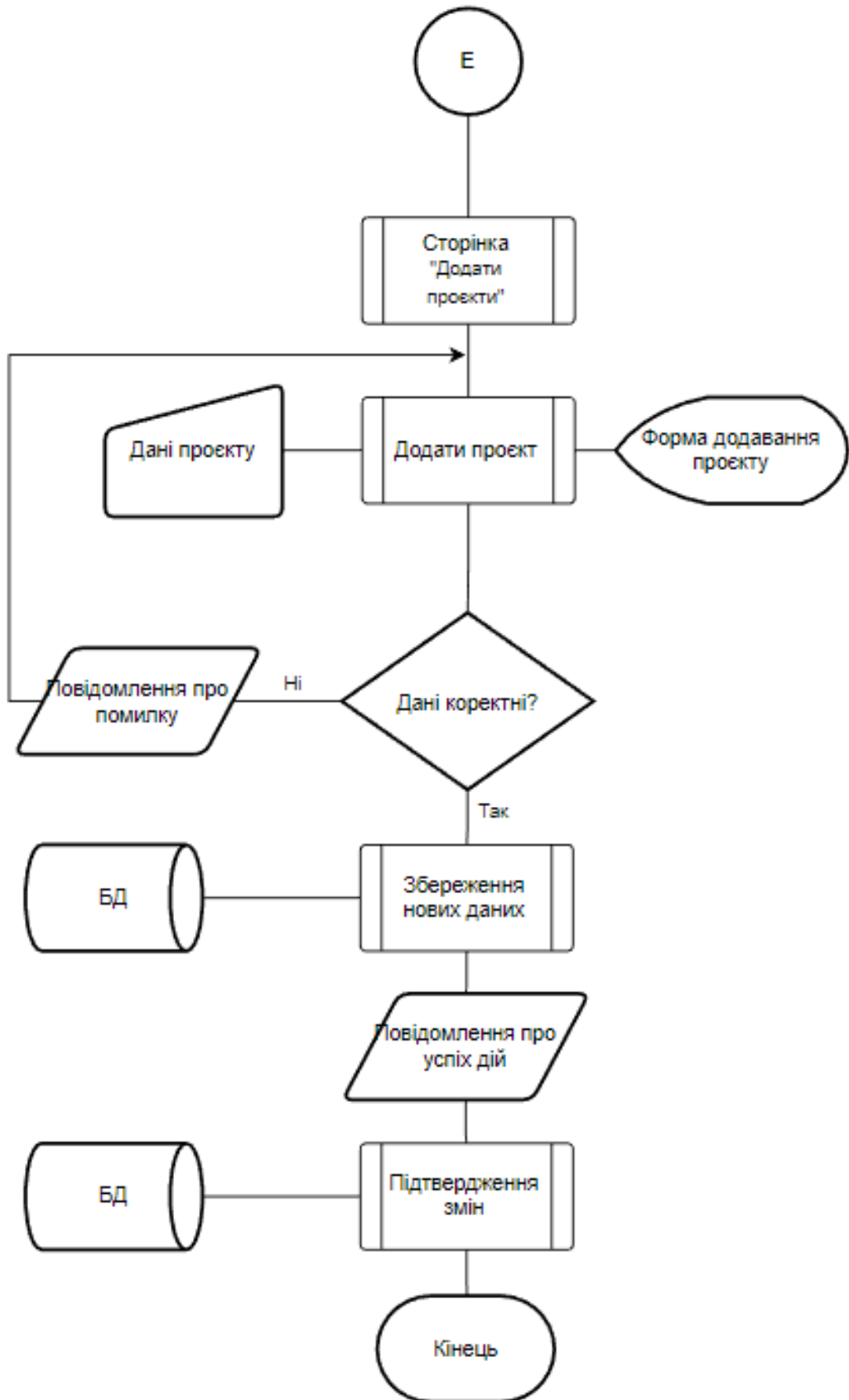


Рисунок 6.1, аркуш 14

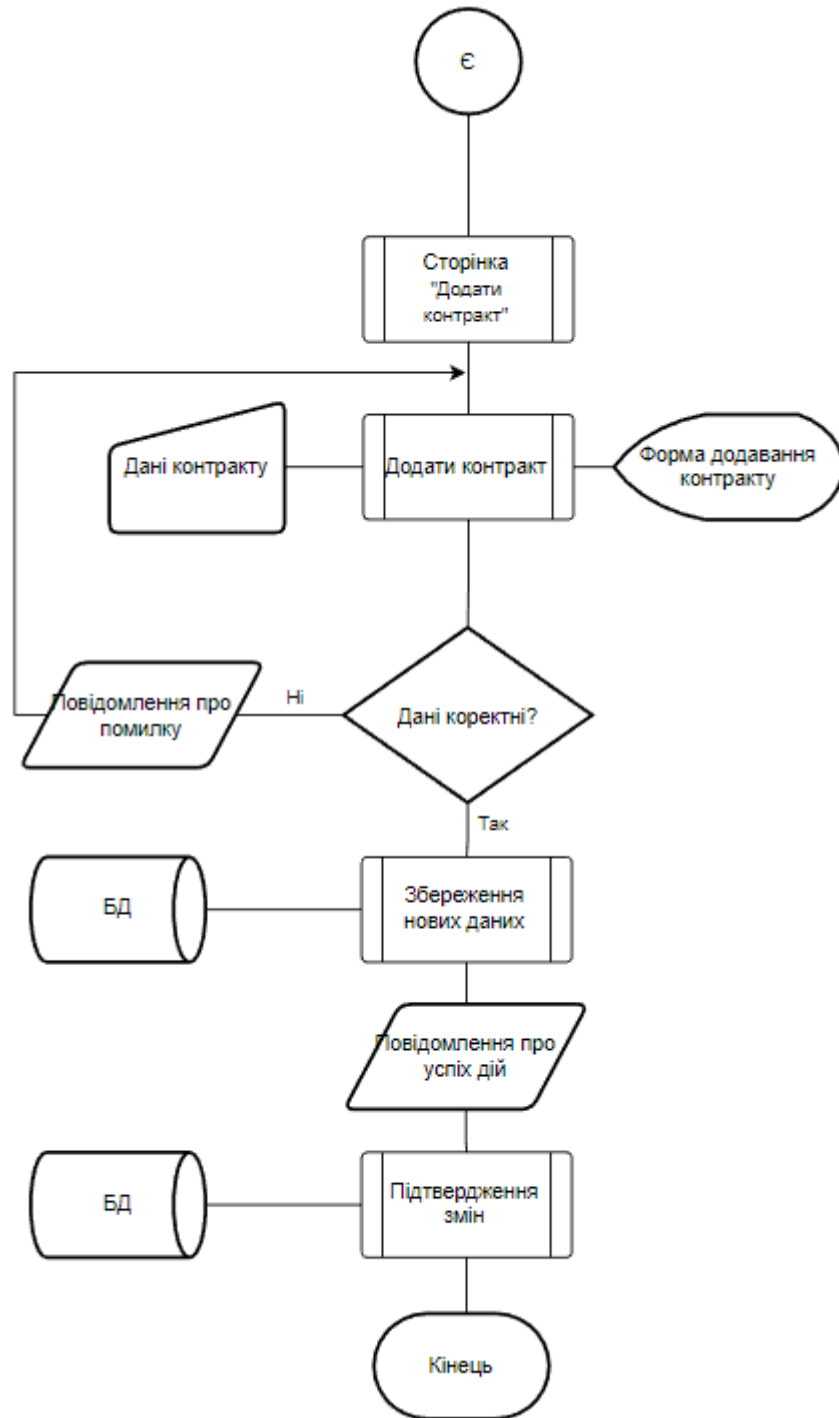


Рисунок 6.1, аркуш 15

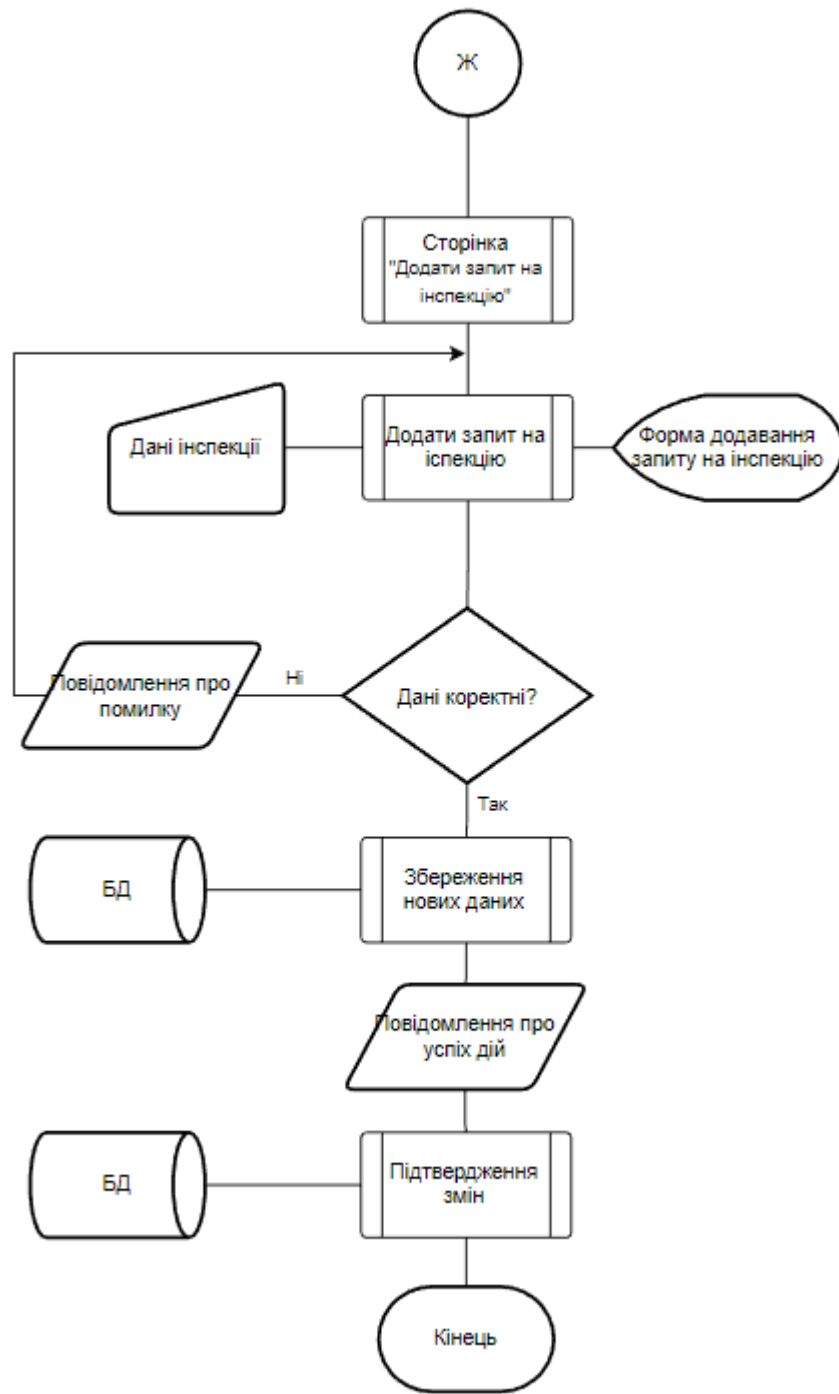


Рисунок 6.1, аркуш 16

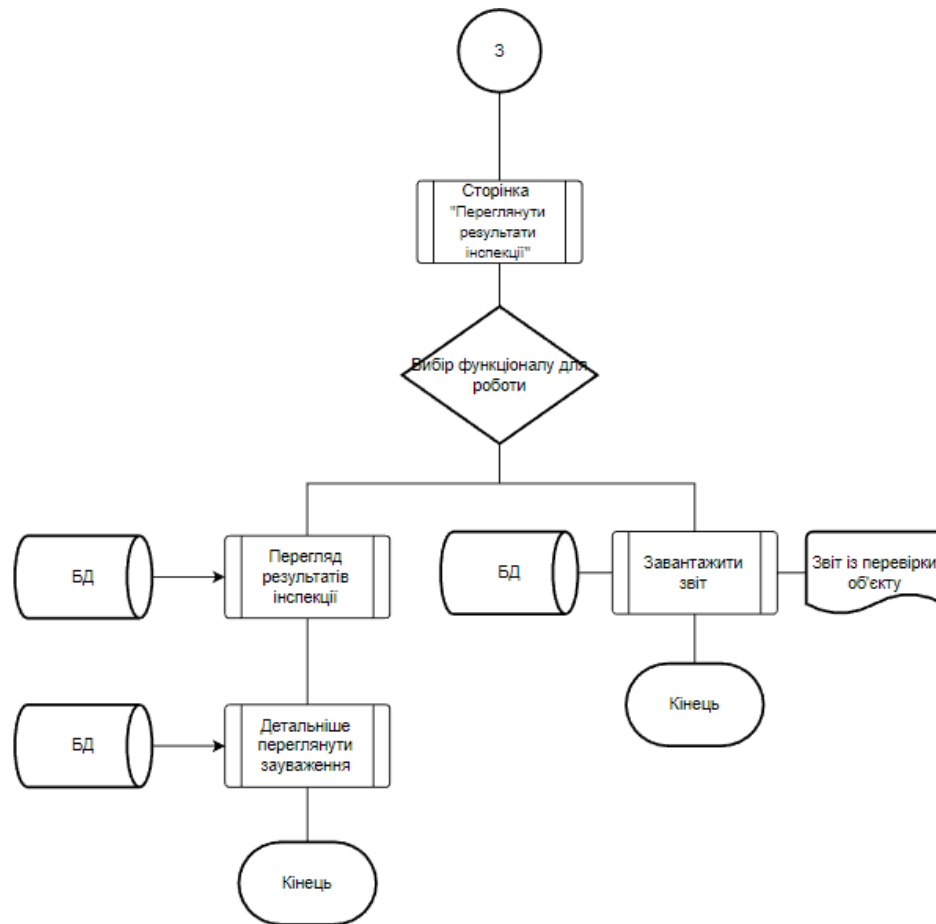


Рисунок 6.1, аркуш 17

6.2 Вимоги до системи електронного підписання документів

Система електронного підписання документів контролюючої фірми повинна забезпечувати високий рівень безпеки та відповідати вимогам чинного законодавства України щодо електронного документообігу. Згідно з Законом України «Про електронні документи та електронний документообіг», електронний документ має таку ж юридичну силу, що й паперовий документ, за умови забезпечення його цілісності та можливості ідентифікації автора.

Особливістю діяльності контролюючих організацій є необхідність інтеграції з державними системами електронного документообігу та використання кваліфікованих електронних підписів. В Україні для цих цілей

використовуються сертифікати системи «Дія», що забезпечує високий рівень довіри до підписаних документів з боку державних органів та фінансових установ.

Система повинна підтримувати стандарт CMS Advanced Electronic Signatures (CAdES), який є європейським стандартом для створення удосконалених електронних підписів.

Формат p7s, який використовується для зберігання підписаних документів, дозволяє зберігати як сам документ, так і всі необхідні криптографічні дані для верифікації підпису. Це забезпечує можливість перевірки автентичності документів навіть через тривалий час після їх створення, що є обов'язковою вимогою для будівельної документації.

6.3 Обґрунтування вибору алгоритму ECDSA

Алгоритм Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) є оптимальним вибором для системи електронного підписання документів контролюючої фірми з декількох ключових причин. По-перше, ECDSA забезпечує високий рівень криптографічної стійкості при відносно невеликому розмірі ключів, що є критично важливим для мобільних пристроїв та систем з обмеженими обчислювальними ресурсами.

Алгоритм ECDSA базується на математичних властивостях еліптичних кривих над скінченними полями, що забезпечує його стійкість до атак. Криптографічна стійкість ECDSA з ключем довжиною 256 біт еквівалентна Rivest, Shamir, Adleman (RSA) з ключем довжиною 3072 біти, що робить ECDSA значно більш ефективним з точки зору використання ресурсів.

Важливою перевагою ECDSA є його сумісність з сертифікатами системи «Дія», які використовують саме цей алгоритм для створення кваліфікованих електронних підписів. Це забезпечує можливість інтеграції розробленої

системи з державними електронними сервісами та дозволяє використовувати існуючі сертифікати користувачів без необхідності їх перевипуску.

Алгоритм будується на еліптичних кривих і є частиною стандарту ДСТУ 4145-2002 [7] який у свою чергу в Україні базується на основі стандарту Federal Information Processing Standards (FIPS) 186 [8].

Реалізація підпису повідомлення шляхом використання алгоритму ECDSA.

Еліптична крива E над скінченним полем визначається рівнянням Вейерштрасса у короткій формі в формулі:

$$y^2 = x^3 + ax + b,$$

де $a, b \in F_p$ – параметри кривої;

p – просте число, що визначає скінченне поле;

$\Delta = -16(4a^3 + 27b^2) \neq 0 \pmod{p}$ – дискримінант кривої.

Нахил прямої λ , що з'єднує точки P_1 і P_2 обчислюється за формулою:

$$\lambda = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \pmod{p},$$

де p – просте число, що визначає скінченне поле;

x_1 та x_2 – координати x точок P_1 і P_2 ;

y_1 та y_2 – координати y точок P_1 і P_2 .

Для двох різних точок $P_1 = (x_1, y_1)$ та $P_2 = (x_2, y_2)$ на еліптичній кривій E , результуюча точка $P_3 = (x_3, y_3) = P_1 + P_2$.

Розрахунок точки x_3 визначається за формулою:

$$x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2 \pmod{p},$$

де λ – нахил прямої, що з'єднує точки P_1 і P_2 ;

x_1 та x_2 – координати x точок, які додаються;

p – просте число, що визначає скінченне поле.

Розрахунок точки u_3 визначається за формулою:

$$y_3 = \lambda(x_1 - x_2) - y_1 \pmod{p}$$

де λ – нахил прямої, що з'єднує точки P_1 і P_2 ;

p – просте число, що визначає скінченне поле.

Для генерації пари ключів у алгоритмі ECDSA використовується базова точка G порядку n на еліптичній кривій E . Публічний ключ обчислюється за формулою:

$$Q = d \cdot G,$$

де d – приватний ключ, випадкове ціле число з інтервалу $[1, n - 1]$;

G – базова точка еліптичної кривої;

$Q = (x_Q, y_Q)$ – публічний ключ.

Для повідомлення m цифровий підпис (r, s) у алгоритмі ECDSA генерується наступним чином. Спочатку обчислюється геш повідомлення за формулою:

$$h = H(m),$$

де H – геш функція SHA256 або SHA512;

m – повідомлення, яке має бути загешованим.

Далі генерується випадкове число $k \in [1, n - 1]$, і обчислюється точка за формулою:

$$(x_1, y_1) = k \cdot G$$

де k – випадково згенероване число;

G – базова точка еліптичної кривої;

Цифровий підпис ECDSA для повідомлення m – це пара чисел (r, s) . Які обчислюються за формулою:

$$r = x_1 \bmod n$$

де n – порядок базової точки;

x_1 – координата обчисленої точки.

Далі необхідно обчислити точку s (скаляр), яка є числовою компонентою підпису та обчислюється за формулою:

$$s = k^{-1}(h + r * d) \bmod n$$

де k^{-1} – обернений елемент до k .

h – це геш-повідомлення m ;

r – точка підпису;

d – приватний ключ;

n – порядок базової точки G .

У подальшому, за необхідності, потрібно провести верифікацію цифрового підпису ECDSA. Алгоритм верифікації підпису повідомлення ECDSA.

Для перевірки підпису (r, s) для повідомлення m із публічним ключем Q виконуються наступні кроки. Спочатку обчислюється геш повідомлення, далі необхідно обчислити мультиплікативно-обернений елемент. за формулою:

$$\omega = s^{-1} \text{ mod } n$$

де n – порядок базової точки;

s^{-1} – обернений елемент до s .

Наступним кроком необхідно обчислити допоміжні значення, які дозволять провести верифікацію підпису. обчислюються допоміжні значення u_1 та u_2 за формулами та відповідно:

Допоміжне значення u_1 обчислюється за формулою:

$$u_1 = h \cdot \omega \text{ mod } n$$

де h – геш повідомлення;

ω – обернений елемент до s ;

n – порядок базової точки.

Допоміжне значення u_2 обчислюється за формулою:

$$u_2 = r \cdot \omega \text{ mod } n$$

де r – точка підпису;

ω – обернений елемент до s ;

n – порядок базової точки.

Далі необхідно виконати обчислення контрольної точки:

$$(x_1, y_1) = u_1 \cdot G + u_2 \cdot Q$$

де u_1 та u_2 – допоміжні значення;

G – базова точка еліптичної кривої;

$Q = (x_Q, y_Q)$ – публічний ключ.

Підпис є дійсним, якщо відповідає рівнянню наведеному за формулою:

$$r \equiv x_1 \pmod{n}$$

де r – точка підпису;

n – порядок базової точки.

6.4 Інтеграція з системою сертифікатів «Дія»

Система сертифікатів «Дія» є національною інфраструктурою відкритих ключів України, яка забезпечує видачу та управління кваліфікованими електронними сертифікатами. Інтеграція розробленої системи з інфраструктурою «Дія» дозволяє використовувати існуючі сертифікати користувачів та забезпечує високий рівень довіри до створюваних електронних підписів.

Сертифікати «Дія» використовують алгоритм ECDSA з кривою ДСТУ 4145-2002 [7], що є національним стандартом України для криптографії на еліптичних кривих. Це забезпечує повну сумісність розробленого рішення з

національними криптографічними стандартами та вимогами регуляторних органів.

Використання сертифікатів «Дія» надає можливість автоматичної верифікації статусу сертифікатів через Online Certificate Status Protocol (OCSP) та отримання списків відкликаних сертифікатів. Це забезпечує актуальність інформації про дійсність сертифікатів та виключає можливість використання скомпрометованих або відкликаних сертифікатів.

Також є можливість розглянути за прикладом сайту електронного кабінету платника податків, це дозволить покращити якість користування, проте задля вимог безпеки дозволити використання лише хмарних ключів, оскільки файл .jks буде порушувати вимоги безпеки, а переносний носій буде недоцільними із-за специфіки мобільного додатку. Це дозволить вибирати АЦСК для верифікації ключа.

Крім того, інтеграція з системою «Дія» дозволяє забезпечити юридичну значущість створюваних електронних документів для взаємодії з державними органами, банками та іншими фінансовими установами, що є особливо важливим для діяльності контролюючих організацій у сфері будівництва.

7 РОЗРОБКА Й ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

Серверна частина базується на PostgreSQL 15.3 для надійного зберігання даних на кластері Linux Ubuntu Server 22.04 LTS. Бізнес-логіка реалізована на .NET 9 з ASP.NET Core для веб-API, використовуючи Entity Framework Core 8.0 та Dapper для оптимізації запитів. REST API підтримує JWT-авторизацію та OAuth 2.1, з RabbitMQ 3.12 для міжсервісного обміну.

Архітектура системи побудована за принципами мікросервісів з використанням Domain-Driven Design (DDD) для забезпечення модульності та масштабованості. Кожен мікросервіс відповідає за окремий бізнес-домен та може незалежно розгортатися і масштабуватися. Для забезпечення консистентності даних між сервісами використовується паттерн Saga з компенсуючими транзакціями. Моніторинг системи реалізований через OpenTelemetry з інтеграцією Prometheus для метрик та Grafana для візуалізації.

Клієнтська частина включає веб-портал для інженерів-інспекторів, підрядників та адміністраторів на React 19/TypeScript 5.2, а також PWA на Expo 50/React Native для польових умов. Мобільний додаток забезпечує офлайн-роботу з автосинхронізацією та адаптивний інтерфейс для різних пристроїв.

Інфраструктура розгорнута на Colocall (Київ) з Proxmox VE 8.0, Kubernetes 1.28 для оркестрації та GitLab CI/CD 16.8 для автоматизації. Контейнеризація через Docker 24.0 з регулярним сканування безпеки образів.

8 РОЗРОБКА Й ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

Серверна частина системи базується на кластері серверів під керуванням операційної системи Linux Ubuntu Server 22.04 LTS, розміщених на хостингу від української компанії HOSTiQ.ua з дата-центром у місті Київ.

Мобільний додаток підтримує офлайн-режим і автоматичну синхронізацію даних при відновленні зв'язку, адаптований для роботи на різних розмірах екранів смартфонів і планшетів. Смартфони для додатку обладнані процесорами не нижче рівня Qualcomm Snapdragon 8 Gen 2 або Apple A16 Bionic, з оперативною пам'яттю не менше 8 GB та внутрішньою пам'яттю від 128 GB, що забезпечує стабільну роботу додатку на операційних системах iOS 18 та Android 14.

На схемі зображеній на рисунку 8.1 показано комплекс технічних засобів.

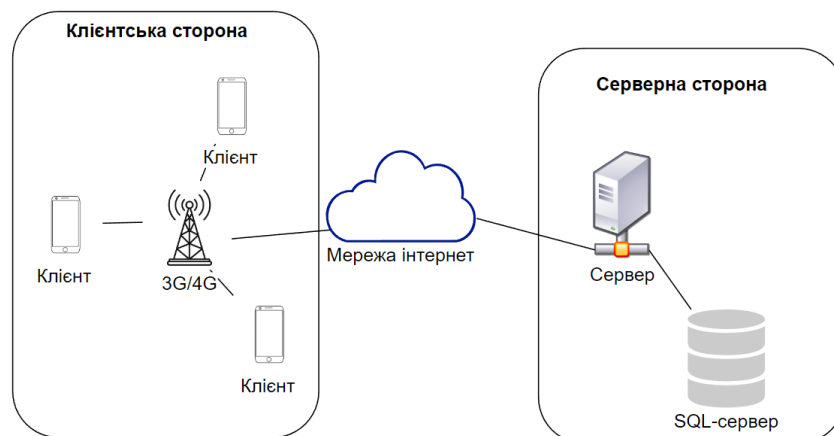


Рисунок 8.1 – Схема комплексу технічних засобів

Усі компоненти пов'язані через мережу інтернет, що забезпечує передачу даних між клієнтами та сервером.

9 РОЗРОБКА USER EXPERIENCE (UX) ТА USER INTERFACE (UI) РІШЕНЬ МОДУЛЯ «ОБЛІК РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ» ІС ПРИВАТНОЇ КОНТРОЛЮЮЧОЇ ФІРМИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено модуль системи Engineer Inspect, призначений для автоматизації обліку результатів виконання будівельних проєктів та контролю якості робіт.

Перед початком роботи користувач бачить сторінку авторизації, екранну форму входу зображену на рисунку 9.1, яка дозволяє авторизуватись у системі.

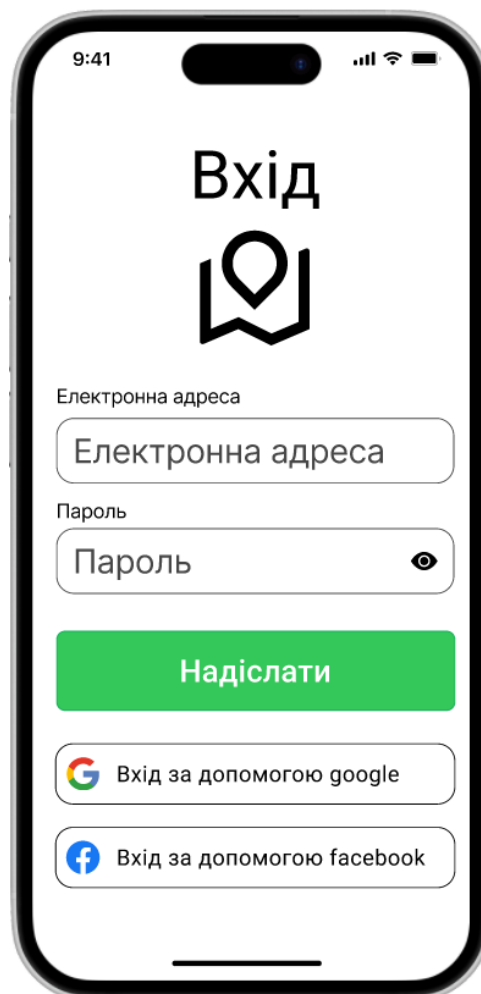


Рисунок 9.1 – Екранна форма входу

Після входу в особистий кабінет відкривається головна сторінка, зображена на рисунку 9.2, яка містить список усіх активних будівельних проєктів. На сторінці відображені основні вкладки: «Проекти», «Запити на перевірку», «Звіти», «Документація» та бокове меню з додатковими посиланнями.

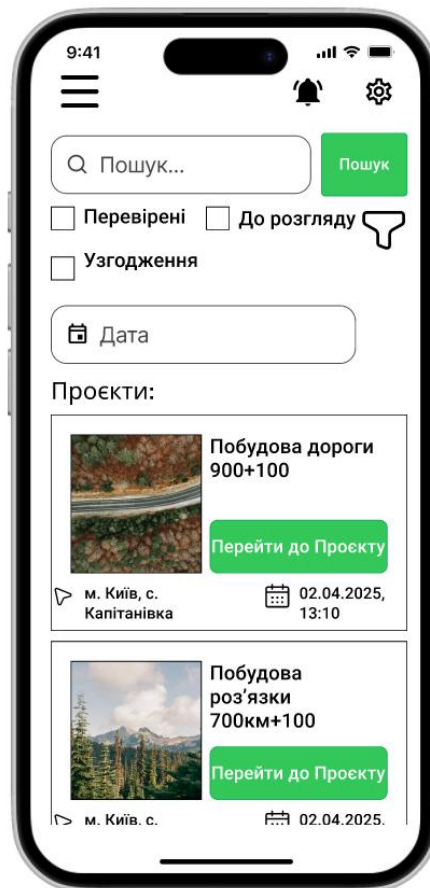


Рисунок 9.2 – Екранна форма проєктів

Форма, показана на рисунку 9.3, відображає детальну інформацію про конкретний будівельний проєкт, включаючи етапи виконання, учасників, терміни та поточний статус. Користувач може перейти до управління документацією, звітами чи взаємодії з підрядниками.

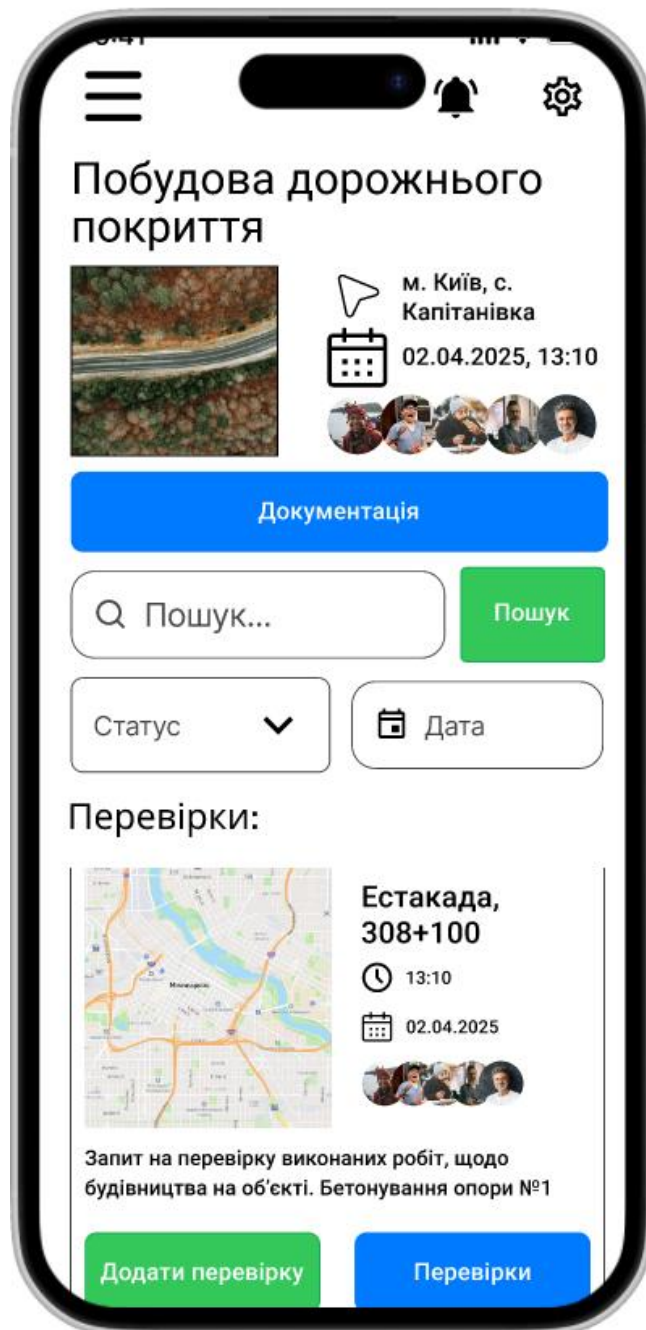


Рисунок 9.3 – Екранна форма проєкту

Форма, зображена на рисунку 9.4, переглядати проєктну документацію, таку як технічні креслення, специфікації та стандарти будівництва. Інтерфейс підтримує швидкий пошук документів за категоріями чи ключовими словами.

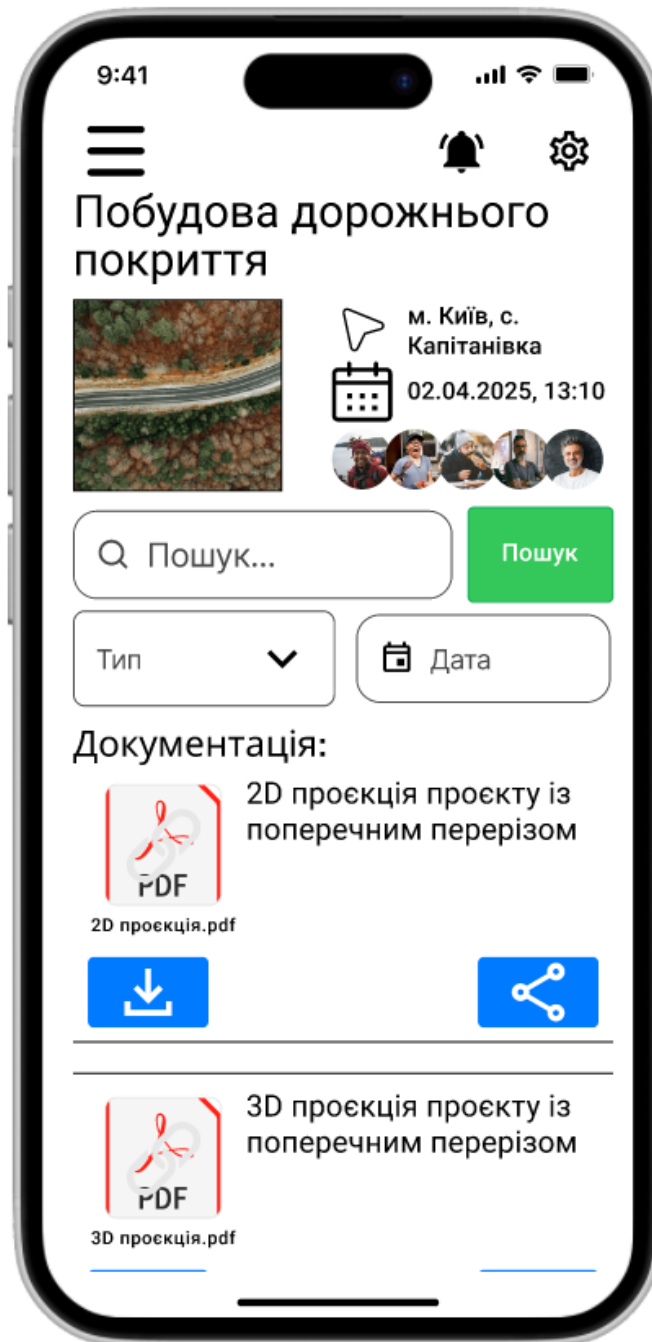


Рисунок 9.4 – Екранна форма документації проекту

Форма, показана на рисунку 9.5, призначена для обробки запитів від підрядників на проведення інспекції виконаних робіт. Містить інформацію про тип робіт, локацію об'єкта та терміни, дозволяючи виконати ефективно оцінку виконаних робіт на об'єкті будівництва.

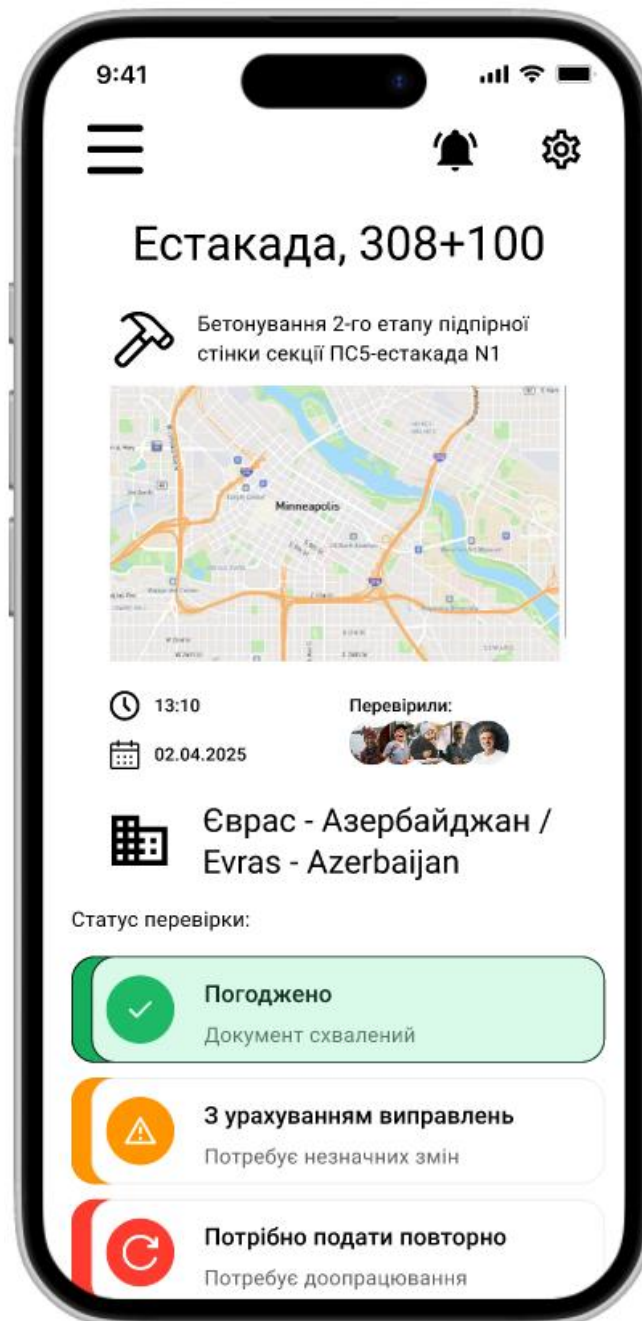


Рисунок 9.5 – Екранна форма перевірки запиту

Модуль, показаний на рисунку 9.6, дозволяє прикріплювати фотографії, що документують стан об'єкта під час інспекції, для фіксації відповідності робіт або виявлених проблем.

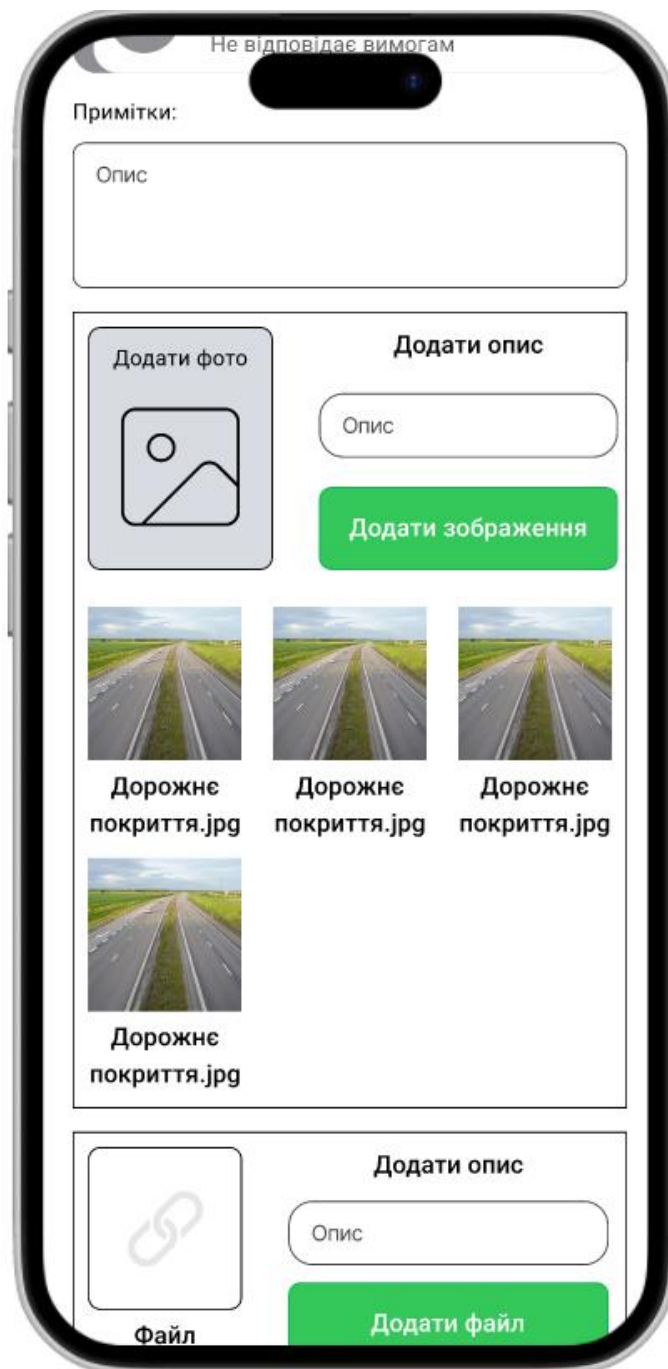


Рисунок 9.6 – Екранна форма додавання зображення інспекції

Форма, зображена на рисунку 9.8, призначена для редагування завантажених зображень, дозволяючи додавати опис або змінювати зображення.

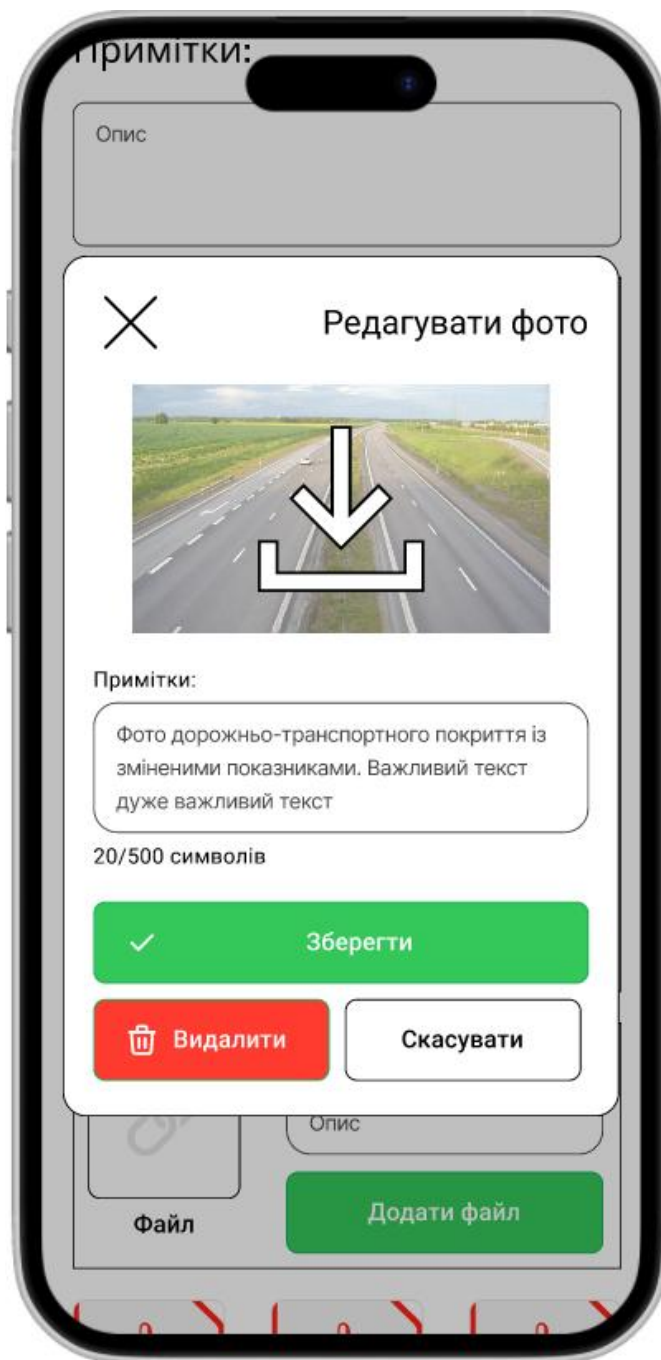


Рисунок 9.7 – Екранна форма редагування доданого зображення

Інтерфейс, показаний на рисунку 9.8, дозволяє завантажувати документи у форматі PDF, такі як технічні звіти чи лабораторні результати, до матеріалів інспекції.



Рисунок 9.8 – Екранна форма додавання PDF-файлів

Форма, зображена на рисунку 9.9, призначена для управління метаданими прикріплених файлів, включаючи зміну назви, опису, категорії та прав доступу.

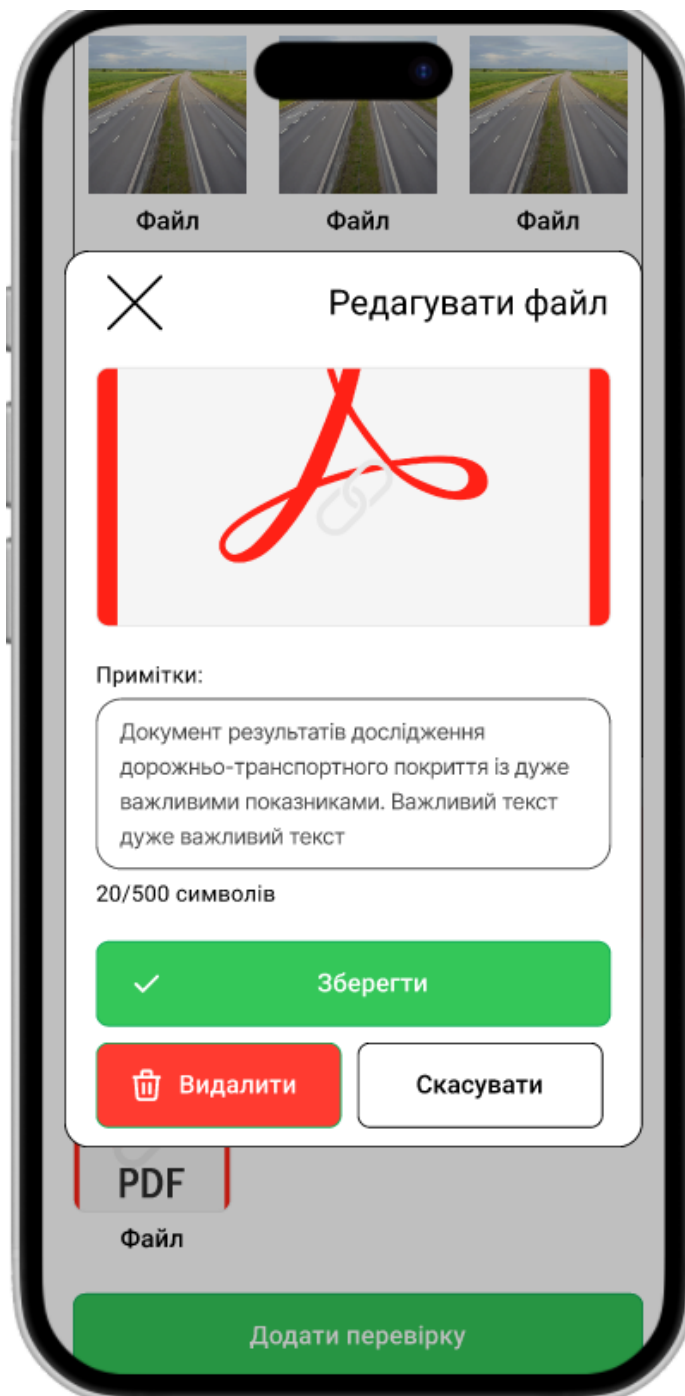


Рисунок 9.9 – Екранна форма редагування доданого файлу

Модуль, показаний на рисунку 9.10, дозволяє накладати електронний цифровий підпис на документи інспекції, забезпечуючи їх юридичну значущість.



Рисунок 9.10 – Екранна форма підпису файлу

Інтерфейс, зображений на рисунку 9.11, призначений для підтвердження накладання електронного підпису.

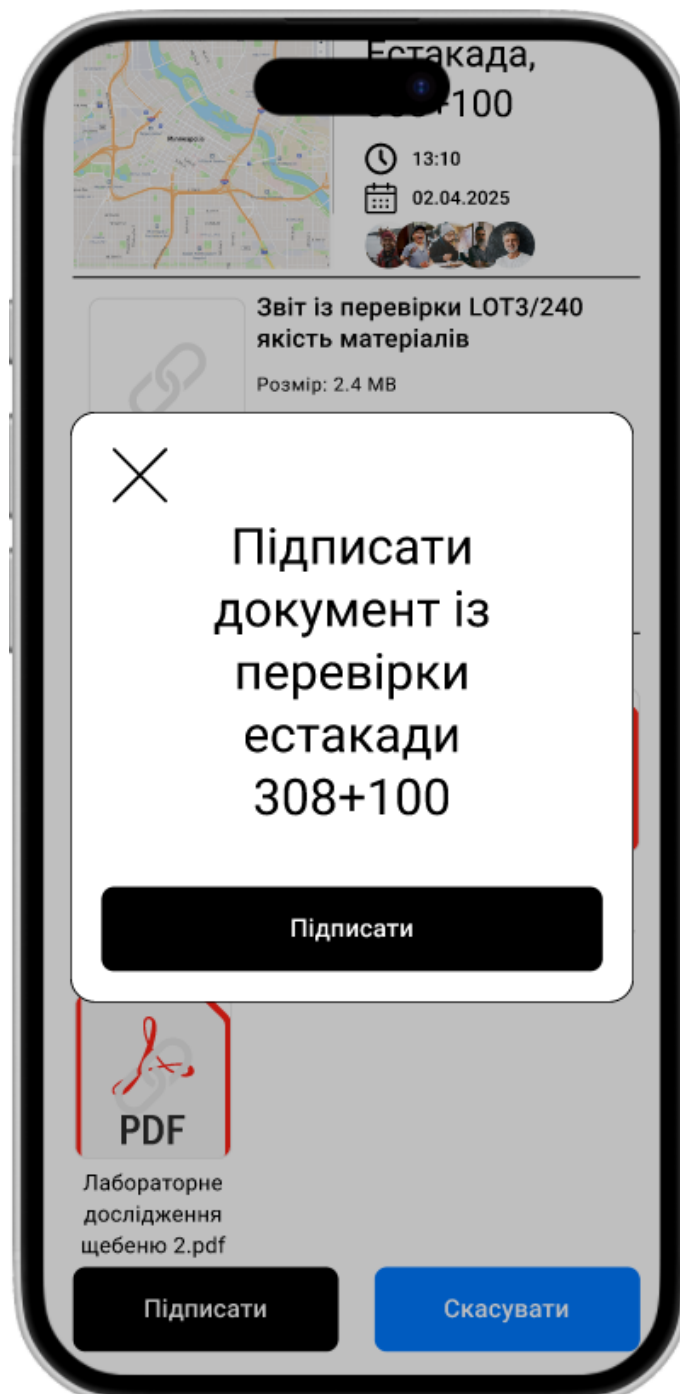


Рисунок 9.11 – Екранна форма підтвердження підпису файлу

Форма, показана на рисунку 9.12, відображає результати завершеної інспекції, включаючи висновки інженерів, виявлені недоліки та рекомендації для підрядника, включно із технічними звітами інженерів



Рисунок 9.12 – Екранна форма перевіреної роботи

Інтерфейс, зображений на рисунку 9.13, дозволяє координувати роботу інженерів різних спеціальностей, показуючи статус перевірок, виконаних колегами. І в подальшому після проведення усіма інженерами перевірки робіт, сформуванати звіт про інспекцію.

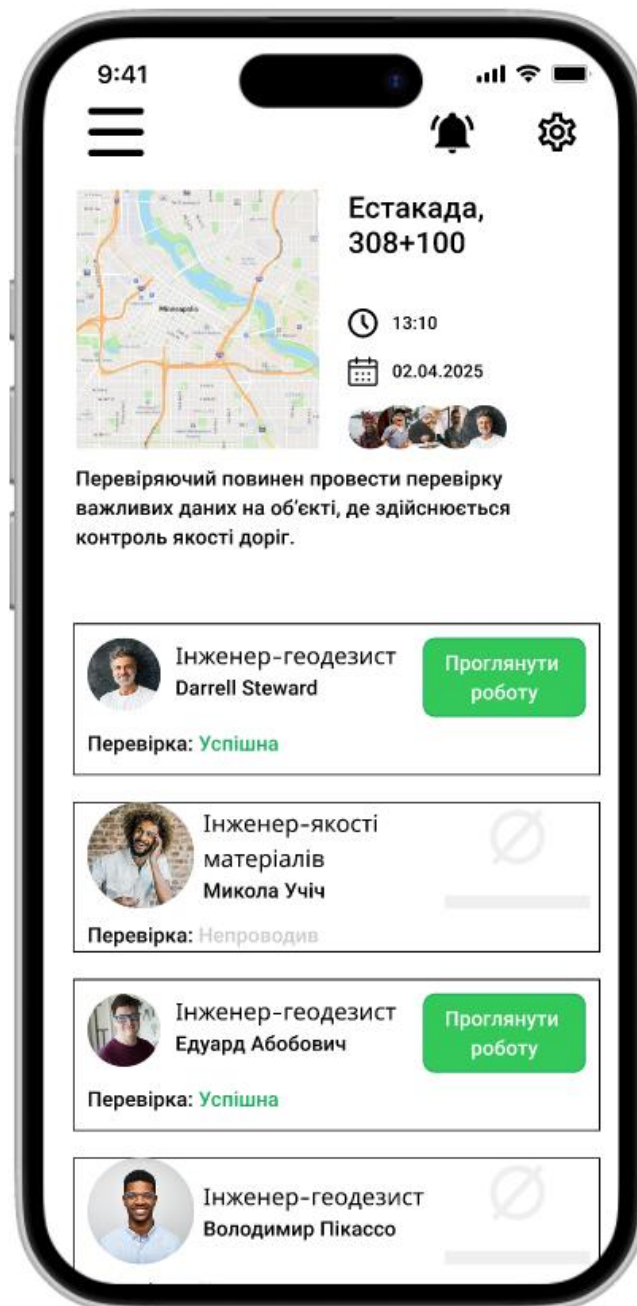


Рисунок 9.13 – Екранна форма виконаних робіт іншими інженерами

Особистий кабінет інженера, зображений на рисунку 9.15, містить інформацію про спеціалізацію, активні проєкти, статистику перевірок та налаштування профілю.



Рисунок 9.14 – Екранна форма профілю інженера

Екранна форма показана на рисунку 9.15 – 9.16, дозволяє створювати щоденні звіти про хід робіт, узагальнюючи результати інспекцій за день та демонструючи загальну кількість робіт виконаних інженерами.

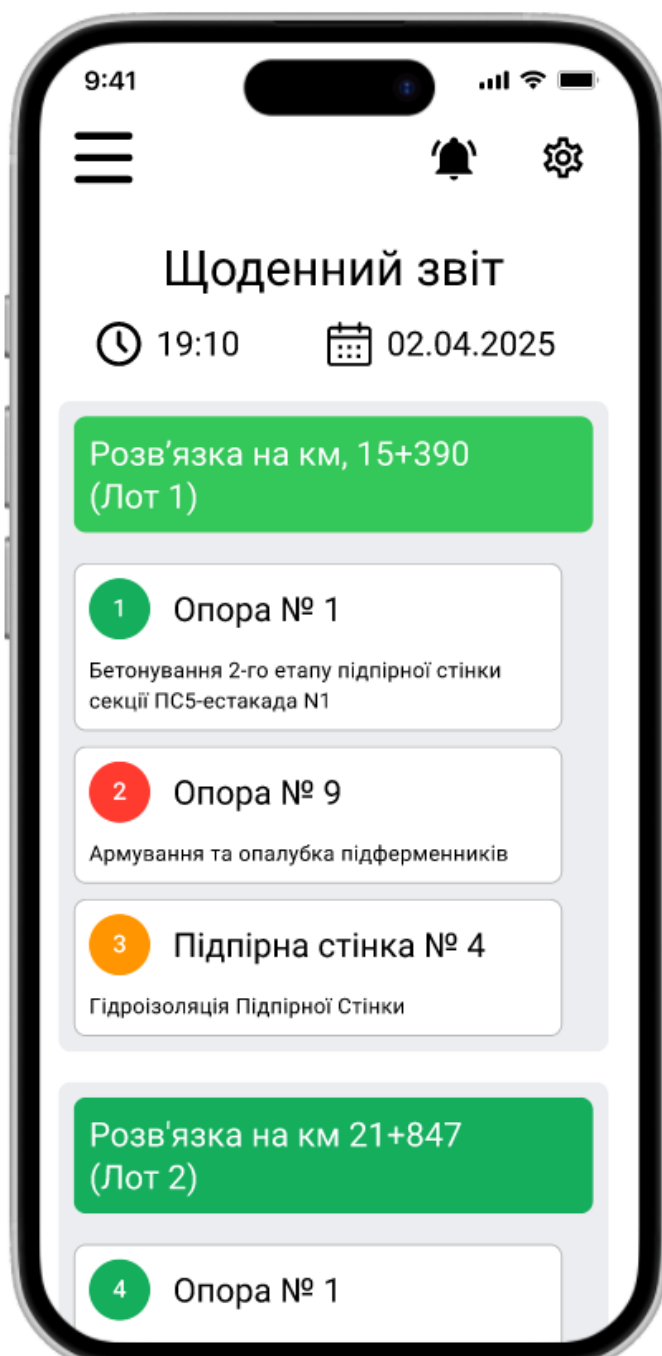


Рисунок 9.15 – Екранна форма формування щоденного звіту

2 Опора № 9
Армування та опалубка підферменників

3 Підпірна стінка № 4
Гідроізоляція Підпірної Стінки

Розв'язка на км 21+847
(Лот 2)

4 Опора № 1
Армування та опалубка підферменників

5 Опора №4
Армування та опалубка 1-го етапу колони

Примітки:

Опис

Сформувати і підписати щоденний звіт

Рисунок 9.16 – Екранна форма формування щоденного звіту

Готовий звіт, зображений на рисунку 9.17, містить узагальнену інформацію про інспекції за день і доступний для завантаження у форматі PDF.

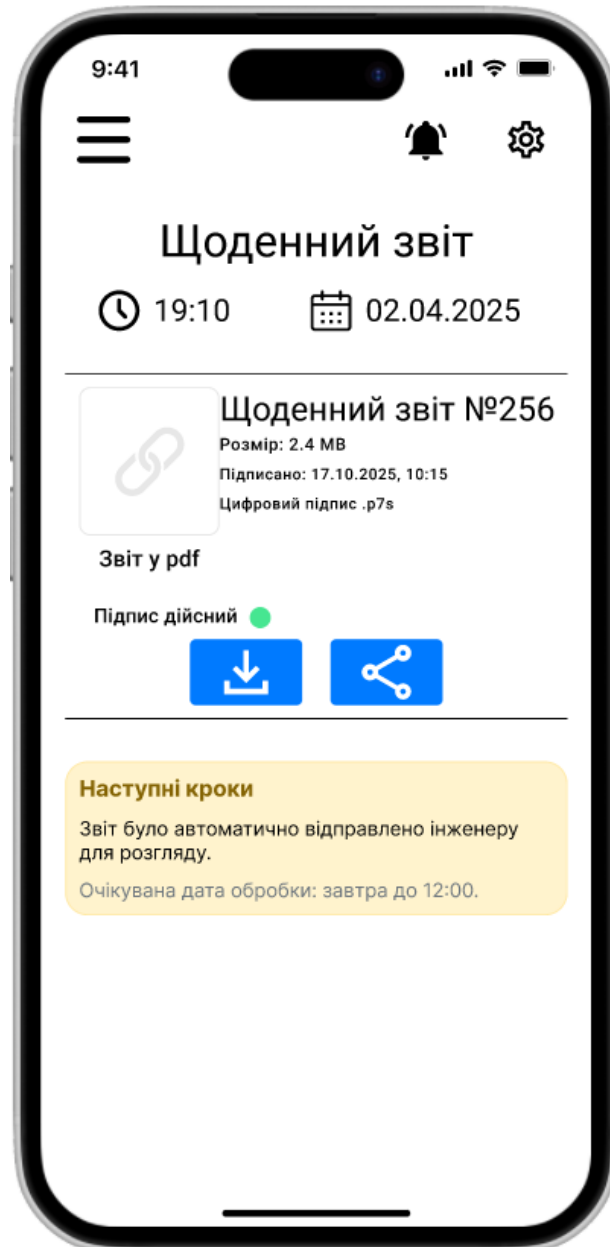


Рисунок 9.17 – Екранна форма сформованого щоденного звіту

Архів звітів, показаний на рисунку 9.18, дозволяє шукати щоденні звіти за датами, проектами чи ключовими словами для аналізу динаміки робіт.

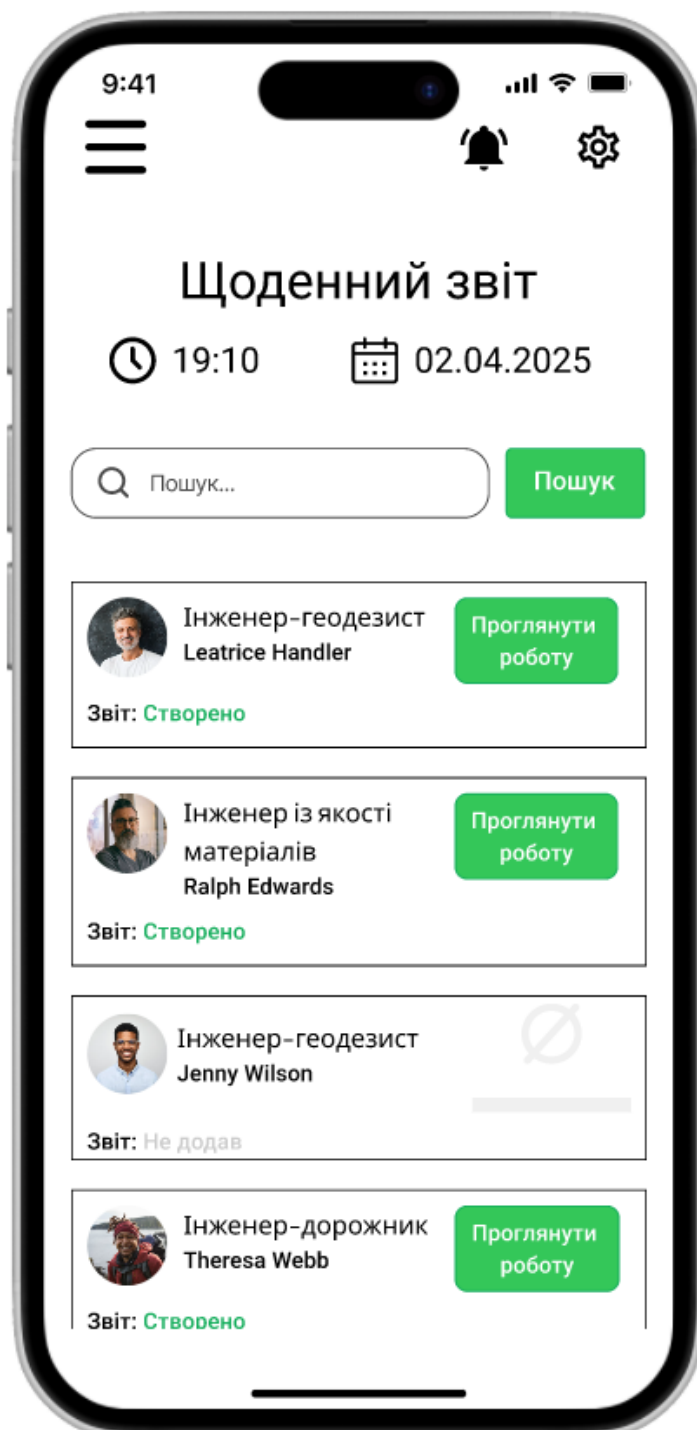


Рисунок 9.18 – Екранна форма перегляду щоденних звітів

Екранна форма меню інженера-інспектора, показана на рисунку 9.19, дозволяє шукати проекти, документи на підписання, формування щоденних звітів, а також дозволяє переглянути профіль інженера.

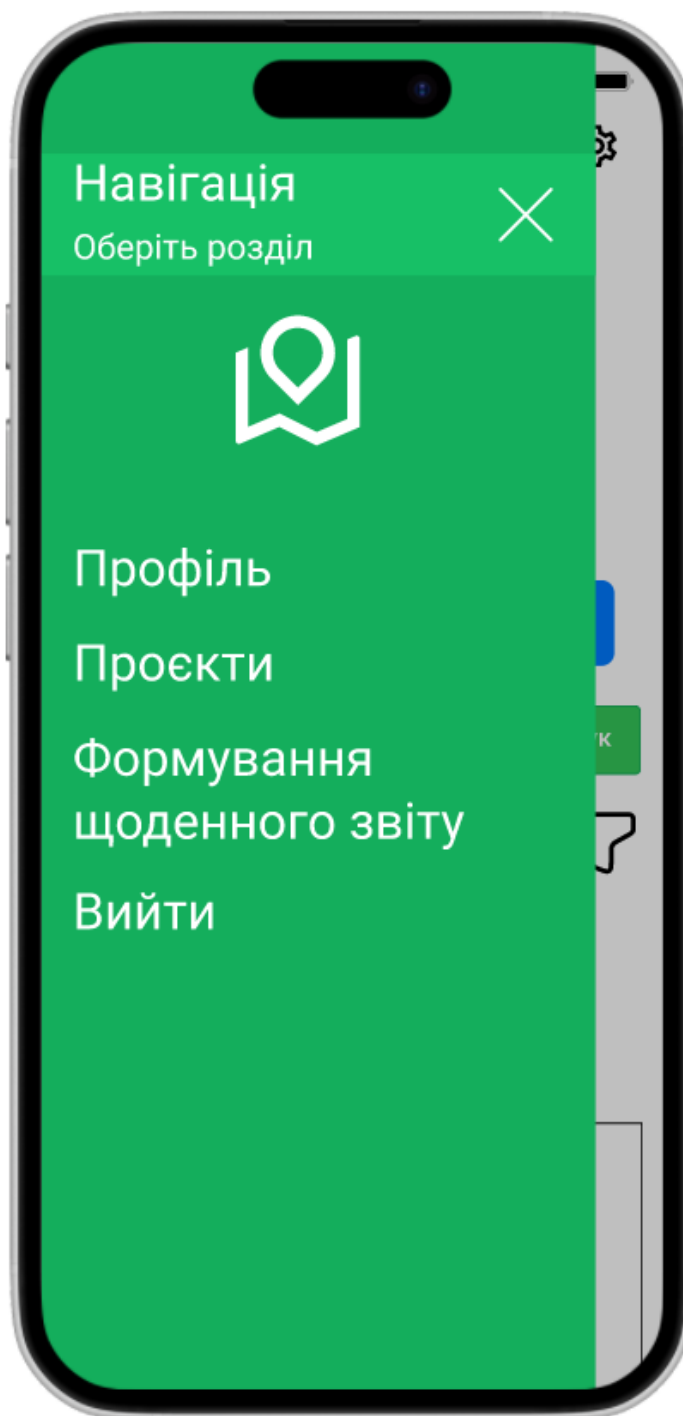


Рисунок 9.19 – Екранна форма меню інженера-інспектора

Екранна форма додавання проєкту зображена на рисунку 9.20 із можливістю додавання нового проєкту та можливістю вказати основну інформацію, таку як лот проєкту, компанія підрядника і вказання номеру договору за проєктом.

Рисунок 9.20 – Екранна форма додавання проєкту

Екранна форма додавання проєкту зображена на рисунку 9.21 із можливістю додавання приміток, вказання місцезнаходження, широти, довготи та розташування в кілометражі та вказання частини ділянки правої сторони руки (Right Hand Side, RHS) або лівої сторони руки (Left Hand Side, LHS) і також призначати інженерів на виконання робіт із призначенням їх на посади.

Компанія підря...

Виберіть компанія підрядника

Місцезнаходження:

Місцезнаходження

Введіть місцезнаходження, наприклад: М-06 Київ-Чоп

Широта (Latitude) * **Довгота (Longitude) ***

Введіть широту Введіть довготу

Від км **До км**

Наприклад 710+100 Наприклад 810+100

Сторона

Оберіть сторону

Ділянка (частина)

Секція 1, Підпірна стінка

Примітки:

Опис

Спеціалісти (перевіряючі):

Сторона

Оберіть спеціаліста

Рисунок 9.21 – Екранна форма додавання проєкту

Екранна форма додавання проєкту зображена на рисунку 9.22 із можливістю додати спеціалістів і надіслати форму додавання проєкту.

Спеціалісти (перевіряючі):

Сторона

Оберіть спеціаліста

Спеціаліст №1: Дмитро Козаченко

Посада: Керівник Проєкту

Телефон: +380981234567

Email: dmytro.kozachenko@company.com

Спеціаліст №2: Володимир Клаувіц

Посада: Інженер-геодезист

Телефон: +380971234567

Email: volodymyr.klavitz@company.com

Додати проєкт

Рисунок 9.22 – Екранна форма додавання проєкту

Екранна форма додавання контракту проєктів зображена на рисунку 9.23 із вказанням основної необхідної для ведення обліку робіт інформації, такої як номер контракту, назву контракту, тип робіт і місцезнаходження будівельних робіт за контрактом.

9:41

☰ 🔔 ⚙️

Форма додавання контракту

📄 Інформація про новий контракт для моніторингу

Основна інформація:

Номер контракту

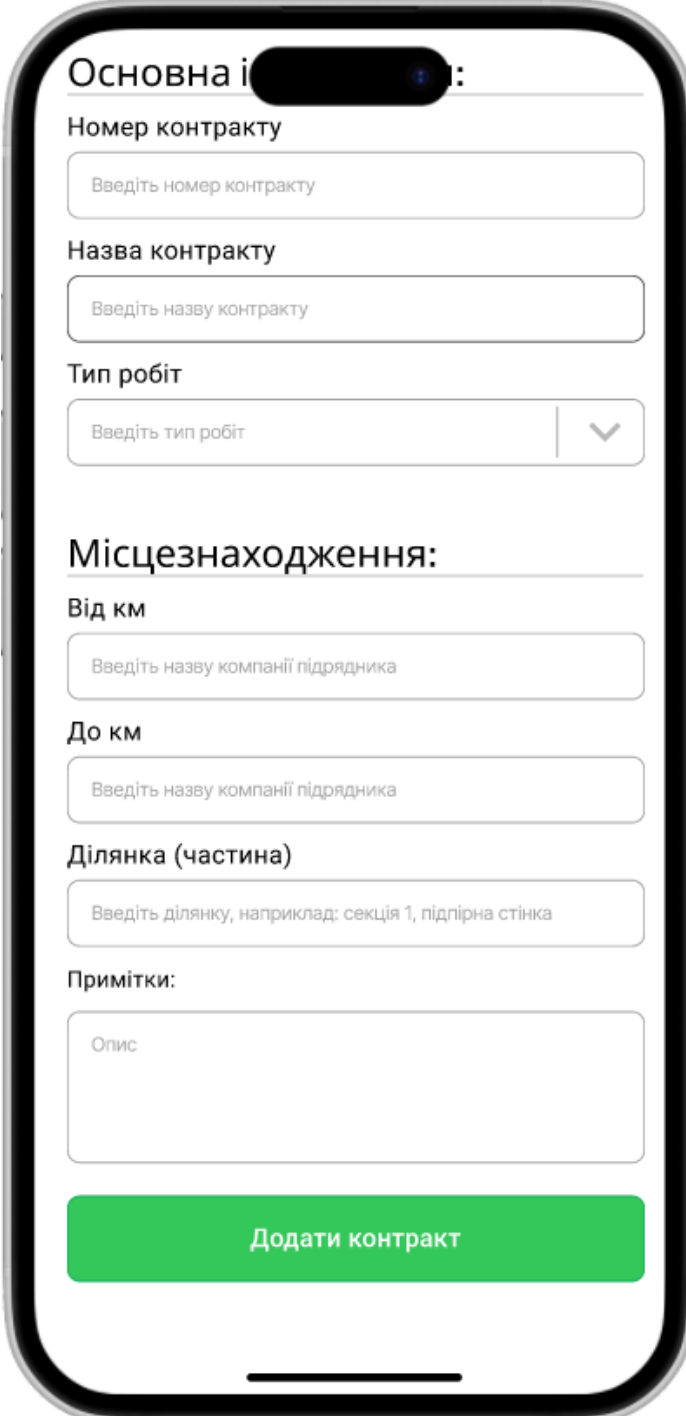
Назва контракту

Тип робіт

 ▾

Рисунок 9.23 – Екранна форма додавання контракту

Екранна форма додавання контракту проєктів зображена на рисунку 9.24 із вказанням приміток та місцезнаходження будівельних робіт та можливістю кінцевого додавання.



Основна інформація:

Номер контракту

Введіть номер контракту

Назва контракту

Введіть назву контракту

Тип робіт

Введіть тип робіт

Місцезнаходження:

Від км

Введіть назву компанії підрядника

До км

Введіть назву компанії підрядника

Ділянка (частина)

Введіть ділянку, наприклад: секція 1, підпірна стінка

Примітки:

Опис

Додати контракт

Рисунок 9.24 – Екранна форма додавання контракту

Екранна форма додавання документації проекту зображена на рисунку 9.25 із вказанням інформації про назву проекту, типу проєкції об'єкту та типу дорожнього покриття.

9:41

☰ 🔔 ⚙️

Форма додавання документації проекту

📄 Інформація про документацію проекту

Основна інформація:

Номер проекту

Виберіть проект ▾

Додаткові параметри:

Проекція *

Виберіть тип проєкції ▾

Тип дорожнього покриття *

Виберіть тип дорожнього покриття ▾

Завантаження файлів:

pdf файли:

вибрати файл

2D - проєкція розв'язки 703+100.pdf 🗑️

Рисунок 9.25 – Екранна форма додавання документації проекту

Екранна форма додавання документації проекту зображена на рисунку 9.26 із вказанням файлів і їх опису із кінцевим додаванням.

Додаткові параметри:

Проекція *

Виберіть тип проекції

Тип дорожнього покриття *

Виберіть тип дорожнього покриття

Завантаження файлів:

pdf файли:

вибрати файл

2D - проекція розв'язки 703+100.pdf

Опис..

3D - проекція розв'язки 703+100.pdf

3D проекція розв'язки на 703+100

Додати проєкт

Рисунок 9.26 – Екранна форма додавання документації проєкту

Екранна форма меню системного адміністратора зображена на рисунку 9.27 із можливістю додавання проєктів, контрактів та проєктної документації.

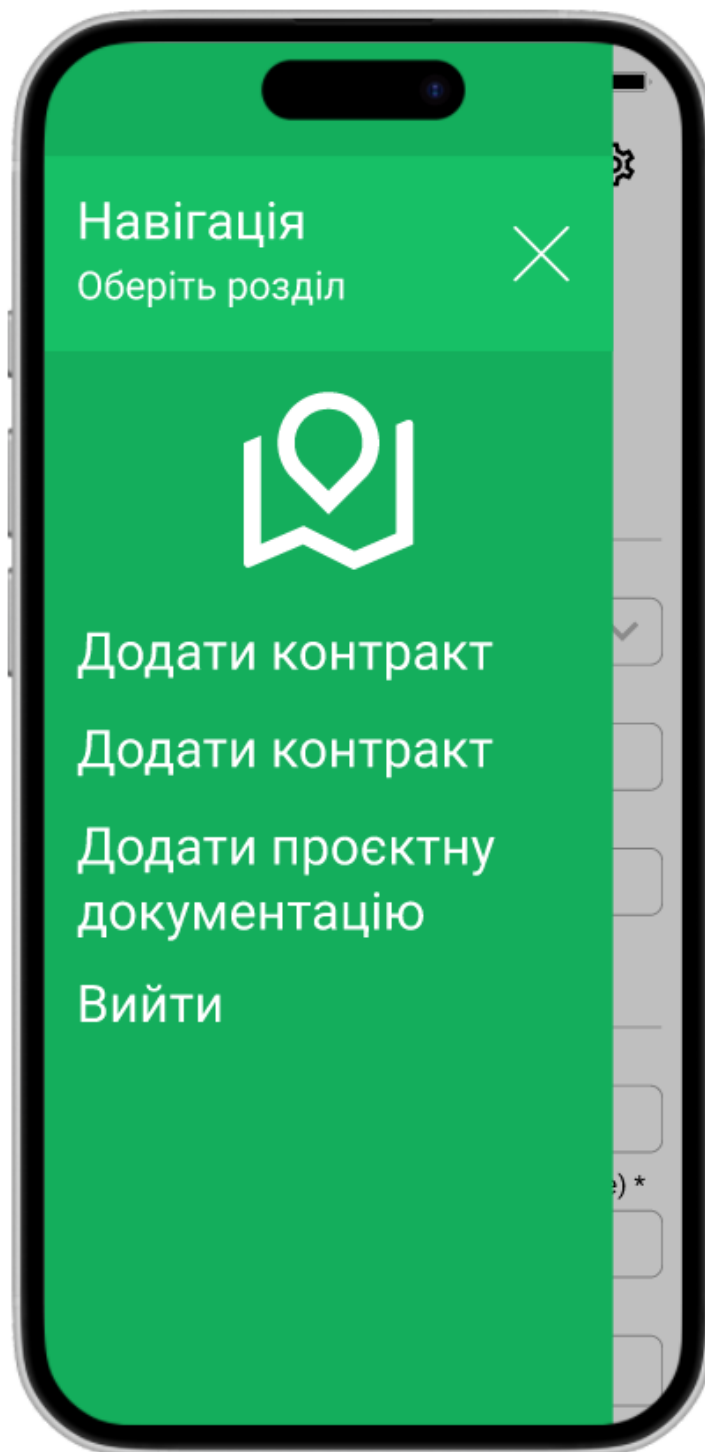


Рисунок 9.27 – Екранна форма меню системного адміністратора

Екранна форма додавання підрядником запиту на перевірку об'єкту будівництва зображеної на рисунку 9.28 із можливістю додавання проєктів, контрактів та проєктної документації.

The screenshot shows a mobile application interface for adding a request for inspection. At the top, the status bar displays the time 9:41, signal strength, Wi-Fi, and battery icons. Below the status bar are three navigation icons: a hamburger menu, a bell for notifications, and a gear for settings. The main heading is "Форма додавання запиту на перевірку" (Form for adding a request for inspection). Below the heading is a document icon and the text "Інформація про новий запит для інспекції об'єкту" (Information about a new request for inspection of the object). The form is titled "Основна інформація:" (Main information:). It contains several input fields: "Проектний лот" (Project lot) with a dropdown menu labeled "Виберіть проект" (Select project); "Назва контракту" (Contract name) with a text input field labeled "Введіть назву типу виконаних робіт" (Enter the name of the type of work performed); "Тип робіт" (Type of work) with a dropdown menu labeled "Виберіть тип робіт" (Select type of work); and "Примітки:" (Remarks:) with a text input field labeled "Опис" (Description). At the bottom of the form is a large green button with the text "Додати запит на перевірку і підписати" (Add request for inspection and sign).

Рисунок 9.28 – Екранна форма додавання підрядником запиту на перевірку

Екранна форма меню підрядника зображена на рисунку 9.29 із можливістю створювати запит на перевірку об'єкту будівництва.

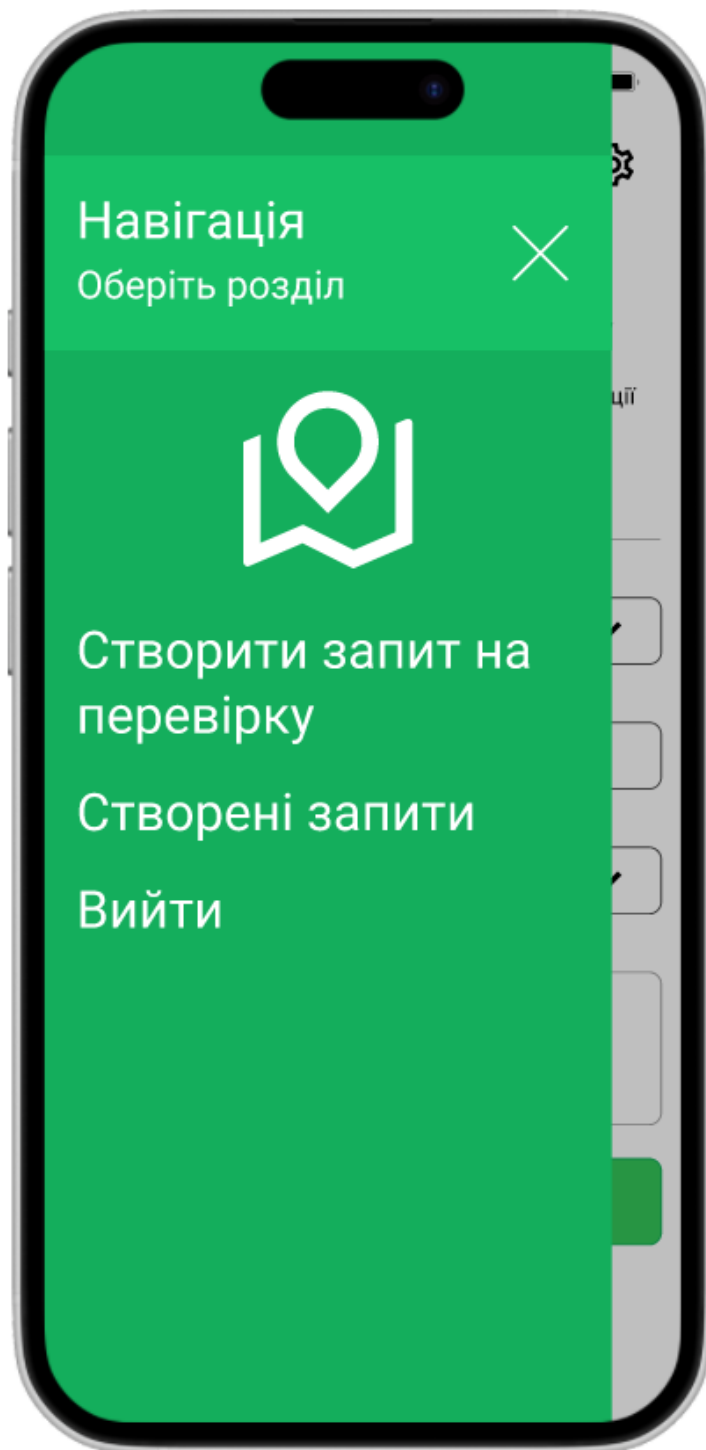


Рисунок 9.29 – Екранна форма меню підрядника

Екранна форма запитів зображена на рисунку 9.30 і дає можливість підряднику переглядати результати інспекції інженером.

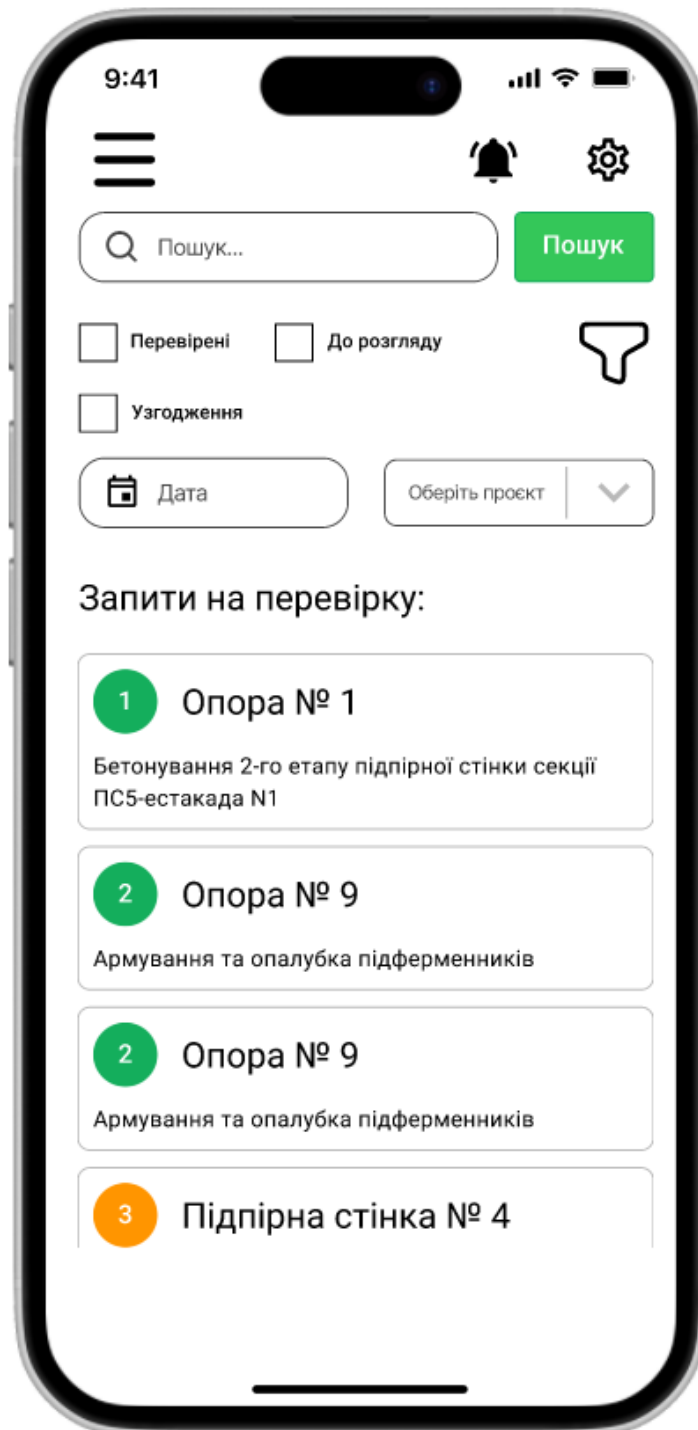


Рисунок 9.30 – Екранна форма повідомлення про завершення перевірки

Екранна форма меню повідомлення зображена на рисунку 9.31 із можливістю отримувати повідомлення про завершення перевірки одним із інженерів об'єктів будівництва.



Рисунок 9.31 – Екранна форма повідомлення про завершення перевірки

Екранна форма, зображена на рисунку 9.32, відображає детальний перегляд виконаних будівельних робіт з можливістю перевірки їх відповідності технічним вимогам та стандартам якості.

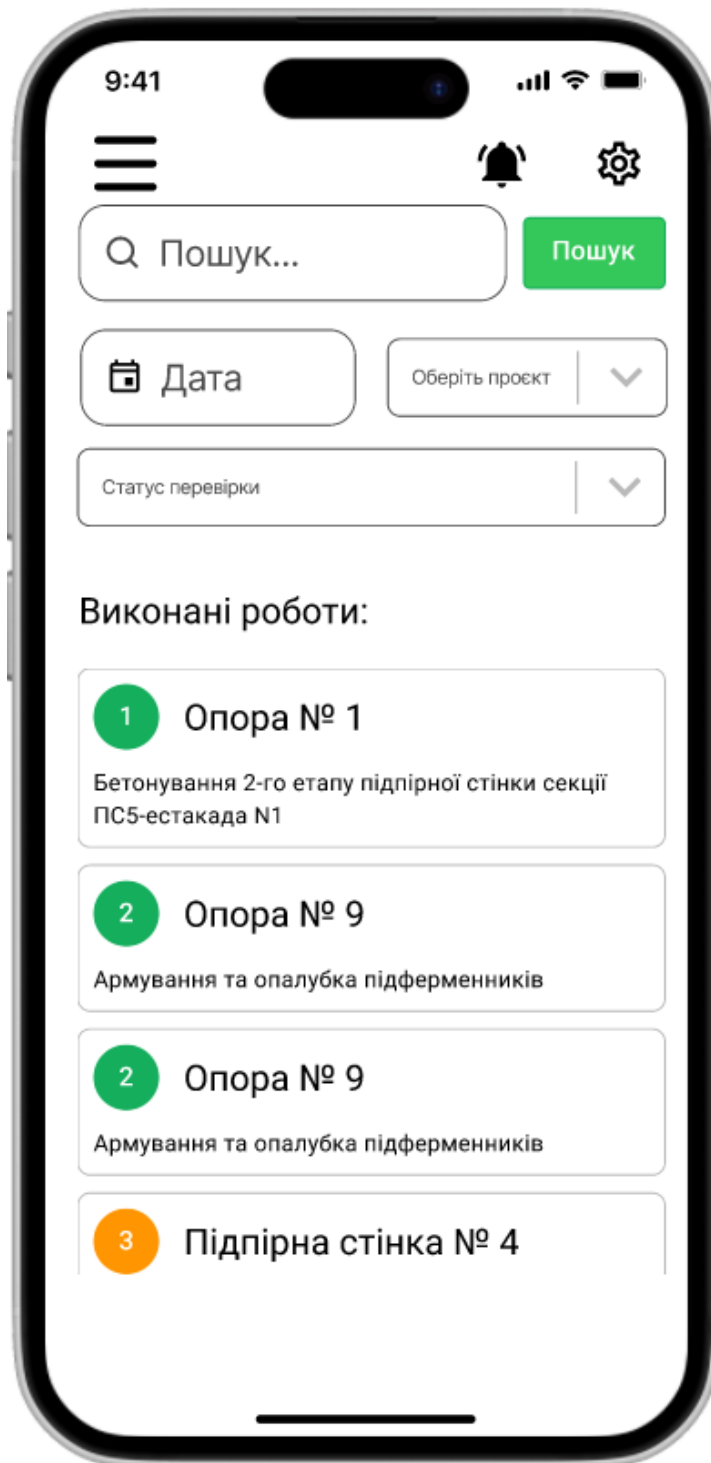


Рисунок 9.32 – Екранна форма виконаних робіт

Екранна форма, показана на рисунку 9.33, дозволяє переглядати результати завершених інспекцій з деталізацією по кожному етапу виконаних робіт та їх статусу перевірки.

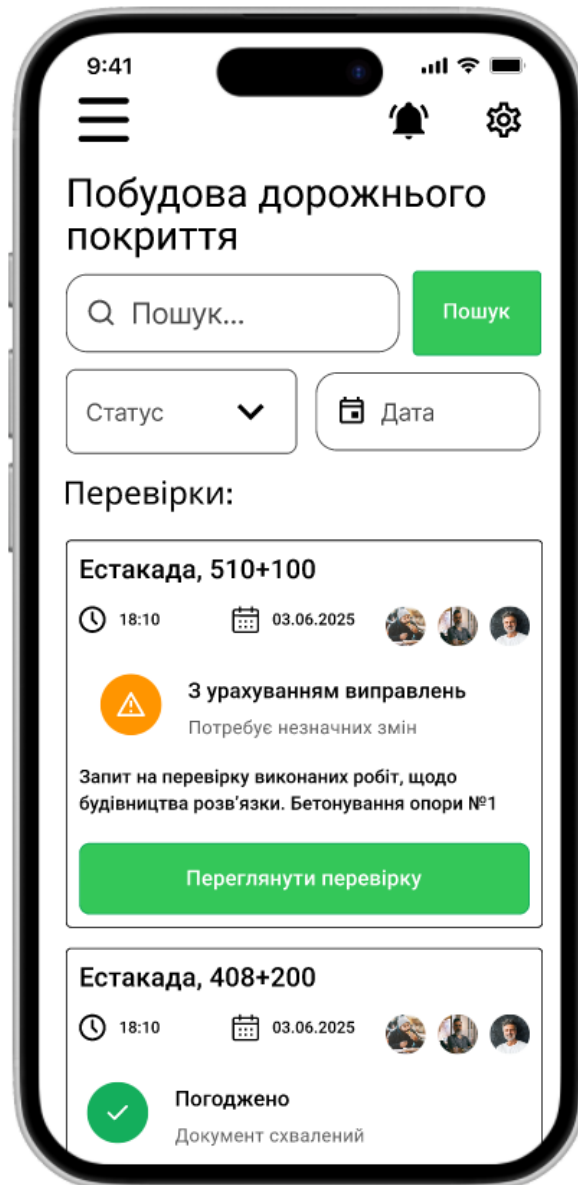


Рисунок 9.33 – Екранна форма завершених перевірок

Екранна форма затвердження перевірки, показана на рисунку 9.34, дозволяє керівникам проєкту остаточно підтвердити результати інспекції та надати дозвіл на продовження робіт.

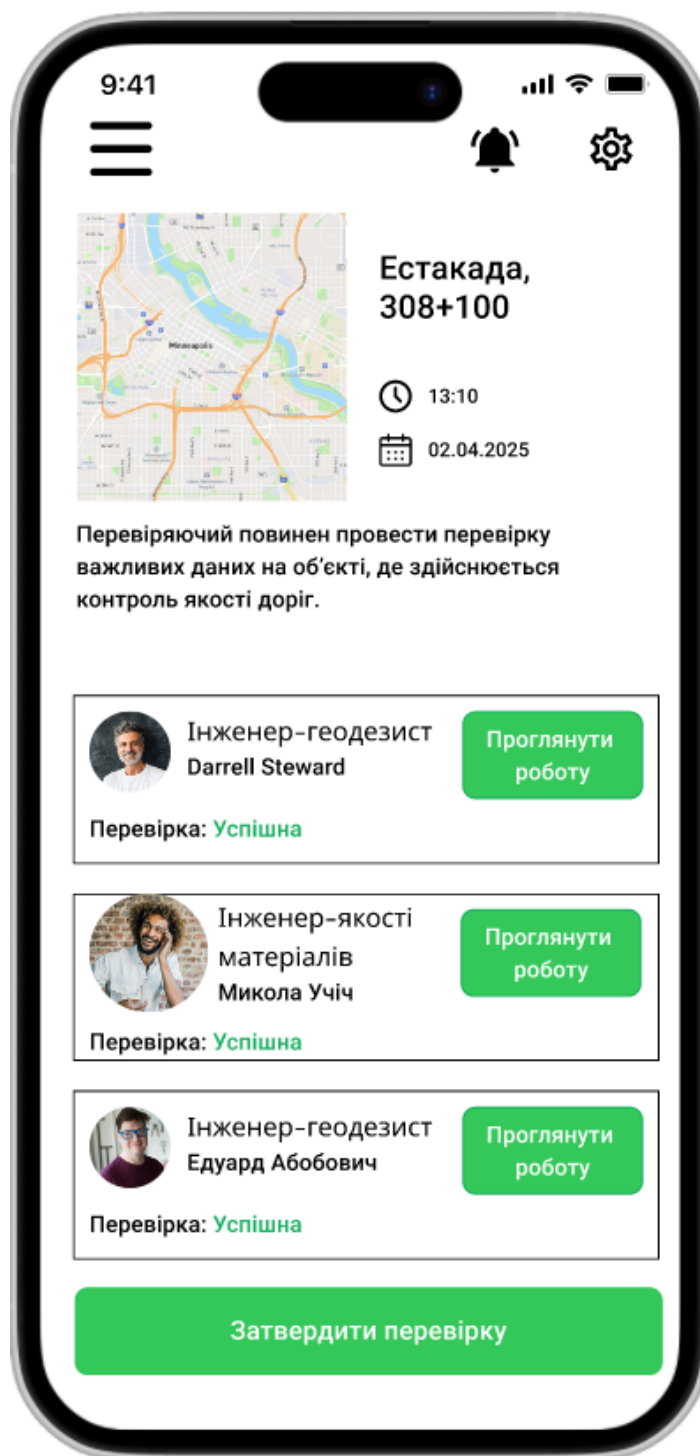


Рисунок 9.34 – Екранна форма затвердження перевірки

Екранна форма меню інженера-резидента, зображена на рисунку 9.35, містить спеціалізовані функції для постійного нагляду за будівельним майданчиком та координації робіт підрядників.

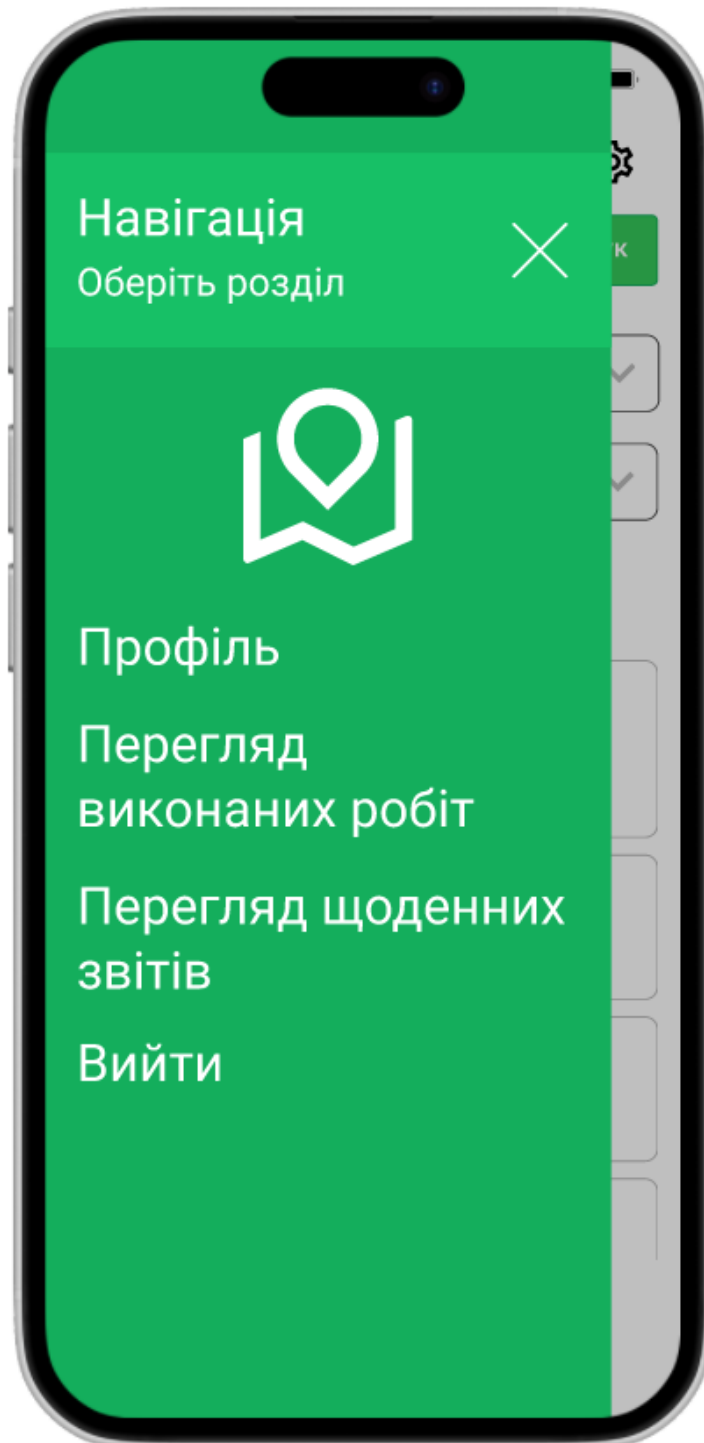


Рисунок 9.35 – Екранна форма меню інженера резидента

Таким чином розроблені екранні форми дозволяються ефективніше виконувати роботу інженерам-інспекторам, а також дозволяють системному адміністратору додавати інформацію про проекти, договори і додавати представників підрядника на проект.

10 СИНТЕЗ І ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ

Система електронного документообігу з підтримкою цифрового підпису повинна забезпечувати комплексний захист інформації на всіх рівнях архітектури. Основними принципами безпеки є конфіденційність, цілісність, доступність та автентичність даних.

Архітектура безпеки системи базується на принципі багаторівневого захисту (Defense in Depth), що передбачає реалізацію декількох незалежних рівнів безпеки. Це включає захист на рівні мережі, серверної інфраструктури, прикладного рівня та рівня даних. Кожен рівень має власні механізми захисту, що забезпечує стійкість системи до різних типів кіберзагроз.

Сесії користувачів мають автоматично завершуватися після 30 хвилин неактивності для веб-порталу та 1 дня для мобільного додатку. JWT-токени повинні мати короткий термін дії (не більше 15 хвилин) із використанням алгоритму RSA with SHA-256 (RS256) з механізмом оновлення через refresh-токени, що зберігаються у захищеному сховищі з шифруванням Advanced Encryption Standard (AES) AES-256.

Усі дані, що передаються між клієнтом та сервером, повинні шифруватися за допомогою протоколу TLS 1.3 з використанням сертифікатів мінімум 2048-бітних RSA або 256-бітних ECDSA ключів. Сертифікати мають бути видані акредитованими центрами сертифікації та регулярно оновлюватися.

Для зберігання паролів використовується хешування за алгоритмом scrypt з мінімальним cost factor 12. Scrypt – це сучасна перевірена геш-функція, яка забезпечує високий рівень захисту. Конфіденційні дані в базі даних шифруються симетричним алгоритмом AES-256 у режимі Galois/Counter Mode (GCM), що забезпечує як конфіденційність, так і цілісність даних.

Додаток реалізує захист від reverse engineering через обфускацію коду та використання технік anti-tampering. Впроваджується перевірка цілісності додатку при кожному запуску для виявлення несанкціонованих модифікацій.

Для синхронізації даних в офлайн-режимі використовується локальна база даних SQLite з шифруванням за допомогою SQLCipher. Автоматична синхронізація відбувається лише через захищені канали з додатковою верифікацією цілісності даних.

Реалізується система сповіщення про критичні події безпеки у реальному часі через email, Short Message Service (SMS) або push-повідомлення. До таких подій належать: спроби несанкціонованого доступу, зміна критичних налаштувань системи, виявлення аномальної активності користувачів.

Проводиться регулярне резервне копіювання всіх даних з перевіркою можливості відновлення. Резервні копії зберігаються в географічно розподілених дата-центрах з використанням шифрування та контролю цілісності.

Система захищена від основних кіберзагроз через вбудовані механізми .NET: Entity Framework Core запобігає SQL-ін'єкціям, Data Annotations та FluentValidation забезпечують валідацію даних, AntiXSS бібліотека та Content Security Policy (CSP) заголовки блокують XSS-атаки, AntiForgery токени захищають від Cross-Site Request Forgery (CSRF).

Моніторинг реалізований через Microsoft.Extensions.Logging з інтеграцією Serilog та Application Insights. Система автоматично блокує підозрілі IP через ASP.NET Core Rate Limiting middleware та IpRateLimiting бібліотеку.

Захист від DDoS забезпечується через Azure Load Balancer, автоматичне масштабування в Kubernetes та AspNetCoreRateLimit middleware для throttling запитів на рівні додатку.

ВИСНОВКИ

Розробка модуля обліку результатів виконання дорожньо-будівельних проєктів для інформаційної системи приватної контролюючої фірми підтвердила свою актуальність і значущість у сфері оптимізації процесів контролю будівництва. У результаті проведеної роботи створено інструмент, який забезпечує оперативне документування результатів перевірок інженерами-інспекторами, забезпечує доступ до актуальної інформації для всіх зацікавлених сторін і сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо реалізації проєкту.

Робота дозволила вирішити ключові питання, включаючи облік документів виконання дорожньо-будівельних робіт з оцінкою їх якості та відповідності нормам, розробку механізмів електронного обліку на основі структурованого збору даних, інтеграцію модуля з існуючою інформаційною системою для автоматизації звітності та створення системи електронного підпису для оперативного затвердження або відхилення робіт. Реалізація модуля сприяє підвищенню ефективності праці інженерів шляхом оптимізації робочого часу, забезпечує прозорість процесів контролю та сприяє своєчасному виявленню й вирішенню проблем, що є важливим внеском у вдосконалення управління дорожньо-будівельними проєктами.

Кваліфікаційна робота виконана згідно ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація [9].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до організації виконання та захисту кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за освітньою програмою «Інформаційні технології управління». [Електронний ресурс] / Упоряд.: К.Е. Петров, А.В. Міхнова, М.С. Кудрявцева, М.В. Євланов, Т.І. Борисенко. – Електронне видання. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – 68 с.
2. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання. . – Чинний від 22.06.2015. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.
3. FIDIC | International Federation of Consulting Engineers | The Global Voice of Consulting Engineers. FIDIC | International Federation of Consulting Engineers | The Global Voice of Consulting Engineers. URL: <https://fidic.org/> (date of access: 01.06.2025).
4. Асоціація Інженерів-Консультантів України. Асоціація Інженерів-Консультантів України. URL: <https://aescu.org.ua/> (дата звернення: 01.06.2025).
5. Про публічні закупівлі : Закон України від 25.12.2015 № 922-VIII : станом на 23 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text> (дата звернення: 01.06.2025).
6. Flowchart Maker & Online Diagram Software. Flowchart Maker & Online Diagram Software. URL: <https://app.diagrams.net/?src=about> (date of access: 01.06.2025).
7. ДСТУ 4145-2002. Криптографічний захист інформації цифровий підпис, що ґрунтується на еліптичних кривих. Чинний від 2003-07-01. Вид. Офіц. Київ : Держ. Ком. України з питань техн. регулювання та спожив. політики, 2002. 36 с.
8. FIPS 186-5. Digital Signature Standard (DSS). Replaces FIPS 186-4 ; effective from 2023-02-03. Official edition. Gaithersburg : National Institute of

Standards and Technology, 2023. 86 p.

9. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. – Чинний від 04.03.2016. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 20 с.