

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 «Аналіз ефективності виконання робіт»
інформаційної системи фірми з прокладання волоконно-оптичних
ліній зв'язку
(тема)

Виконала:

здобувачка 4 року навчання,
групи ІТУ-21-3

Дарина МОРГУНОВА

(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: асист. каф. ІУС Адріан КОЖАНОВ
(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 наукКафедра Інформаційних управляючих системРівень 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 2025 р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**здобувачеві Моргуновій Дарині Ігорівні
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Розробка модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» інформаційної системи фірми з прокладання волоконно-оптичних ліній зв'язку

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

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії “ 16 ” червня 2025

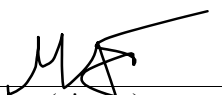
3. Вихідні дані до роботи Завдання на розробку модулю, що являє собою програмний додаток для аналізу ефективності виконання робіт у сфері прокладання волоконно-оптичних ліній зв'язку, з використанням ключових показників ефективності, математичних моделей і бази даних для збереження інформації.4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі Опис організаційної структури, предметної області, аналіз існуючих підходів до оцінки ефективності, формування функціональних і нефункціональних вимог до модуля, побудова інформаційної моделі та математичного забезпечення, реалізація програмного забезпечення, побудова користувацького інтерфейсу, візуалізація результатів у Power BI, обґрунтування вибору технічного середовища.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Змістовний опис та аналіз організаційної структури фірми та предметної області	19.05.2025 – 21.05.2025	Виконано
2	Огляд і аналіз існуючих підходів до оцінювання ефективності виконання робіт	22.05.2025 – 24.05.2025	Виконано
3	Формування функціональних та нефункціональних вимог до модуля	25.05.2025 – 27.05.2025	Виконано
4	Опис архітектури модуля, побудова контекстної та DFD-діаграм	28.05.2025 – 29.05.2025	Виконано
5	Розробка інформаційного забезпечення – логічна та фізична модель бази даних	30.05.2025 – 31.05.2025	Виконано
6	Розробка математичного забезпечення – формули KPI, розрахункові моделі	01.06.2025 – 02.06.2025	Виконано
7	Реалізація програмного забезпечення модуля	03.06.2025 – 04.06.2025	Виконано
8	Обґрунтування технічного забезпечення	05.06.2025 – 06.06.2025	Виконано
9	Розробка UX/UI інтерфейсів, опис взаємодії користувача	07.06.2025 – 08.06.2025	Виконано
10	Інтеграція з Power BI, побудова звітів	09.06.2025	Виконано
11	Перевірка на плагіат, нормоконтроль	10.06.2025	Виконано
12	Оформлення пояснювальної записки, підготовка графічних матеріалів	11.06.2025 – 13.06.2025	Виконано
13	Попередній захист кваліфікаційної роботи	15.06.2025	Виконано
14	Захист кваліфікаційної роботи в екзаменаційній комісії	16.06.2025	Виконано

Дата видачі завдання 19 травня 2025 р.

Здобувач


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

асист. каф. ІУС Адріан КОЖАНОВ
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 83 с., 8 табл., 39 рис., 1 дод., 12 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, АНАЛІЗ ДАНИХ, БАЗА ДАНИХ, БРИГАДИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, МОДУЛЬ, МОНТАЖ, ПОКАЗНИКИ, ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КРІ.

Об'єктом дослідження є інформаційна система фірми з прокладання волоконно-оптичних ліній зв'язку.

Метою роботи є створення модуля, що дозволяє автоматизувати процес аналізу ефективності виконання робіт бригадами, формувати ключові показники ефективності та забезпечити візуалізацію результатів у зручному форматі.

У ході роботи виконано аналіз організаційної структури фірми, вивчено чинні підходи до вимірювання ефективності праці, розроблено математичну модель обчислення ефективності, побудовано інформаційну модель у вигляді реляційної бази даних, спроектовано DFD-діаграми та інтерфейс введення даних.

Результатом роботи є реалізований модуль «Аналіз ефективності виконання робіт», що дозволяє підвищити прозорість управлінських рішень, скоротити час на аналіз і покращити контроль за ходом виконання робіт у сфері волоконно-оптичних ліній зв'язку.

ABSTRACT

Explanatory note to bachelor's thesis: 83 pages, 8 tables, 39 figures, 1 appendix, 12 sources.

AUTOMATION, BRIGADES, COMPARATIVE ANALYSIS, DATABASE, DATA ANALYSIS, EFFICIENCY, INDICATORS, INSTALLATION, KPI, MODULE, SOFTWARE.

The object of the study is the information system of a company engaged in the construction of fiber-optic communication lines.

The purpose of the work is to develop a module that automates the process of analyzing the efficiency of work performed by construction teams, generates key performance indicators and provides visualization of the results in a convenient format.

The work includes the analysis of the organizational structure of the company, study of existing approaches to labor efficiency evaluation, development of a mathematical model for calculating effectiveness, creation of an information model as a relational database, design of DFD diagrams and a data entry interface.

The result of the work is an implemented module titled "Work Efficiency Analysis," which improves the transparency of managerial decision-making, reduces analysis time, and enhances control over the execution of tasks in the field of fiber-optic communication lines.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки	8
Вступ.....	9
1 Аналіз та опис структурних і функціональних особливостей задачі аналізу ефективності виконання робіт.....	10
1.1 Аналіз організаційної структури фірми.....	10
1.2 Аналіз структурних і функціональних особливостей предметної області	13
2 Огляд та аналіз сучасного стану методів аналізу ефективності виконання робіт з прокладання ВОЛЗ	19
3 Визначення вимог до створення модуля	22
3.1 Функціональні вимоги до модуля	22
3.2 Нефункціональні вимоги до модуля	23
4 Архітектурний опис функціональних елементів модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ.....	25
5 Розробка елементів інформаційного забезпечення модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання волз.....	30
6 Розробка елементів математичної забезпечуючої системи модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ	39
7 Розробка елементів програмного забезпечення модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ.....	43
7.1 Обґрунтування вибору мови програмування	43
7.2 Обґрунтування вибору СКБД	44
7.3 Загальна структура програмного забезпечення	44
9 Опис та графічне представлення елементів рішень з User Experience (UX) та User Interface (UI) модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ.....	49

Висновки	60
Перелік джерел посилання	60
Додаток А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	62

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД – база даних

ВОЛЗ – волоконно-оптичні лінії зв'язку

ІС – інформаційна система

СКБД – система керування базами даних

ER – Entity Relationship Diagram

IDEF0 – методологія функціонального моделювання і графічного опису процесів

KPI – Key Performance Indicator

ORM – Object-Relational Mapping

SSD – Solid State Drive

UI – User Interface

UX – User Experience

ВСТУП

Під час реалізації проєктів із будівництва волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) важливу роль відіграє ефективність роботи бригад, які виконують земляні, монтажні та кабельні операції. Саме на цьому етапі виникає більшість затримок, порушень і додаткових витрат. Водночас основна увага в інформаційних системах (ІС) зосереджена на контролі технічного стану вже побудованої мережі, тоді як процес виконання робіт залишається поза аналізу.

У більшості компаній відсутня стандартизована система збору та обробки даних про обсяг виконаних робіт, витрати часу та ресурсів, рівень дотримання графіків і показники продуктивності. Це ускладнює порівняння якості роботи між бригадами, прийняття управлінських рішень та виявлення відхилень на ранніх етапах.

З огляду на зазначене, прийнято рішення про розробку модуля, який дозволяє автоматизувати процес оцінювання ефективності виконавчих бригад на основі ключових показників ефективності (KPI). Модуль має забезпечити збір даних з об'єктів, розрахунок формалізованих метрик, виявлення відхилень від нормативів та формування звітності.

Метою цієї роботи є створення модуля, призначеного для оцінки ефективності виконання робіт у процесі прокладання ВОЛЗ.

Передбачене рішення орієнтоване на застосування в компаніях, що здійснюють будівництво ВОЛЗ. Сфера його застосування включає задачі оптимізації виробничих процесів, підвищення прозорості виконання робіт і підсилення контролю за результативністю роботи виконавчих підрозділів.

1 АНАЛІЗ ТА ОПИС СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАДАЧІ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ

1.1 Аналіз організаційної структури фірми

Для ефективного аналізу роботи бригад, що виконують прокладання ВОЛЗ, необхідно чітко розуміти загальну організаційну структуру фірми, бо ця структура забезпечує взаємодію всіх підрозділів і учасників процесу.

Організаційна структура забезпечує управління як окремими проектами, так і загальною діяльністю підприємства. Вона включає кілька основних рівнів управління та відділів.

Найвищий рівень керівництва фірми представлений генеральним директором. Під його керівництвом функціонують два директори, кожен з яких очолює відповідний відділ:

До адміністративно-комерційного відділу під керівництвом фінансового директора належать:

- бухгалтерський відділ;
- відділ закупівель;
- відділ персоналу.

Проектно-технічний відділ, очолюваний директором проектного офісу складається з:

- геодезичного відділу;
- технічного відділу;
- будівельних бригад, які знаходяться в підпорядкуванні керівників окремих проектів та головних керівників проектів.

Адміністративно-комерційний відділ забезпечує підтримку основної діяльності фірми через фінансові, закупівельні та кадрові процеси. Відділ очолює фінансовий директор, який координує діяльність трьох підрозділів.

Бухгалтерський відділ під керівництвом головного бухгалтера

відповідає за ведення бухгалтерського та податкового обліку, складання фінансової звітності, контроль за фінансовими потоками підприємства. Бухгалтери забезпечують щоденну обробку фінансової документації.

Відділ закупівель, очолюваний начальником відділу закупівель, займається плануванням та організацією закупівель матеріалів, обладнання і послуг. Менеджери із закупівель контролюють процеси постачання та співпрацюють з постачальниками для забезпечення потреб будівництва.

Відділ персоналу під керівництвом начальника відділу персоналу відповідає за підбір кадрів, організацію навчання, розвиток персоналу та управління кадрів. Спеціалісти з персоналу забезпечують адаптацію нових працівників і супроводжують їх професійний розвиток у фірмі.

Проектно-технічний відділ виконує основні виробничі функції фірми, забезпечуючи реалізацію проектів у сфері будівництва ВОЛЗ. Відділ очолює директор проектного офісу.

Геодезичний відділ під керівництвом головного геодезиста здійснює геодезичний супровід будівельних робіт, включаючи виконання вимірювань, підготовку виконавчої документації, створення схем і карт. Геодезисти забезпечують точність і відповідність геодезичних даних вимогам проектів.

Технічний відділ, яким керує начальник технічного відділу, відповідає за технічний супровід будівельних робіт, контроль за дотриманням стандартів якості та будівельних норм. Інженери-техніки здійснюють технічний нагляд на об'єктах і перевіряють відповідність виконаних робіт проектній документації.

Будівельні бригади виконують прокладання ВОЛЗ. Бригади підпорядковуються керівникам окремих проектів та головним керівникам проектів, які координують їхню роботу. Керівники будівельних ділянок організовують робочі процеси на будівельних майданчиках, а бригадири здійснюють оперативне керівництво спеціалістами з прокладання ВОЛЗ.

Схема організаційної структури представлена на рисунку 1.1.

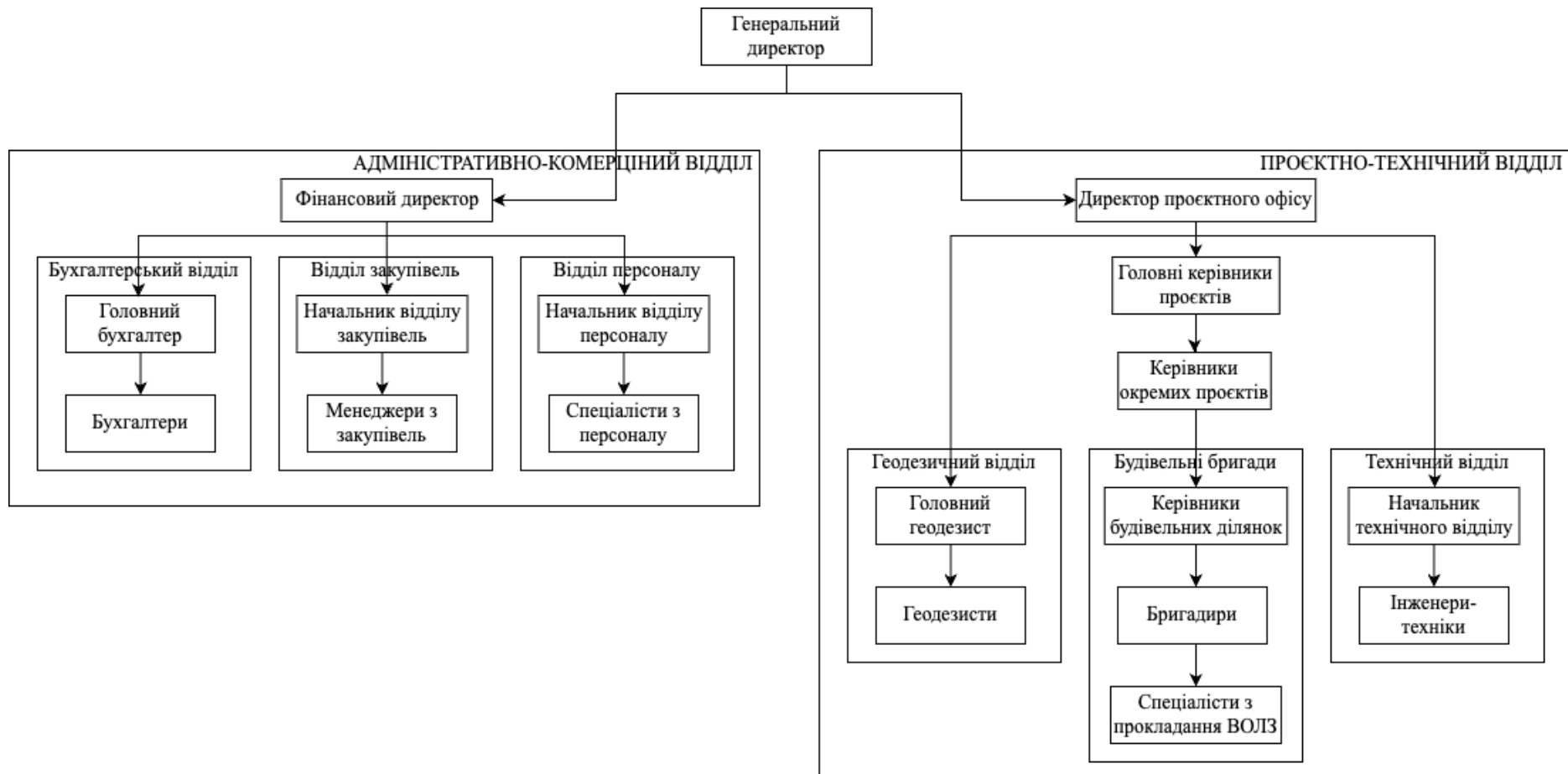


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення організаційної структури ІС фірми з прокладання ВОЛЗ

1.2 Аналіз структурних і функціональних особливостей предметної області

У роботі розглядається не загальний процес прокладання ВОЛЗ, а саме аналіз ефективності виконання робіт бригадами, які здійснюють прокладання кабельних трас на етапі зовнішнього підключення.

Процес, що аналізується, включає виконання кількох основних виробничих операцій: проведення земляних робіт, прокладання оптичних кабелів, встановлення захисних труб, а також підключення кабелів до будинку, що передбачає фізичне заведення оптоволокна в будівлю, зазвичай через підвальне приміщення або технічний ввід. До функціональних особливостей цього процесу належать необхідність дотримання технологічних норм, відповідність графікам робіт, а також забезпечення високого рівня якості прокладання кабельних мереж. Своєчасне виконання зазначених операцій дозволяє уникнути додаткових витрат і затримок у реалізації загального проєкту будівництва мережі.

На ефективність роботи будівельних бригад у межах даного модуля впливають передусім структуровані та кількісно вимірювані фактори, які можуть бути формалізовані в обчисленнях. До них належать:

- тип поверхні, на якій виконуються роботи (наприклад, асфальт, плитка, ґрунт), що враховується через коефіцієнт складності;
- кількість працівників у складі бригади протягом зміни;
- фактична тривалість робочого дня з урахуванням перерв;
- обсяг прокладеного кабелю за день;
- кількість виконаних підключень до будинків, що включає заведення кабелю в приміщення (як правило, через підвал);
- нормативи трудовитрат, встановлені керівником проєкту для кожного типу робіт.

Через складність і різноманітність цих факторів виникає необхідність

у оцінюванні ефективності, що дозволить порівнювати результати діяльності різних бригад та приймати управлінські рішення.

Для оцінювання ефективності використовується методика розрахунку КРІ [1]. Зазначені показники дозволяють отримати кількісну оцінку роботи кожної бригади за певний період. Зокрема, до основних КРІ належать:

- показник продуктивності прокладання кабелю;
- показник ефективності підключення будинків;
- зведений коефіцієнт ефективності бригади.

Показник продуктивності прокладання кабелю відображає, наскільки ефективно бригада виконує прокладання волоконно-оптичного кабелю порівняно з нормативним рівнем. Розрахунок здійснюється на основі витрачених людино-годин, нормативу прокладання (м/люд-година), а також коефіцієнта складності залежно від типу поверхні. Таким чином, система враховує як фактичну тривалість зміни та кількість працівників, так і умови, в яких виконувались роботи. Показник дозволяє порівнювати очікуваний та фактичний обсяг прокладеного кабелю та визначати рівень відхилень.

Показник ефективності підключення будинків оцінює продуктивність бригади у виконанні індивідуальних підключень домів до мережі. Показник базується на кількості фактично виконаних підключень за зміну та нормативному часу, необхідному на одне підключення. Він дозволяє оцінити, наскільки ефективно використовується робочий час при виконанні цієї задачі. Оскільки підключення передбачає складніші роботи, такі як заведення кабелю до будівлі (зазвичай через підвал), цей показник дає змогу аналізувати ефективність більш точково і в розрізі конкретних адрес.

Зведений КРІ формується як вагове середнє значення між продуктивністю прокладання кабелю та ефективністю підключень. Це дозволяє поєднати два типи діяльності в один інтегральний показник і використовувати його для загальної оцінки ефективності бригади за день або за проєкт. Вагові коефіцієнти можуть змінюватися в залежності від пріоритетів у проєкті, наприклад, якщо підключення є критичнішими за

довжину кабельної траси. Цей показник є основним у модулі й використовується для порівняння різних бригад, ділянок або періодів.

Ці показники чисельно розраховуються на основі вхідних даних, які збираються безпосередньо з об'єктів виконання робіт. Отримані результати порівнюються як із встановленими нормативними значеннями, так і з показниками інших бригад, що дає змогу оцінити відносну ефективність. Крім того, проводиться аналіз динаміки змін у роботі кожної бригади шляхом зіставлення поточних результатів із їхніми попередніми показниками. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти відхилення та вживати коригувальні заходи для підвищення ефективності діяльності.

Для моделювання цього процесу було обрано методологію функціонального моделювання IDEF0, яка дозволяє візуалізувати процеси у вигляді схеми із зазначенням основних елементів: входи, виходи, керуючі впливи та механізми [2].

Для моделювання логіки функціонування модуля аналізу ефективності виконання робіт було обрано методологію функціонального моделювання IDEF0. Цей підхід дозволяє формалізовано описати бізнес-процеси та представити їх у вигляді багаторівневої схеми, де кожна функція або дія позначається блоком, а взаємодія між елементами – стрілками. Основною перевагою IDEF0 є чітке розмежування чотирьох типів зв'язків:

- входи (Input) – дані, що обробляються функцією;
- виходи (Output) – результат функції;
- керуючі впливи (Control) – правила, нормативи та обмеження, які регулюють виконання;
- механізми (Mechanism) – ресурси, які забезпечують виконання функції (люди, системи, обладнання).

На рисунку 1.2 представлено контекстну діаграму процесу «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ.

Стрілки зліва показують вхідні дані процесу: інформація про обсяг виконаних робіт, інформація про будівельну ділянку (адреса), інформація

про кількість тривалість зміни та кількість працівників, інформація про тип поверхні.

Стрілки зверху представляють керуючі впливи: нормативна база, коефіцієнти складності для типів поверхонь, вагові коефіцієнти для зведеної ефективності, політика ефективності (в залежності від проекту).

Стрілки знизу позначають механізми: бригадири, керівники окремих проєктів.

Стрілки справа відображають вихідні результати: звіт «Показники ефективності бригади» та звіт «Аналіз ефективності по ділянці».

На рисунку 1.3 представлено декомпозицію першого рівня (A0) бізнес-процесу «Аналіз ефективності виконання робіт». Діаграма побудована за методологією IDEF0 і включає чотири основні підпроцеси, що формують логіку функціонування модуля.

Підпроцес 1 «Обробка вхідних даних» відповідає за прийом і структурування даних, що надходять від бригадирів, включаючи обсяг виконаних робіт, тип поверхні, тривалість зміни та кількість працівників.

У блоці 2 «Розрахунок людино-годин та очікуваної продуктивності» виконується обчислення людино-годин на основі введених параметрів, а також очікуваних значень продуктивності відповідно до нормативної бази та коефіцієнтів складності.

На етапі 3 «Аналіз фактичних результатів» здійснюється порівняння фактичних даних із очікуваними, розраховуються КРІ: прокладання кабелю, підключення будинків та зведений коефіцієнт.

У завершальному блоці 4 «Формування звітів» результати передаються у вигляді звітів до керівників проєктів, а також виводяться у системи звітності.

Стрілки, розміщені зверху, зліва, справа та знизу, за своїм змістом і функціями відповідають стрілкам, використаним у контекстній діаграмі, і залишаються незмінними.

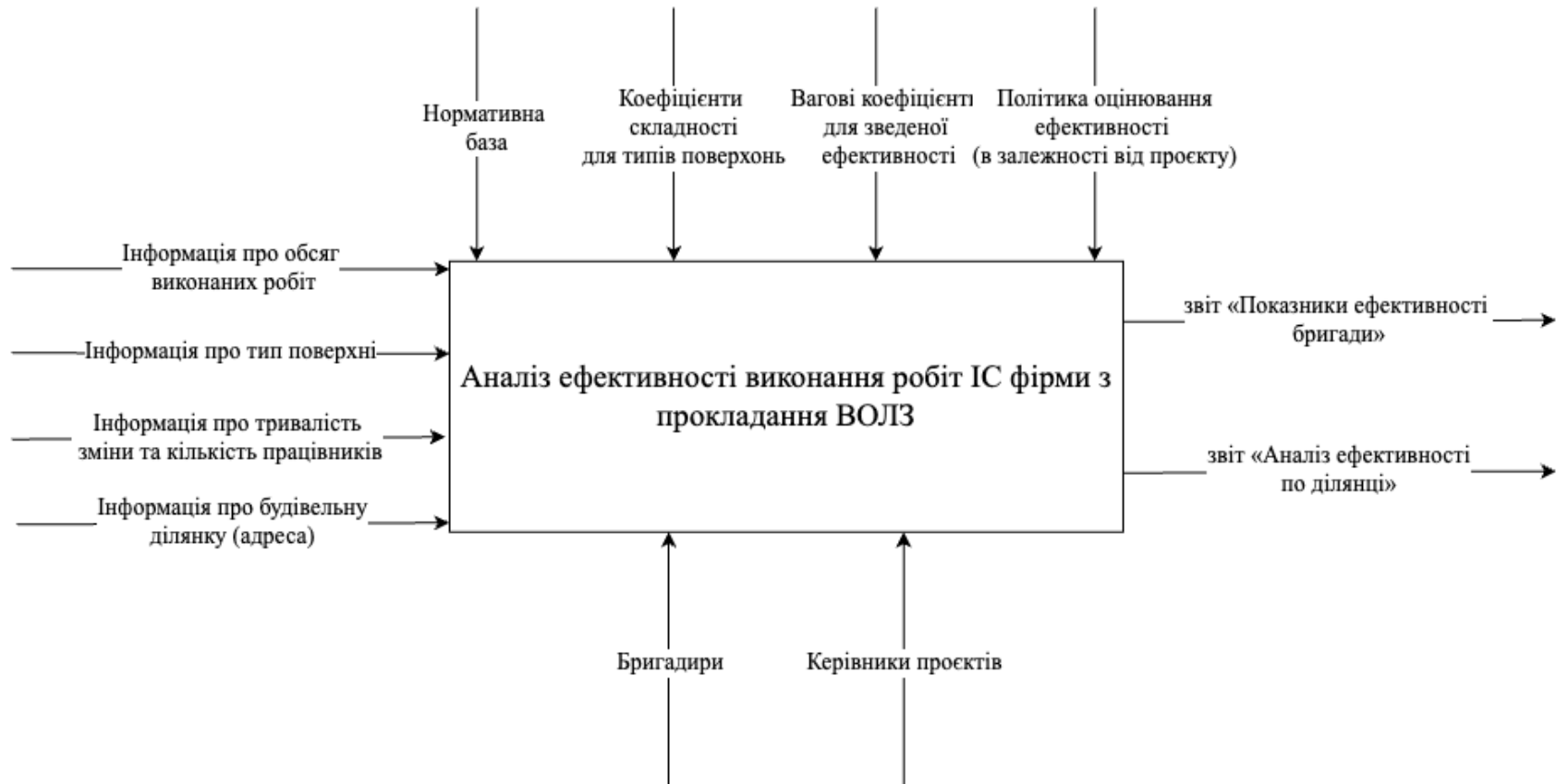


Рисунок 1.2 – Опис бізнес-процесу «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ (контекстна діаграма)

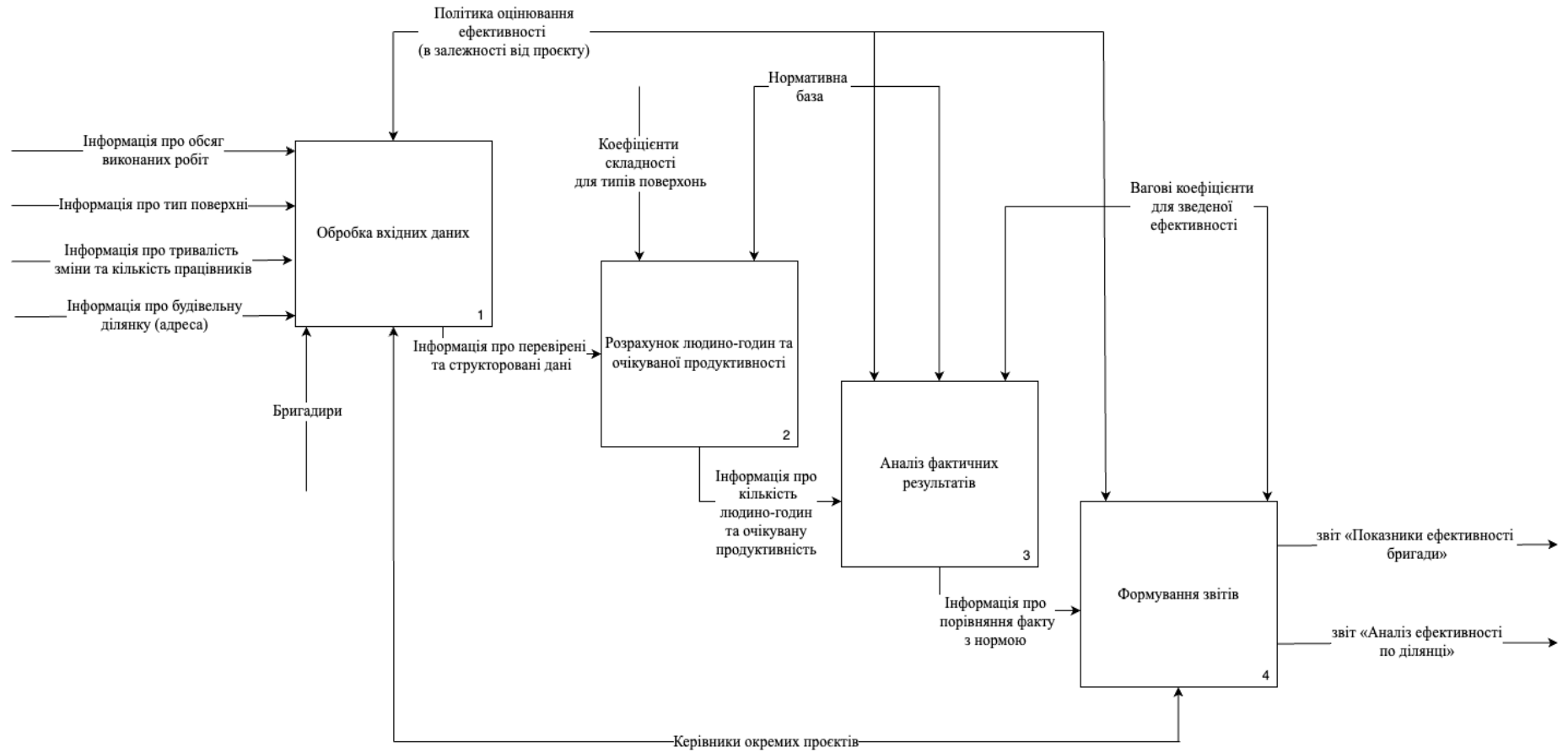


Рисунок 1.3 – Опис бізнес-процесу «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ (діаграма декомпозиції першого рівня)

2 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ З ПРОКЛАДАННЯ ВОЛЗ

Аналіз існуючих ІС показав, що на ринку фактично відсутні комплексні рішення, які дозволяють оцінювати ефективність саме виконавчих підрозділів під час прокладання ВОЛЗ. Більшість наявних ІС орієнтовані на моніторинг технічного стану вже функціонуючих мереж. Тому були розглянуті такі системи, як SolarWinds, Zabbix і PRTG, які використовуються для збору та аналізу технічних показників мережевого обладнання.

У таблиці 2.1 подано порівняльний аналіз ІС для моніторингу прокладання ВОЛЗ.

На основі порівняльного аналізу представлених ІС було встановлено, що жодна з них не забезпечує збору, обробки та аналізу даних, необхідних для оцінювання ефективності роботи бригад під час прокладання ВОЛЗ. Незважаючи на високий рівень автоматизації в сфері технічного моніторингу, наявні системи не враховують специфіку виробничих процесів на етапі прокладання мереж. Це обґрунтовує доцільність створення модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» для ІС фірми з прокладання ВОЛЗ.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз ІС для моніторингу прокладання ВОЛЗ

ІС	Критерій порівняння	Характеристика
SolarWinds	Опис	SolarWinds Network Performance Monitor – це комерційне рішення для моніторингу мереж, яке дозволяє здійснювати глибокий аналіз продуктивності, виявляти вузькі місця та прогнозувати навантаження. Система забезпечує візуалізацію мережевих даних у реальному часі та підтримує автоматичне виявлення пристроїв.
	Переваги	Високий рівень деталізації, підтримка великої кількості мережевих протоколів, наявність інтеграцій з іншими інструментами адміністрування. Має зручний інтерфейс та розширену панель звітності.
	Недоліки	Висока вартість ліцензії, відсутність вбудованих функцій для збору та аналізу даних про виробничі процеси, КРІ та діяльність бригад. Потребує додаткової інтеграції для застосування в системах управління проектами.
Zabbix	Опис	Zabbix – безкоштовна система з відкритим кодом, призначена для моніторингу серверів і мережевого обладнання. Підтримує гнучке налаштування тригерів, сповіщень та аналітики в режимі реального часу.

Кінець таблиці 2.1

ІС	Критерій порівняння	Характеристика
Zabbix	Переваги	Повністю безкоштовна, добре масштабовується, підтримує кастомізацію під потреби організації. Може працювати у великих інфраструктурах з мінімальними ресурсами.
	Недоліки	Складність початкового налаштування, відсутність фокусування на оцінці ефективності працівників. Не передбачає обробку даних або аналіз ефективності бригад.
PRTG	Опис	PRTG Network Monitor – це ІС для централізованого моніторингу мереж. Система надає детальну інформацію про стан з'єднання, швидкість передачі даних і стабільність каналів.
	Переваги	Простота встановлення, зручний інтерфейс, широкий набір датчиків для різних типів мережевого обладнання. Можливість створення власних звітів та графіків.
	Недоліки	Безкоштовна версія обмежена за кількістю датчиків. Відсутні модулі для оцінювання ефективності виконання робіт з прокладання ВОЛЗ. Не підтримує облік людських ресурсів або оцінку КРІ.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО СТВОРЕННЯ МОДУЛЯ

3.1 Функціональні вимоги до модуля

Розроблюваний модуль повинен реалізовувати функціональні можливості для збору інформації, обробки даних, розрахунку показників ефективності та генерації звітності на основі вхідних даних, що надходять з виробничих ділянок.

Основною функцією модуля є прийом та структуроване збереження вхідної інформації, необхідної для аналізу ефективності виконання робіт. Система повинна забезпечувати можливість введення наступних параметрів:

- дата виконання робіт;
- час початку та завершення зміни;
- тривалість перерви;
- кількість працівників у бригаді;
- тип поверхні;
- обсяг прокладеного кабелю (у метрах);
- адреса виконання робіт;
- кількість виконаних підключень до будинків;
- супровідна інформація (коментарі, фотофіксація тощо).

Для введення зазначених параметрів повинна бути передбачена форма з вбудованими механізмами перевірки (валідації), яка контролює заповнення обов'язкових полів, відповідність форматів (дата, час, числові значення) та обмеження вибору для довідникових значень (типи поверхні, адреси).

Після збереження введених даних модуль повинен забезпечити їх обробку та обчислення показників ефективності на основі закладених нормативів та внутрішніх параметрів. На цьому етапі планується реалізація логіки розрахунку людино-годин, очікуваного обсягу виконання робіт та

розрахункових значень ефективності прокладання кабелю та підключень до будинків. Для цього буде розроблено відповідне математичне забезпечення, яке враховуватиме нормативні значення, коефіцієнти складності поверхонь, кількість працівників та інші параметри.

Модуль повинен формувати вихідні значення КРІ на основі порівняння фактичних результатів із розрахунковими очікуваннями. Надалі ці дані повинні використовуватися для формування звітності. Зокрема, звіт «Ефективність виконання робіт» повинен містити вхідні параметри за зміну, розраховані КРІ для кожної бригади, а також зведені показники за об'єктами або часовими періодами. Звіт «Аналіз відхилень» має включати виявлені випадки недотримання нормативів, рівень відхилення та відповідні адреси або ділянки.

3.2 Нефункціональні вимоги до модуля

Нефункціональні вимоги визначають технічні та експлуатаційні характеристики модуля, які не стосуються безпосередньо його функціональності, але впливають на зручність, продуктивність, стабільність та можливість інтеграції в середовище підприємства.

Модуль повинен бути розроблений з урахуванням мінімальних вимог до апаратного забезпечення, достатніх для його коректної роботи на персональних комп'ютерах із сучасною операційною системою Windows 10 або новішою. Застосування має функціонувати без помітних затримок на ПК із процесором не нижче Intel Core i5, обсягом оперативної пам'яті від 8 ГБ та SSD-накопичувачем.

Інтерфейс користувача повинен бути реалізований таким чином, щоб не потребував спеціальної підготовки або технічних знань. Усі поля введення даних, навігаційні елементи та візуальні блоки мають бути логічно

згруповані, а повідомлення про помилки – інформативними та зрозумілими. Заборонено застосування прихованих команд або складних комбінацій дій для виконання базових операцій.

Надійність модуля повинна забезпечуватися стабільною роботою при обробці великих обсягів інформації без втрати даних або системних помилок. Передбачено механізм резервного збереження проміжних результатів у випадку збоїв системи або переривання роботи.

Модуль повинен бути незалежним від конкретної конфігурації середовища – з можливістю розгортання як на окремому комп'ютері, так і в межах локальної корпоративної мережі.

Усі оновлення та модифікації модуля повинні здійснюватися без втрати даних користувача. Для цього необхідно передбачити механізм локального резервного копіювання та документацію до оновлень.

4 АРХІТЕКТУРНИЙ ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОДУЛЯ «АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ» ІС ФІРМИ З ПРОКЛАДАННЯ ВОЛЗ

Розробка функціональної моделі дозволяє формалізувати потоки даних у межах ІС та забезпечити відображення логіки її роботи. Для цього використовується методологія побудови діаграм потоків даних (DFD – Data Flow Diagram), яка дозволяє графічно відобразити зв'язки між користувачами, базами даних (БД), обробкою інформації та результатами [3]. Основними елементами DFD є:

- зовнішні сутності (джерела або отримувачі даних);
- процеси (обробка даних);
- сховища (БД);
- потоки даних (стрілки з підписами).

На DFD-діаграмі першого рівня (контекстній) уся логіка модуля подається як єдиний процес, що взаємодіє з зовнішніми користувачами. На наступних рівнях відображаються внутрішні підпроцеси. Таким чином, DFD дозволяє структурувати складний процес в ієрархічній формі.

У межах модуля оцінки ефективності роботи бригад визначено дві основні категорії користувачів – бригадири та керівники окремих проєктів. Бригадири відповідають за щоденне внесення даних про виконані роботи. Вони вводять:

- обсяг виконаних робіт;
- кількість працівників;
- кількість витрачених годин;
- тип поверхні;
- кількість виконаних підключень до будинків;
- інформацію про будівельну ділянку;
- фотоматеріали та коментарі за необхідності.

Керівники окремих проєктів виконують адміністративні функції, пов'язані з налаштуванням системи:

- створюють довідкові записи про бригади;
- визначають типи поверхонь та відповідні коефіцієнти складності;
- вводять нормативи виконання робіт;
- визначають вагові коефіцієнти для зведеного показника ефективності.

Ці нормативи містять планові значення продуктивності, допустимі відхилення та умови оцінки. Система на основі цих нормативів і фактичних даних бригад виконує розрахунок КРІ, фіксує відхилення і формує звітність.

На рисунку 4.1 представлено контекстну DFD-діаграму модуля «Аналіз ефективності виконання робіт». У центрі схеми зображено логічний процес, який отримує дані від двох категорій користувачів – бригадира та керівника окремого проєкту. Бригадир передає поточну виробничу інформацію. Керівник, зі свого боку, забезпечує систему нормативними даними, довідковими значеннями та коефіцієнтами. Вихідним результатом процесу є два типи звітів, що передаються головному керівнику проєкту: «Ефективність виконання робіт» та «Аналіз відхилень».

На рисунку 4.2 представлено діаграму декомпозиції першого рівня модуля «Аналіз ефективності виконання робіт». Всі вхідні дані спочатку обробляються у відповідних блоках введення (1–9) та зберігаються в БД. У процесі 10 здійснюється розрахунок ефективності на основі фактичних показників. Процес 11 формує нормативну базу для обчислень, включаючи норми, коефіцієнти складності та вагові коефіцієнти. У блоці 12 формується структура результатів розрахунків, які передаються в блок 13 для створення двох звітів: «Показники ефективності бригади» та «Аналіз ефективності по ділянці».

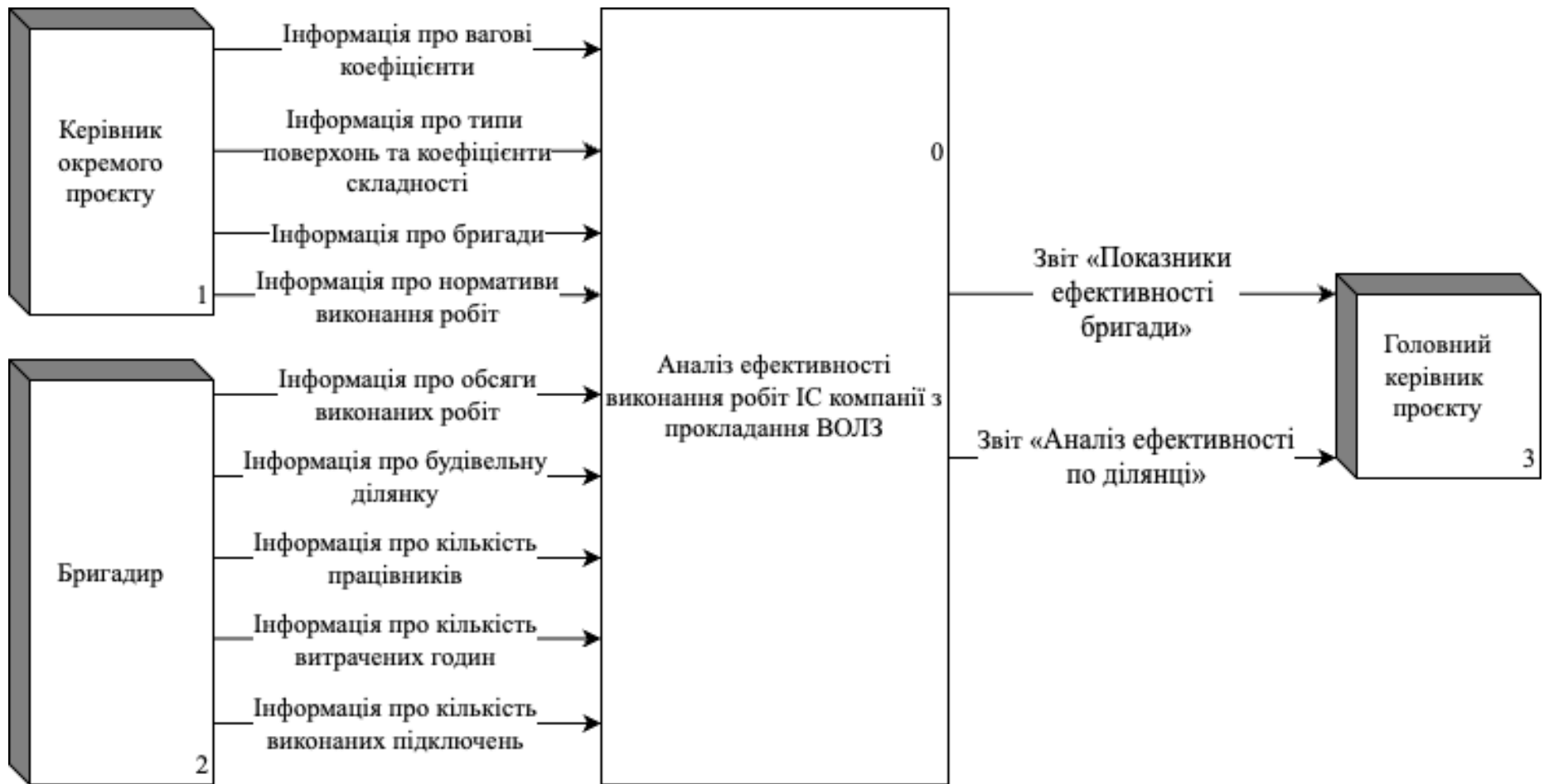


Рисунок 4.1 – Діаграма потоків даних модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ (контекстна діаграма)

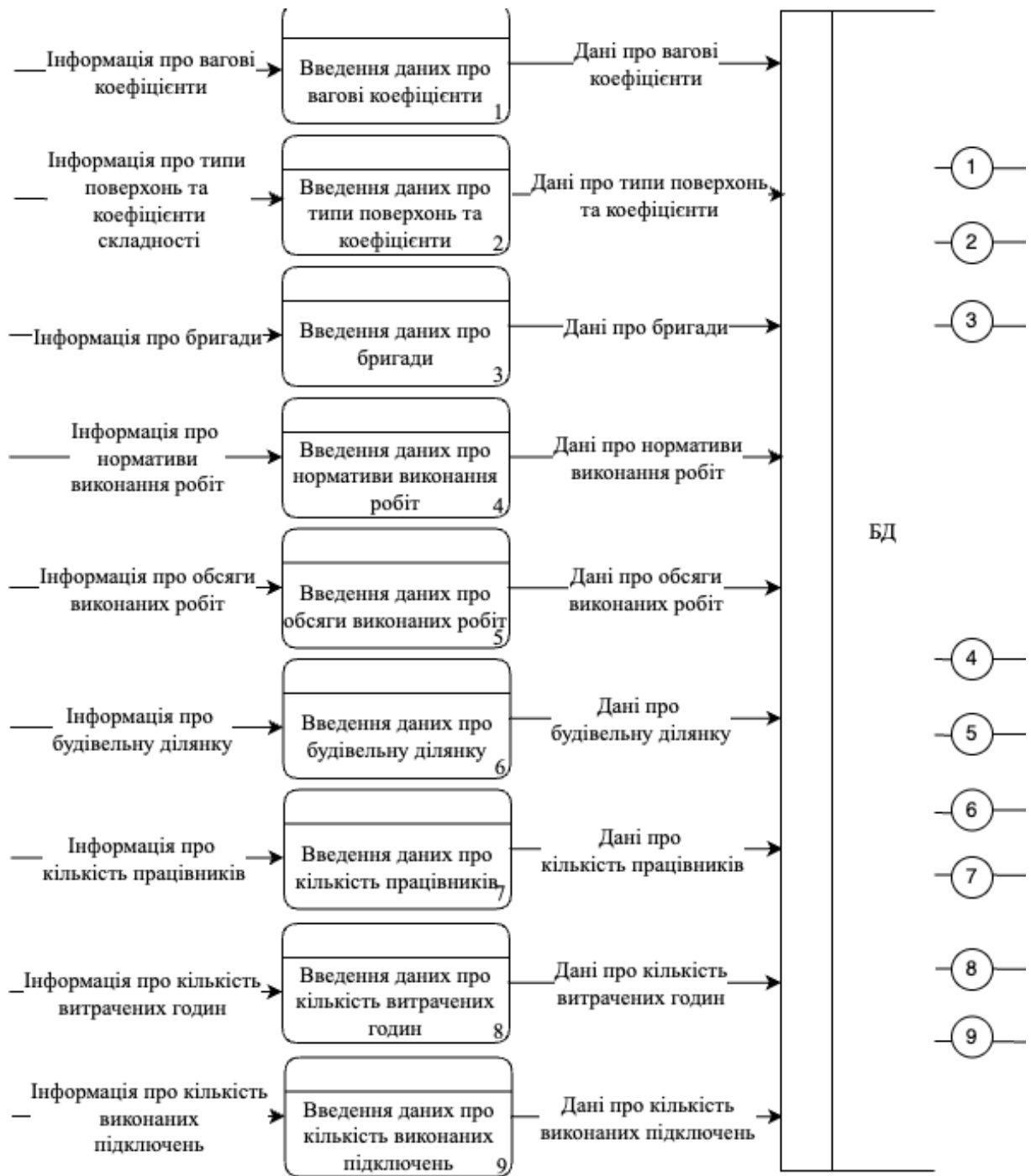


Рисунок 4.2 – Діаграма потоків даних модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» ІС фірми з прокладання ВОЛЗ (діаграма декомпозиції першого рівня)

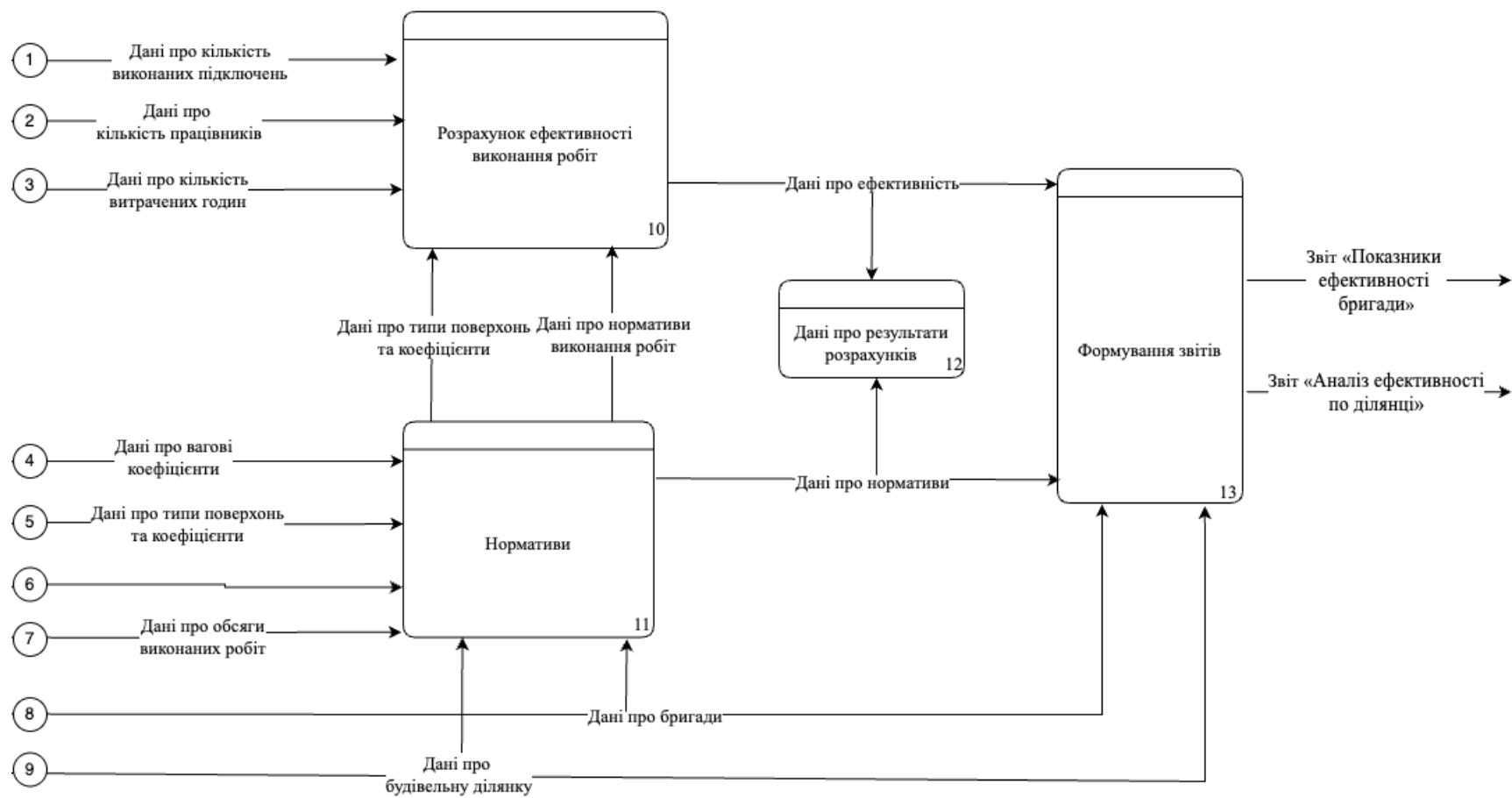


Рисунок 4.2, аркуш 2

5 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДУЛЯ «АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ» ІС ФІРМИ З ПРОКЛАДАННЯ ВОЛЗ

Для реалізації модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» було розроблено елемент інформаційного забезпечення, а саме, структуру БД. Враховуючи обмежений обсяг інформації, який генерується в рамках одного проєкту, для реалізації була обрана реляційна БД.

Реляційна БД дозволяє формалізовано зберігати, структурувати та обробляти інформацію в межах єдиної системи. Завдяки використанню чітких зв'язків між таблицями та типізованих полів, структура БД підтримує логіку предметної області, забезпечує узгодженість даних і полегшує подальший аналіз.

Основним джерелом даних у цьому модулі є щоденні звіти бригадирів, які вносяться вручну. Метою є збір даних для подальшого розрахунку ефективності виконання робіт у межах кожного проєкту. Користувачами модуля виступають бригадири, які щодня фіксують обсяг виконаних робіт, тип поверхні, склад бригади, часові рамки робочого дня, підключення до будинків та супровідну інформацію у вигляді фото і коментарів. Керівники окремих проєктів, у свою чергу, мають можливість переглядати внесені дані, проводити порівняльний аналіз фактичних показників з нормативами та формувати управлінські висновки.

Інформаційна модель модуля реалізована у вигляді реляційної БД, яка побудована на основі ER-діаграми (Entity Relationship Diagram). Побудова логічної моделі у вигляді ER-діаграми дозволяє формально описати основні сутності, атрибути та зв'язки між ними ще до реалізації фізичної структури [4].

Кожен WorkLog (денна робота) пов'язаний з конкретним Foreman (бригадиром) і може містити декілька записів про CableLaying (прокладання кабелю) та HomeConnection (підключення). Через це реалізовано зв'язки

типу «один до багатьох» між таблицями Foreman (бригадир) та WorkLog (денна робота), WorkLog (денна робота) та CableLaying (прокладання кабелю), WorkLog та HomeConnection (підключення). SurfaceType (тип поверхні) та Address (адреса) реалізовані як окремі сутності з метою стандартизації та уникнення дублювання записів.

Розроблена структура БД є адаптивною та масштабованою: за необхідності можуть бути додані нові атрибути або розширено перелік сутностей, наприклад, для обліку техніки, погодних умов або обліку витрат матеріалів.

На рисунку 5.1 представлено розроблену логічну модель для даної предметної області.

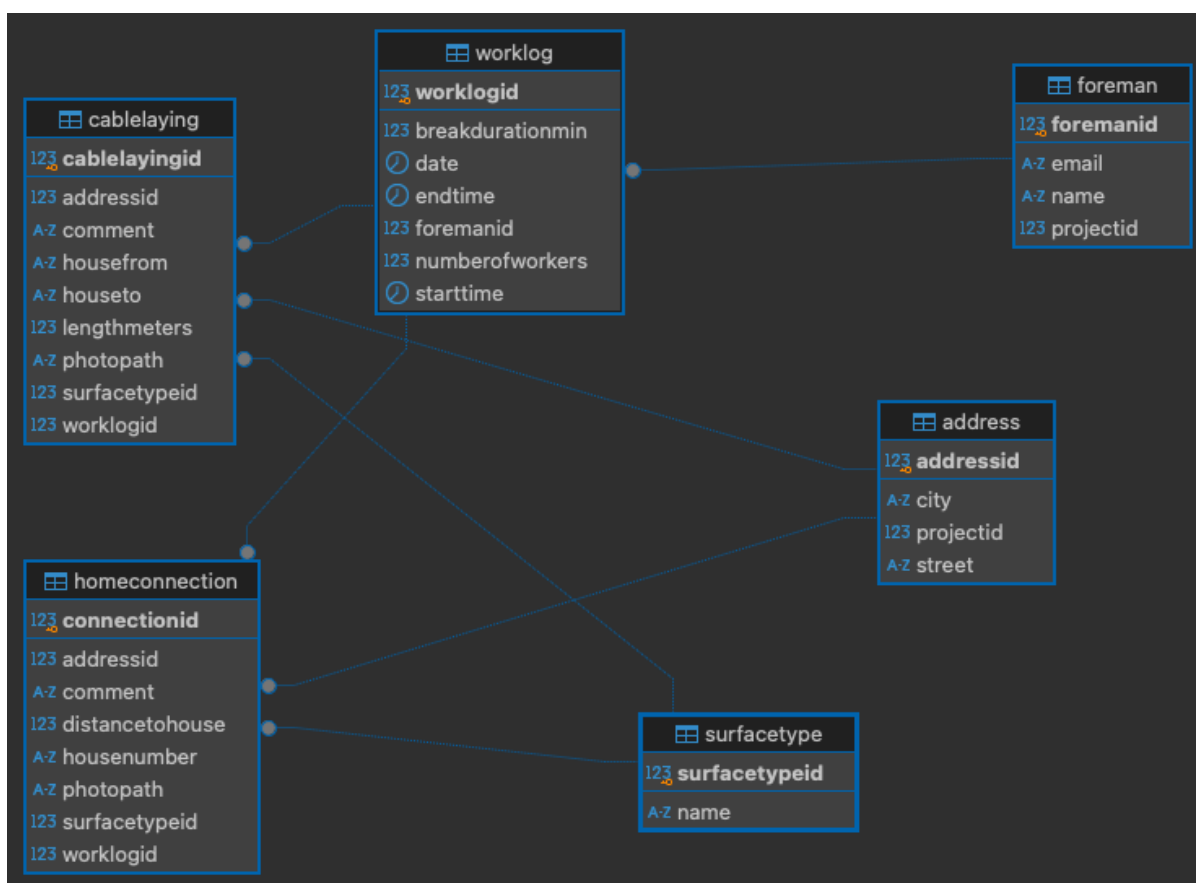


Рисунок 5.1 – Логічна модель даних модуля «Аналіз ефективності виконання робіт»

На основі логічної моделі було розроблено фізичну модель даних, реалізовану у вигляді реляційної БД. Усі сутності логічної моделі були відображені як окремі таблиці, для яких визначено типи даних, первинні та зовнішні ключі, а також обмеження на значення полів.

З метою забезпечення структурованості та економії пам'яті, усі текстові поля були реалізовані не як TEXT, а з обмеженням довжини відповідно до логіки бізнес-процесів. Наприклад, імена користувачів та назви типів поверхні мають тип VARCHAR(64), вулиці та назви міст – VARCHAR(128), коментарі та шляхи до фото – VARCHAR(256). Таке обмеження дозволяє контролювати формат даних, уникати надлишкового введення та покращує продуктивність БД.

Усі таблиці мають унікальний ідентифікатор (SERIAL PRIMARY KEY), що забезпечує автоматичне генерування значень під час додавання нових записів. Для збереження цілісності інформації між таблицями реалізовано зовнішні ключі (FOREIGN KEY). Для забезпечення каскадного видалення записів реалізовано ON DELETE CASCADE.

На рисунку 5.2 представлено розроблену фізичну модель даних модуля «Аналіз ефективності виконання робіт».

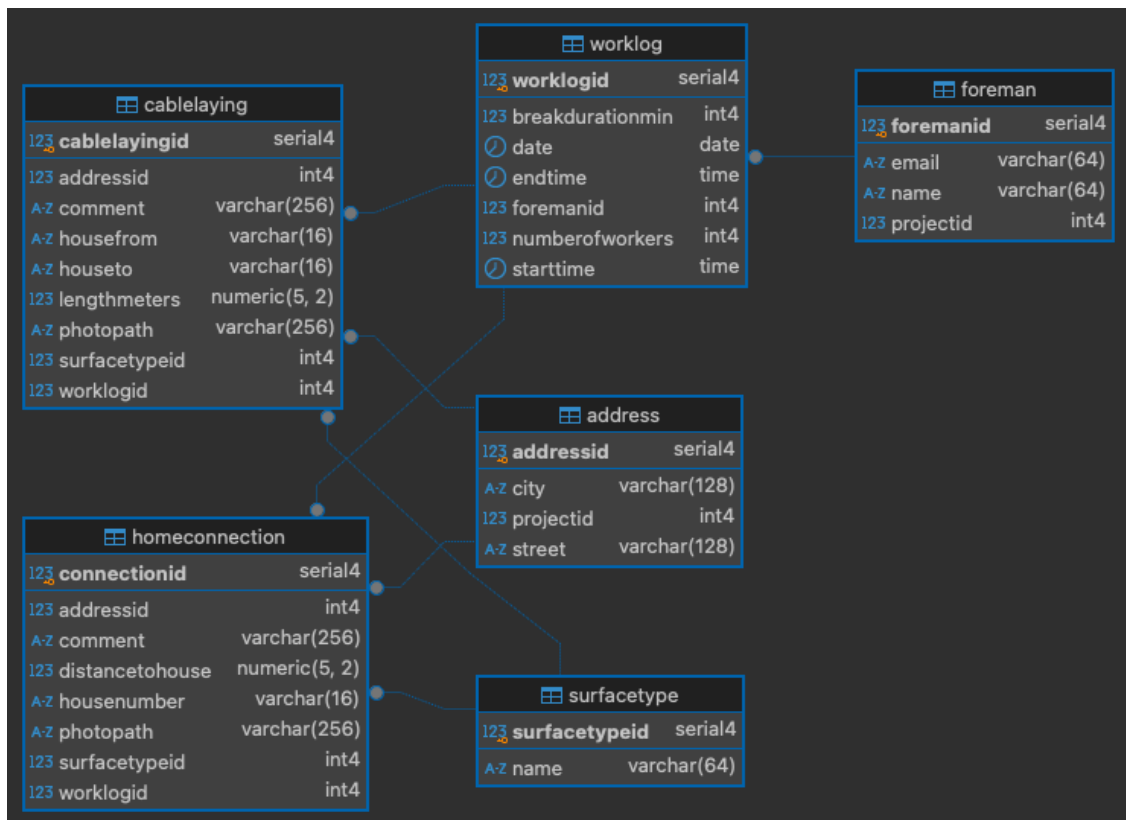


Рисунок 5.2 – Фізична модель даних модуля «Аналіз ефективності виконання робіт»

У таблиці 5.1 наведено перелік основних типів сутностей, які використовуються в модулі. Для кожної з них зазначено призначення та особливості використання в межах ІС.

Таблиця 5.1 – Відомості про типи сутностей

Ім'я типу сутності	Опис	Особливості використання
Foreman (Бригадир)	Зберігає інформацію про бригадирів, які здійснюють фіксацію щоденних звітів	Персональні дані (ім'я, пошта) надаються під час авторизації в системі
WorkLog (Денна робота)	Містить записи про робочі зміни бригади: дата, час, кількість працівників	Записи створюються вручну бригадиром щодня, пов'язані з користувачем
CableLaying (Прокладення кабеля)	Відображає інформацію про прокладання кабелю за день, тип покриття, довжину	Додається в межах одного звіту; включає фото та коментарі з місця
HomeConnection (Підключення)	Фіксує дані про підключення до будинків: адреса, поверхня, фото	Заповнюється разом із інформацією про відстань до будинку та фотофіксацією
SurfaceType (Тип поверхні)	Довідник типів поверхні (асфальт, бруківка тощо)	Використовується для класифікації умов виконання робіт, обирається з довідника
Address (Адреса)	Довідник адрес, де ведуться роботи	Вноситься керівником проекту заздалегідь; використовується бригадиром при виборі об'єкта

У таблиці 5.2 наведено типи зв'язків між основними сутностями, які використовуються в модулі. Вказано, які об'єкти пов'язані між собою, тип зв'язку, а також ступінь зв'язку.

Таблиця 5.2 – Відомості про типи зв'язків

Тип сутності	Зв'язок	Тип сутності	Ступінь зв'язку
Foreman (Бригадир)	has (має)	WorkLog (Денна робота)	1:M
WorkLog (Денна робота)	has (має)	CableLaying (Прокладення кабеля)	1:M
WorkLog (Денна робота)	has (має)	HomeConnection (Підключення)	1:M
CableLaying (Прокладення кабеля)	has (має)	SurfaceType (Тип поверхні)	M:1
HomeConnection (Підключення)	has (має)	SurfaceType (Тип поверхні)	M:1
CableLaying (Прокладення кабеля)	has (має)	Address (Адреса)	M:1
HomeConnection (Підключення)	has (має)	Address (Адреса)	M:1

У таблиці 5.3 наведено перелік атрибутів основних сутностей, що використовуються у фізичній моделі БД модуля. Для кожного атрибута вказано його призначення, тип даних, обмеження, довжину та допустимість порожніх значень (NULL).

Таблиця 5.3 – Відомості про атрибути

Тип сутності	Атрибут	Опис	Тип даних	Довжина	Обмеження	Допустимість NULL
1	2	3	4	5	6	7
Foreman (Бригадир)	ForemanID	Унікальний ідентифікатор	SERIAL (ціле)		PK	Ні
	Name	Ім'я бригадира	VARCHAR (текст)	64	NOT NULL	Ні
	Email	Електронна пошта бригадира	VARCHAR (текст)	64	UNIQUE	Ні
WorkLog (Денна робота)	WorkLogID	Унікальний ідентифікатор	SERIAL (ціле)		PK	Ні
	Date	Дата зміни	DATE (дата)		NOT NULL	Ні
	StartTime	Початок роботи	TIME (час)		NOT NULL	Ні
	EndTime	Кінець роботи	TIME (час)		NOT NULL	Ні
	BreakDurationMin	Тривалість перерви (хв)	INTEGER (ціле)		NOT NULL	Ні
CableLaying (Прокладення кабеля)	CableLayingID	Унікальний ідентифікатор	SERIAL (ціле)		PK	Ні
	SurfaceTypeID	Тип поверхні	INTEGER (ціле)		FK	Ні
	LengthMeters	Довжина ділянки	NUMERIC (число)	5,2	NOT NULL	Ні

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7
CableLaying (Прокладення кабеля)	AddressID	Адреса	INTEGER (ціле)		FK	Ні
	HouseFrom	Номер будинку з	VARCHAR (текст)	16	NULL	Так
	HouseTo	Номер будинку по	VARCHAR (текст)	16	NULL	Так
	PhotoPath	Шлях до фото	VARCHAR (текст)	256	NULL	Так
HomeConnection (Підключення)	HomeConnectionID	Унікальний ідентифікатор	SERIAL (ціле)		PK	Ні
	AddressID	Адреса підключення	INTEGER (ціле)		FK	Ні
	HouseNumber	Номер будинку	VARCHAR (текст)	16	NULL	Так
	DistanceToHouse	Відстань до будинку	NUMERIC (число)	5,2	NULL	Так
	SurfaceTypeID	Тип поверхні	INTEGER (ціле)		FK	Ні
	PhotoPath	Шлях до фото	VARCHAR (текст)	256	NULL	Так
SurfaceType (Тип поверхні)	SurfaceTypeID	Унікальний ідентифікатор	SERIAL (ціле)		PK	Ні
	Name	Назва поверхні	VARCHAR (текст)	64	NOT NULL	Ні

Кінець таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7
Address (Адреса)	AddressID	Унікальний ідентифікатор	SERIAL (ціле)		PK	Hi
	Street	Назва вулиці	VARCHAR (текст)	128	NOT NULL	Hi
	City	Назва міста	VARCHAR (текст)	128	NOT NULL	Hi

6 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ МАТЕМАТИЧНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ МОДУЛЯ «АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ» ІС ФІРМИ З ПРОКЛАДАННЯ ВОЛЗ

Для забезпечення аналізу результатів роботи бригад у модулі реалізовано математичний апарат, що дозволяє порівнювати фактичну продуктивність із нормативами, закладеними для кожного типу роботи. Розрахунок ефективності здійснюється окремо для прокладання кабелю та підключення до будинків із урахуванням трудових витрат, типу поверхні, складності виконання та встановлених нормативів.

Усі розрахунки базуються на щоденних даних, що вносяться бригадиром у процесі виконання робіт. Це дозволяє автоматизувати процес формування показників ефективності та виявляти відхилення в оперативному режимі. Основними показниками є:

- кількість витрачених людино-годин;
- обсяг виконаних робіт;
- очікуваний результат згідно з нормативами;
- зведений коефіцієнт ефективності.

На першому етапі визначається фактична кількість витрачених людино-годин за зміну. Для цього з урахуванням часу початку та завершення роботи, а також тривалості перерви обчислюється тривалість робочого дня, яка множиться на кількість працівників у бригаді:

$$H = (t_e - t_s - b)n,$$

де H – кількість людино-годин;

t_e – час завершення зміни;

t_s – час початку зміни;

b – тривалість перерви;

n – кількість працівників.

На другому етапі розраховується очікувана кількість прокладених метрів кабелю. Вона визначається як добуток витрачених людино-годин, нормативу продуктивності та коефіцієнта складності поверхні:

$$M_{\text{exp}} = H \times r \times k$$

де M_{exp} – очікувана довжина кабелю;

H – фактична кількість людино-годин;

r – норматив прокладання (м/людино-година);

k – коефіцієнт складності поверхні.

Далі здійснюється порівняння фактичного результату з очікуваним. Коефіцієнт ефективності прокладання кабелю обчислюється як відношення фактично виконаного обсягу робіт до очікуваного:

$$E_{\text{lay}} = \frac{M_{\text{act}}}{M_{\text{exp}}},$$

де E_{lay} – коефіцієнт ефективності прокладання кабелю;

M_{act} – фактично прокладено кабелю;

M_{exp} – очікувана довжина кабелю.

Аналогічно визначається ефективність підключень. Очікувана кількість підключень розраховується як відношення фактично витрачених людино-годин до нормативного часу, необхідного для виконання одного підключення:

$$C_{\text{exp}} = \frac{H}{p},$$

де C_{exp} – очікувана кількість підключень;

H – фактична кількість людино-годин;

p – норматив часу на одне підключення.

Коефіцієнт ефективності підключення визначається як відношення фактичної кількості підключень до очікуваної:

$$E_{\text{con}} = \frac{C_{\text{act}}}{C_{\text{exp}}},$$

де E_{con} – коефіцієнт ефективності підключення;

C_{act} – фактично виконано підключень;

C_{exp} – очікувана кількість підключень.

На завершальному етапі розраховується загальний коефіцієнт ефективності бригади з урахуванням вагових коефіцієнтів для прокладання та підключення. Залежно від пріоритетів у проєкті (наприклад, більший обсяг прокладання або складність підключень), ваги можуть бути налаштовані відповідно до специфіки:

$$E = \frac{\alpha \times E_{\text{lay}} + \beta \times E_{\text{con}}}{\alpha + \beta},$$

де E – загальний зважений коефіцієнт ефективності;

α – ваговий коефіцієнт для прокладання (тип поверхності);

β – ваговий коефіцієнт для підключення (тип поверхності).

Для визначення рівня ефективності виконання робіт використовується зведений коефіцієнт ефективності (E), що обчислюється на основі розрахункових показників прокладання кабелю та підключень до будинків. Залежно від значення цього коефіцієнта визначається відповідність фактичних результатів нормативним очікуванням. У таблиці 6.1 нижче наведено інтерпретацію діапазонів значень коефіцієнта E .

Таблиця 6.1 – Інтерпретація діапазонів значень загального зваженого коефіцієнта ефективності

Значення коефіцієнта E	Інтерпретація
$E < 0.75$	Низька ефективність, значне відставання від нормативів. Потребує аналізу причин.
$0.75 \leq E < 0.90$	Нижче очікуваного рівня. Можливі локальні труднощі або нештатні ситуації.
$0.90 \leq E \leq 1.10$	Робота виконується стабільно, у межах встановлених нормативів.
$1.10 < E \leq 1.25$	Підвищена ефективність, можливе перевиконання завдань без втрати якості.
$E > 1.25$	Аномально висока ефективність. Доцільно перевірити достовірність даних.

Значення коефіцієнта E, близьке до 1, вказує на стабільну роботу бригади у межах планових нормативів. Якщо показник значно менший за 1, це сигналізує про недовиконання запланованих обсягів робіт і потребує додаткового аналізу причин (наприклад, складні умови на ділянці, зменшення складу бригади, простої тощо). Значення вище 1 може свідчити про високу продуктивність або про некоректність введених даних (наприклад, заниження фактичного часу).

Таке шкалування дозволяє не лише кількісно оцінити ефективність, а й встановити порогові зони для подальшого аналізу та прийняття управлінських рішень. За потреби допустимі діапазони можуть бути скориговані відповідно до специфіки окремих проєктів.

Результати розрахунків використовуються для формування звітності в межах модуля та прийняття управлінських рішень щодо подальшого планування робіт.

7 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДУЛЯ «АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ» ІС ФІРМИ З ПРОКЛАДАННЯ ВОЛЗ

7.1 Обґрунтування вибору мови програмування

Для реалізації прикладної логіки модуля було обрано Python – мову програмування високого рівня, яка підтримує структуровану та об'єктно-орієнтовану парадигми, має велику кількість бібліотек для обробки даних, роботи з базами та побудови вебінтерфейсів. Python є одним із найпопулярніших інструментів у сфері розробки ІС завдяки простоті синтаксису, відкритості та активній підтримці спільноти [5].

Для побудови веб-інтерфейсу було використано мікрофреймворк Flask, який забезпечує гнучку маршрутизацію запитів, підтримку форм, сесій, шаблонів і легко масштабується. Через вебформу, розроблену у Flask, бригадири мають змогу вносити змінну інформацію щодо робіт: дата, час зміни, кількість працівників, довжина прокладеного кабелю, кількість підключень, тип поверхні, адреса, супровідні коментарі та фото [6]. Для перевірки коректності даних застосовано комбінацію HTML5-валідації (на рівні клієнта) та обробки запитів у Python (на сервері).

Основна обчислювальна логіка реалізована у вигляді окремих функцій Python, які послідовно виконують усі розрахунки, описані у розділі 6. Усі розрахунки відбуваються на сервері після збереження вхідних даних і не потребують втручання користувача. Python також дозволяє легко інтегрувати сторонні пакети для статистичної обробки даних, роботи з файлами та обчислювальної логіки, що робить його ефективним інструментом для реалізації математичної забезпечуючої системи модуля.

7.2 Обґрунтування вибору СКБД

У якості системи керування базами даних (СКБД) обрано PostgreSQL, вільно розповсюджену об'єктно-реляційну СКБД з широким функціоналом, що забезпечує стабільну роботу, масштабованість, підтримку транзакцій, обмежень цілісності, зовнішніх ключів та тригерів. PostgreSQL є кросплатформним рішенням, що дозволяє застосовувати його в різних архітектурних конфігураціях та середовищах [7].

У проєкті використано ORM-фреймворк (Object-Relational Mapping) SQLAlchemy, який дозволяє реалізувати логіку доступу до даних через опис сутностей у вигляді Python-класів [8]. Кожна таблиця логічної моделі має відповідне представлення у вигляді об'єкта з визначеними атрибутами, первинними та зовнішніми ключами. Такий підхід дає змогу уникнути ручного написання SQL-запитів у більшості типових випадків, а також спрощує масштабування структури БД.

PostgreSQL був обраний також завдяки високій продуктивності при обробці складних запитів, зручній роботі з великими наборами даних, сумісності з аналітичними інструментами (Power BI) і доступності інструментів адміністрування (DBeaver).

7.3 Загальна структура програмного забезпечення

Архітектура програмного забезпечення побудована за класичною моделлю «клієнт – сервер – БД», з чітким розподілом логіки на окремі компоненти: інтерфейс введення даних, модуль обробки, шар доступу до БД та блок виведення результатів.

Користувацький вебінтерфейс реалізовано на основі Flask і

адаптовано для використання як на ПК (персональний комп'ютер), так і на мобільних пристроях. Через нього бригадири щоденно вводять інформацію про виконані роботи: дату, часові рамки зміни, кількість працівників, довжину прокладання кабелю, кількість підключень, тип поверхні, адресу, супровідні коментарі та фото. Форми містять усі обов'язкові поля, інтегровані довідники та перевірку коректності введення.

Математичні розрахунки реалізовано у вигляді окремого логічного шару на Python. Функції приймають збережені вхідні значення, виконують покрокові обчислення згідно з формулами (розділ 6) та повертають результат, який зберігається в базі.

Доступ до БД організовано через ORM-фреймворк SQLAlchemy, що дозволяє працювати з даними у вигляді об'єктів. Структура бази охоплює всі ключові сутності.

Для адміністрування реалізовано окремий інтерфейс для керівника проєкту. Через нього вносяться нормативні дані, типи поверхонь, параметри бригад, а також коригуються коефіцієнти. Передбачено можливість перегляду історії змін для забезпечення контролю.

Візуалізація результатів реалізується за допомогою інтеграції з Power BI, який напряму підключається до БД. Завдяки цьому всі обчислені показники доступні для побудови звітів «Показники ефективності бригади» та «Аналіз ефективності по ділянці». Оновлення аналітики може виконуватись як вручну, так і за графіком, що дозволяє оперативно відстежувати ефективність у розрізі об'єктів, бригад та періодів.

Система є відкритою до подальшого розширення та адаптації, включаючи інтеграцію з іншими модулями підприємства, віддалений доступ, планування змін, а також підтримку картографічної інформації у майбутніх версіях.

Для візуалізації результатів використовується інтеграція з Power BI, який підключається безпосередньо до БД PostgreSQL. Завдяки цьому всі розраховані коефіцієнти, збережені Python-сервісом, автоматично доступні

в системі аналітики. Це дозволяє формувати звіти «Показники ефективності бригади» та «Аналіз ефективності по ділянці» без дублювання даних або ручного експорту. Оновлення в Power BI відбувається за запитом або за розкладом, забезпечуючи актуальність інформації для керівного персоналу.

8 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічне забезпечення є основою стабільного функціонування будь-якої ІС. Воно забезпечує фізичне середовище, в якому реалізуються всі компоненти системи – від введення даних користувачем до збереження, обробки та візуалізації результатів. Незалежно від якості математичних або програмних рішень, система не зможе функціонувати належним чином без відповідного технічного підґрунтя.

У контексті побудови модуля «Аналіз ефективності виконання робіт» технічне забезпечення повинно відповідати таким ключовим вимогам:

- гнучкість;
- доступність;
- продуктивність;
- інтегрованість;
- безпека.

Для реалізації модуля обрано клієнт-серверний підхід із використанням локальних пристроїв користувачів та централізованого серверного середовища, в якому розгорнуто вебзастосунок на основі Python та Flask. Вся логіка обробки даних та математичних розрахунків виконується на сервері, тоді як кінцеві пристрої забезпечують лише введення даних через браузер та перегляд результатів.

Зберігання інформації реалізовано на базі реляційної СКБД PostgreSQL, що розміщується на сервері або у хмарному середовищі, залежно від обраної конфігурації. Виведення результатів здійснюється через інтеграцію з Power BI, який підключається до БД напряму, без дублювання чи ручного експорту.

Особливу роль у технічному забезпеченні відіграють пристрої бригадирів та керівників проєктів, які взаємодіють із модулем через браузер.

Для стабільної роботи достатньо сучасного персонального комп'ютера або ноутбука з актуальною версією браузера. У випадку локального використання Power BI Desktop для аналітики, бажано, щоб пристрій мав достатній обсяг оперативної пам'яті (не менше 8 ГБ) і підтримував візуалізацію графіки без затримок. Такий підхід дозволяє уникнути надмірних апаратних вимог, зберігаючи стабільність і доступність системи для кінцевих користувачів. У таблиці 8.1 наведено рекомендовану конфігурацію робочого комп'ютера, яка забезпечує комфортну роботу з модулем у типовому середовищі користувача.

Таблиця 8.1 – Рекомендована конфігурація ПК

Компонент	Параметри
Процесор	Intel Core i5 (10 покоління) або AMD Ryzen 5
Оперативна пам'ять	8-16 ГБ
Накопичувач (SSD)	256-512 ГБ
Операційна система	Windows 10 / Windows 11 Pro
Екран	1920x1080 Full HD
Підключення до мережі	Ethernet 1 Гбіт/с або Wi-Fi 5
Програмне забезпечення	MS Edge або Chrome, доступ до Microsoft 365, Microsoft Power BI Desktop

9 ОПИС ТА ГРАФІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РІШЕНЬ З USER EXPERIENCE (UX) ТА USER INTERFACE (UI) МОДУЛЯ «АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ» ІС ФІРМИ З ПРОКЛАДАННЯ ВОЛЗ

Якість інтерфейсу користувача (User Interface, UI) та загальна зручність використання (User Experience, UX) є критичними факторами для успішного впровадження будь-якої ІС [9]. Особливо це актуально у випадках, коли дані вводяться вручну невідготовленим персоналом у польових або напівформальних умовах, як це відбувається з боку бригадирів. Простість, логічність та швидкість взаємодії безпосередньо впливають на повноту та точність введеної інформації, а отже – і на результати розрахунків ефективності.

Інтерфейс модуля реалізовано як вебформа на основі Flask. Він побудований за принципами функціонального мінімалізму: кожен екран містить лише ті поля, які необхідні для конкретної операції. Обов'язкові поля мають візуальне виділення, помилки введення супроводжуються текстовими підказками, а вся система розрахована на використання без спеціальної технічної підготовки. Це особливо важливо у випадку польових умов роботи бригад.

Для керівників проєктів передбачено окремий інтерфейс перегляду аналітики через Power BI. Завдяки інтеграції з БД PostgreSQL, звіти автоматично оновлюються та візуалізуються у вигляді графіків і таблиць.

На рисунку 9.1 наведена екранна форма головного меню додатка.

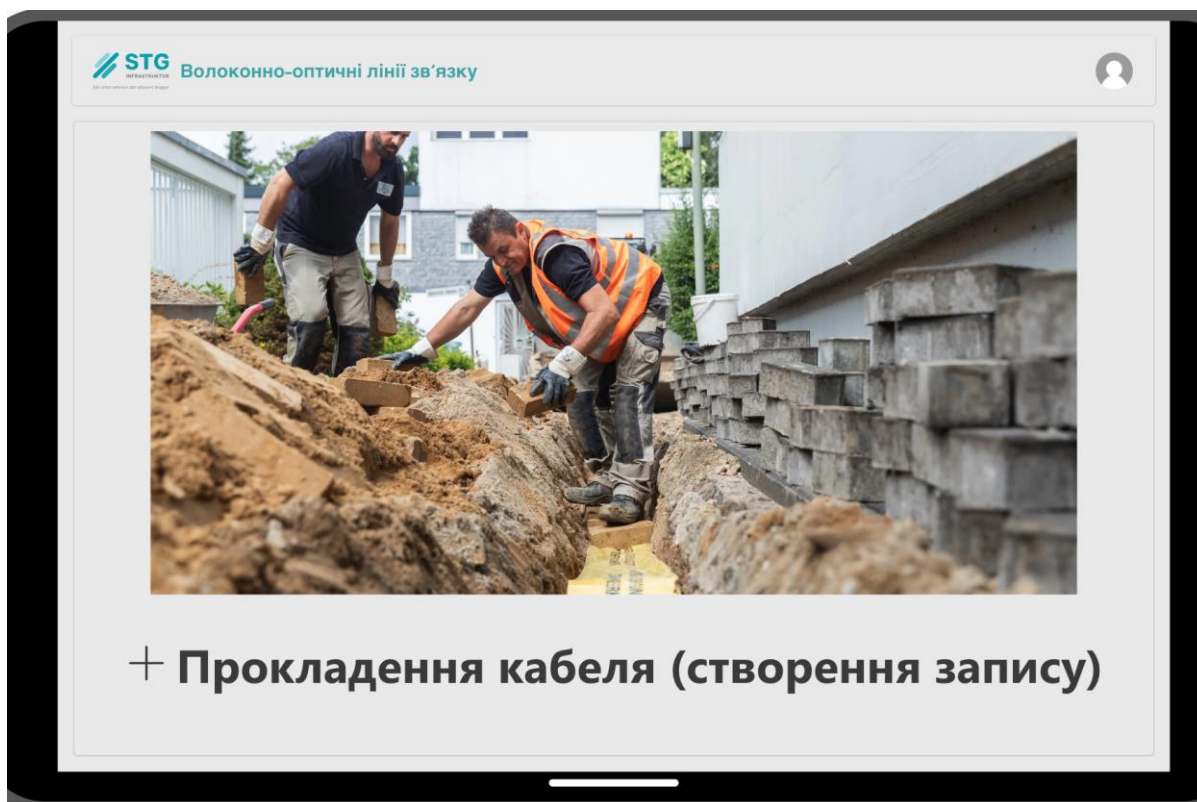


Рисунок 9.1 – Екранна форма головного меню

Після натискання на кнопку «Прокладення кабелю (створення запису)» з головного екрана користувач переходить до форми введення змінної інформації. У новому вікні відображається структура, що відповідає логіці роботи модуля: дата, час початку та завершення зміни, тривалість перерви, кількість працівників, довжина прокладеного кабелю, адреса виконання робіт, тип поверхні та супровідна інформація.

Усі поля згруповані за тематичними блоками, що забезпечує інтуїтивну навігацію та мінімізує час на заповнення. Крім текстових і числових значень, передбачено можливість додавання фотофіксації та коментарів, що підвищує якість введених даних у контексті подальшої аналітики, що можна побачити на рисунку 9.2.

The screenshot displays a mobile application interface for 'Прокладання кабелю' (Cable Laying). At the top, there is a blue header with the title and a home icon. Below the header, a search bar is visible. A list on the left shows three entries with timestamps: '25/05/2025 17:25', '25/05/2025 17:27', and '25/05/2025 17:39'. The main area shows a detailed form for the first entry, '25/05/2025 17:25'. The form fields are as follows:

- Дата**: 13/05/2025 (with a calendar icon)
- Початок робочого дня**: 07 : 00 (with dropdown arrows)
- Кінець робочого дня**: 17 : 37 (with dropdown arrows)
- Пауза (мін.)**: 37 (with a text input field)
- Кількість працівників**: 7 (with a text input field)
- Адреса**: Клочківська 3-9 (with a dropdown arrow)
- Прокладено кабелю (м)**: 20 (with a text input field)
- Тип поверхності**: Пісок (with a dropdown arrow)

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Change Picture' (with a photo icon) and 'Додати фото' (with a person icon). Below these is a text area for 'Додати коментар' containing the text 'Роботи були виконані'.

Рисунок 9.2 – Екранна форма «Прокладання кабелю»

На рисунку 9.3 відображення введення дати, у формі використано інтегрований календар, що відкривається автоматично при натисканні на відповідне поле. Поточна дата відображається як значення за замовчуванням. На рисунку 9.4 відображення випадаючого списку для введення початку та завершення робочого. Списки мають значенням годин (від 0 до 23) та хвилин (від 0 до 59).

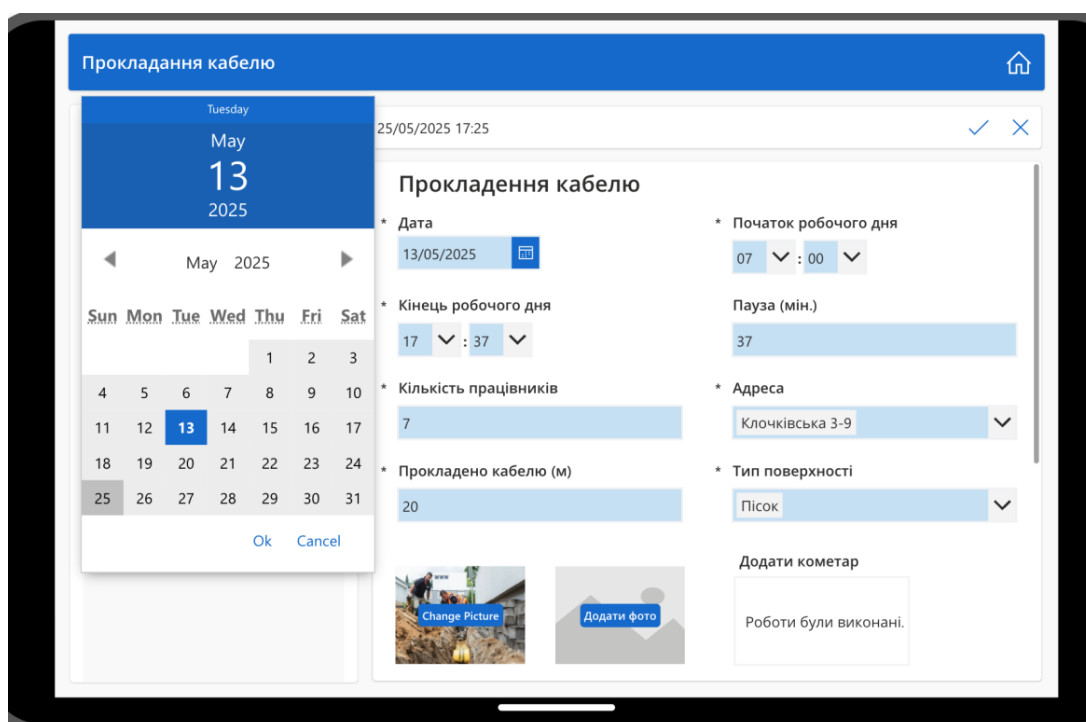


Рисунок 9.3 – Опція вибору дати на екранній формі «Прокладання кабелю»

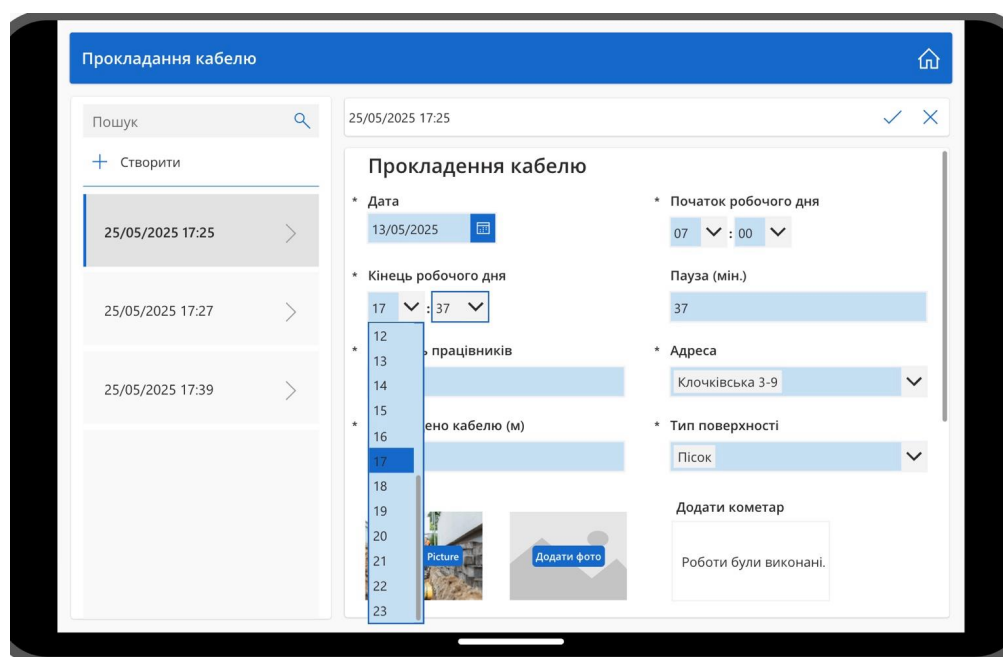


Рисунок 9.4 – Опція вибору часу на екранній формі «Прокладання кабелю»

На рисунку 9.5 показано процес вибору адреси виконання робіт. Список адрес завантажується з довідника.

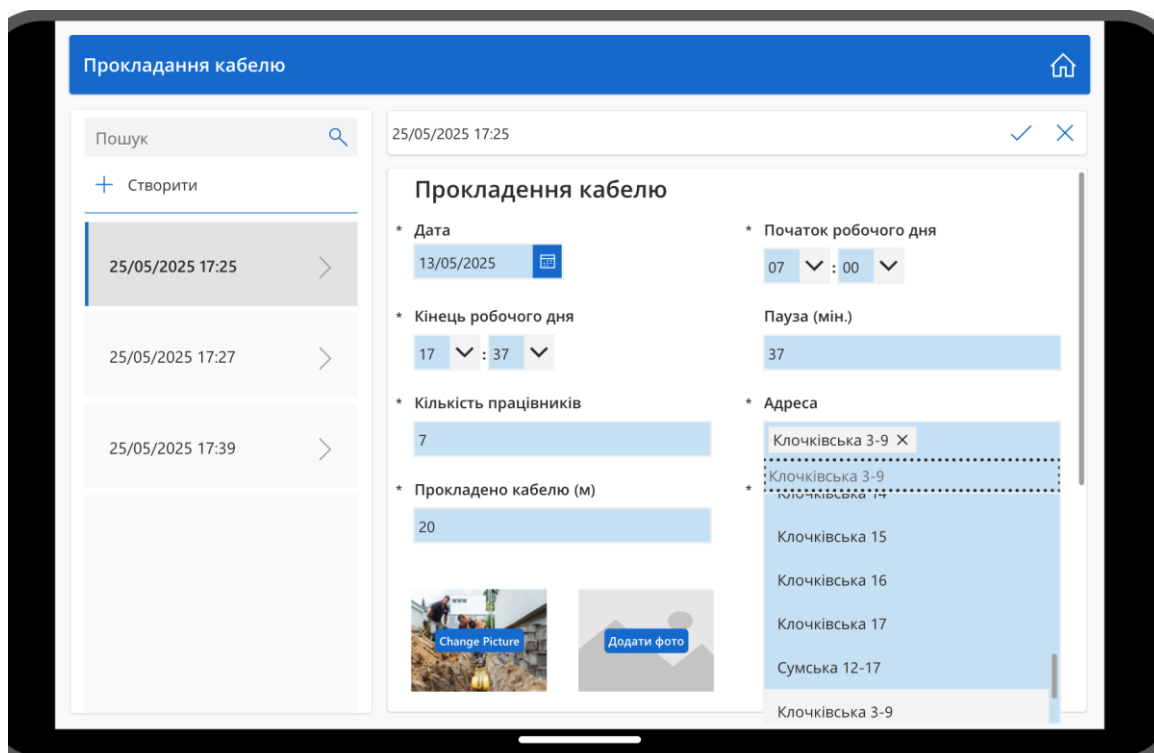


Рисунок 9.5 – Опція вибору адреси на екранній формі «Прокладання кабелю»

Поля «Кількість працівників», «Пауза (хв.)» та «Прокладено кабелю (м)» заповнюються вручну. Вони приймають лише числові значення, що контролюється вбудованою валідацією.

Екранна форма для вибору типу поверхні реалізована за аналогією з полем адреси. Користувач обирає значення зі списку, сформованого на основі довідника типів поверхонь, який наповнюється керівником проєкту. Випадаючий список підтримує автозаповнення та відображає лише допустимі варіанти, що забезпечує стандартизацію введених даних і виключає помилки при виборі.

На рисунку 9.6 представлено інтерфейс додавання фото до запису. Після натискання кнопки «Додати фото», користувач може завантажити зображення зі свого пристрою. Завантажені фото автоматично зберігаються разом із відповідним записом і можуть бути замінені у разі помилки або потреби оновлення. У більшості випадків вимагається щонайменше два

зображення: одне фіксує глибину прокладання кабелю, інше – відмітку фарбою або маркування, яке підтверджує завершення робіт. Також є функція додавання коментарів.

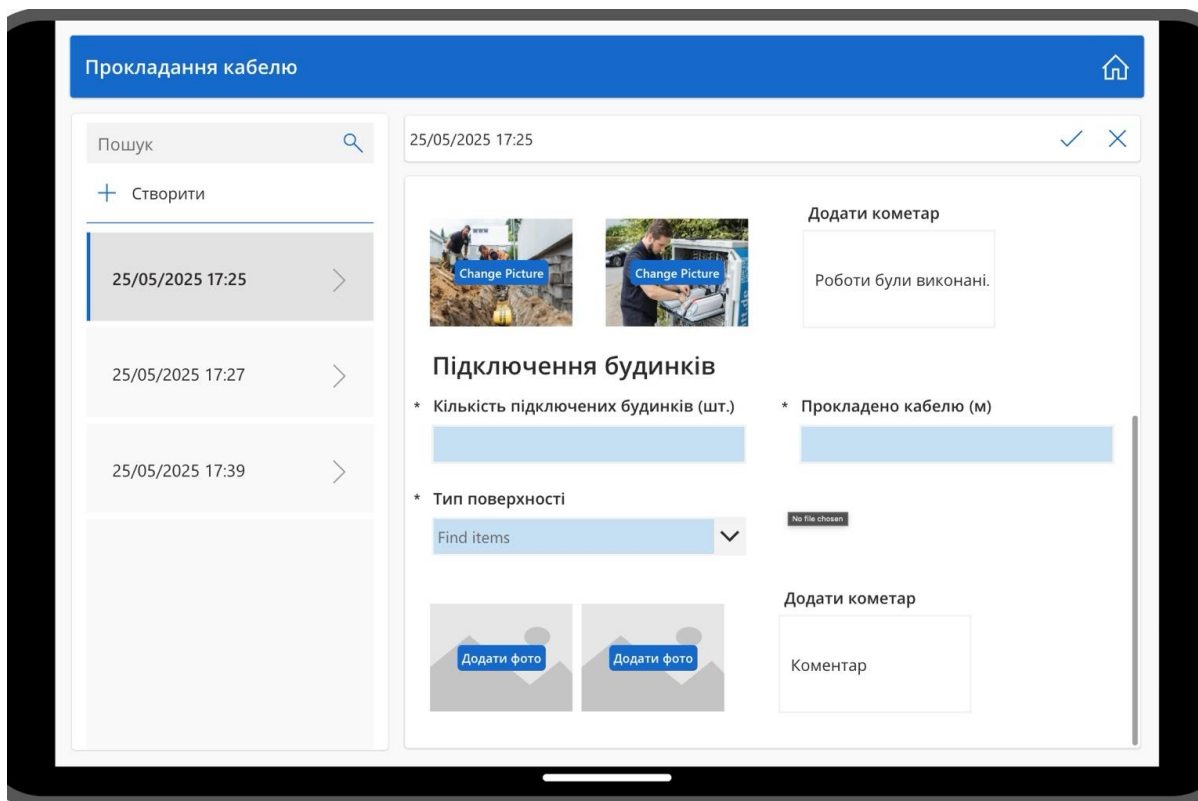


Рисунок 9.6 – Екранна форма додавання фото

На формі «Підключення будинків» заповнюються обов'язкові поля, що стосуються підключення будинків: кількість підключень, довжина прокладеного кабелю, тип поверхні та додатковий коментар. Поля для кількісних значень приймають лише числа, а довідники – стандартизовані варіанти. На рисунку 9.7 показано приклад заповненого блоку підключення з усіма ключовими елементами.

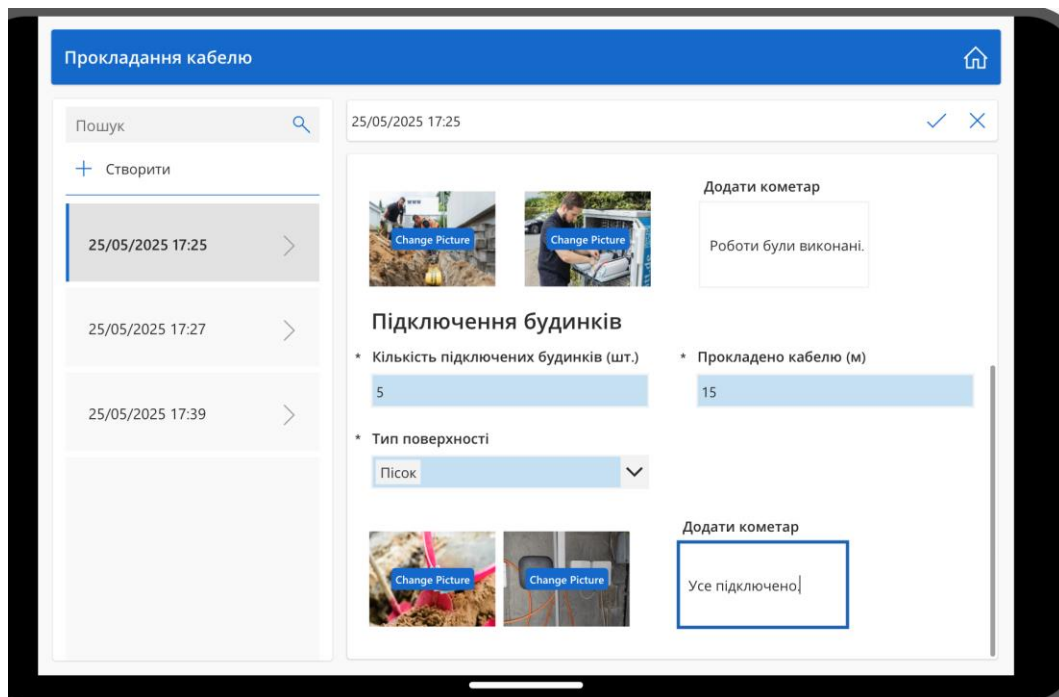


Рисунок 9.7 – Екранна форма «Підключення будинків»

На рисунку 9.8 зображено ліву панель екранної форми, де реалізовано пошук за датою створення запису. Користувач може швидко переглянути всі внесені зміни за конкретний день або вибрати потрібний запис зі списку. Система автоматично відображає дату та час кожного збереженого запису.

На рисунку 9.9 представлено приклад спрацьовування валидації форми. Якщо користувач намагається зберегти запис, не заповнивши обов'язкові поля (наприклад, тип поверхні чи адреса), система автоматично блокує збереження та відображає відповідні підказки.

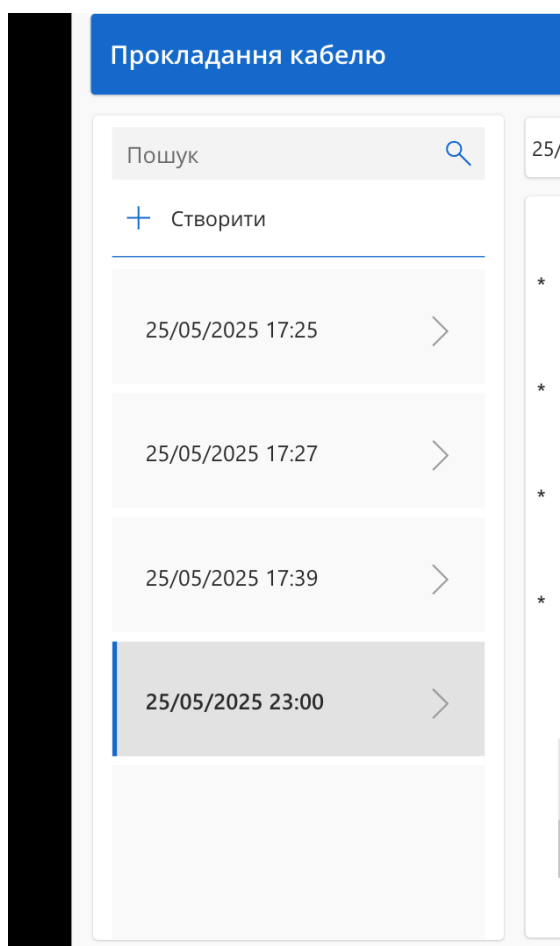



Рисунок 9.8 – Ліва панель екранної форми з усіма записами


Пауза (мін.)

* Адреса



Address Record is required.

* Тип поверхності



Surface Type Record is required.

Рисунок 9.9 – Екранна форма зі спрацюванням валідації

На рисунку 9.10 продемонстровано приклад дашборду «Показники ефективності бригад» для порівняння між бригадами, який реалізовано у Power BI на основі обчислених коефіцієнтів ефективності. Звіт дозволяє порівнювати бригади між собою за такими показниками, як середній зведений коефіцієнт, кількість працівників, фактичні та очікувані значення по прокладенню кабелю та підключенням.

Графіки вгорі відображають сумарні або середні значення по кожній бригаді. Лінійна діаграма демонструє тренд ефективності, що дозволяє швидко виявити відставання. Столпчикові діаграми порівнюють очікувані та фактичні результати для оцінки точності планування. Також присутній індикатор середнього зведеного коефіцієнта, який дозволяє оцінити загальний рівень ефективності. У правій частині звіту відображено приклад адрес об'єктів, на яких працювала вибрана бригада.

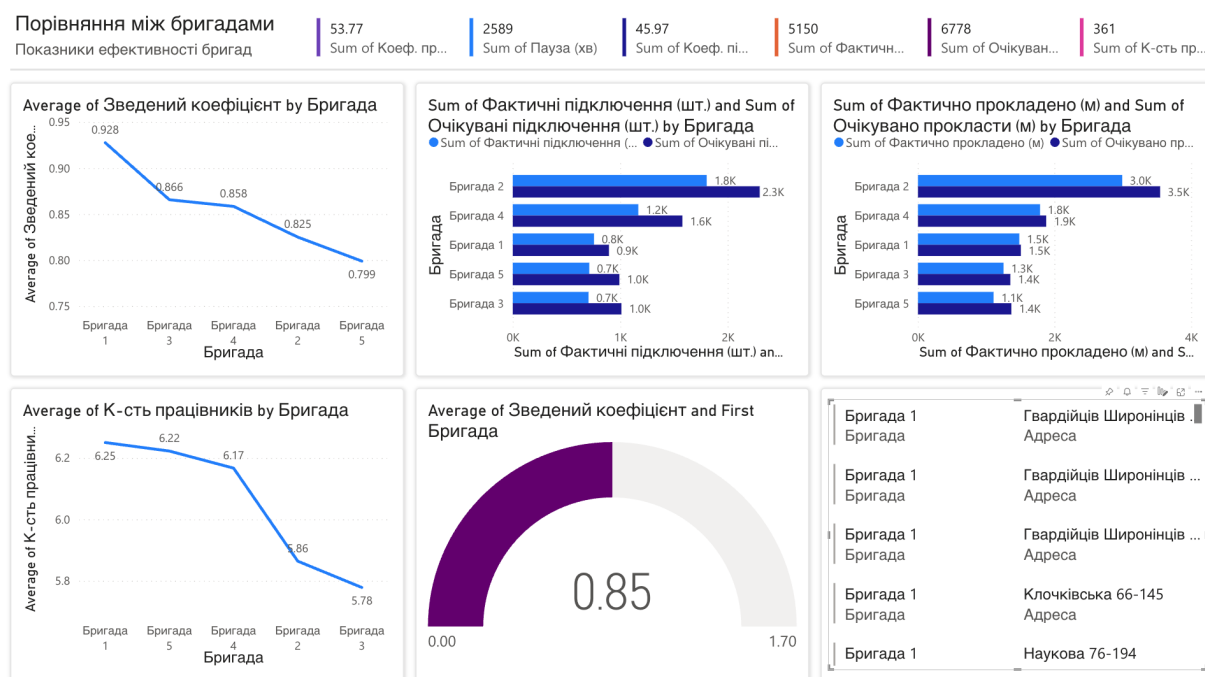


Рисунок 9.10 – Звіт «Показники ефективності бригад»

На рисунку 9.11 показано фрагмент звіту «Аналіз ефективності по ділянці», сформованого у Power BI на основі фактичних даних, згрупованих за адресами. Такий тип візуалізації дозволяє аналізувати продуктивність робіт у розрізі конкретної будівельної ділянки, наприклад, однієї вулиці чи окремого проєкту. Звіт містить:

- динаміку зведеного коефіцієнта по днях;
- порівняння фактичних та очікуваних значень по метрах кабелю і підключенням;
- середню кількість працівників на кожній адресі;
- деталізацію змін (початок, кінець, пауза) для відстеження режиму роботи.

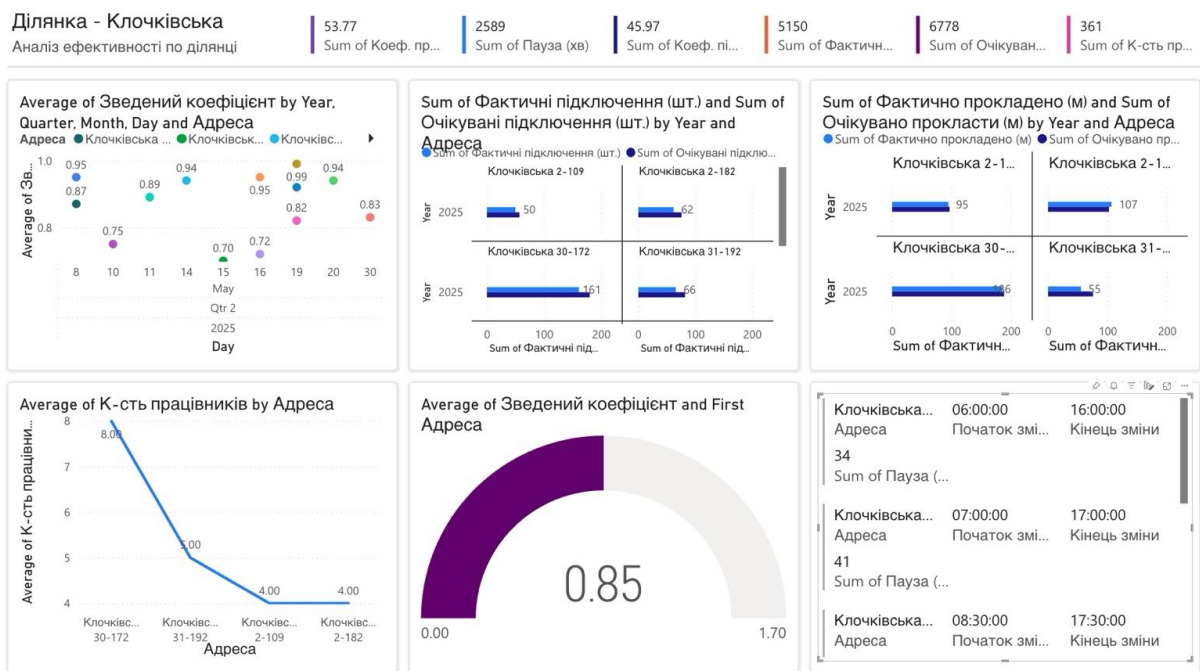


Рисунок 9.11 – Звіт «Аналіз ефективності по ділянці»

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та реалізовано модуль «Аналіз ефективності виконання робіт» як компонент ІС фірми з прокладання ВОЛЗ.

На початковому етапі було проведено передпроектне дослідження організаційної структури фірми, визначено основні виробничі процеси та виділено бригади як ключовий об'єкт для аналізу ефективності. Побудовано контекстну DFD-діаграму та декомпозицію першого рівня із визначенням основних функціональних блоків, джерел і споживачів інформації.

У межах роботи сформульовано функціональні вимоги до системи, розроблено інформаційну модель на основі ER-діаграми, логічну та фізичну структуру БД, реалізовану на платформі PostgreSQL.

У якості математичного забезпечення розроблено формули розрахунку людино-годин, очікуваних результатів, ефективності прокладання та підключення, а також зведеного коефіцієнта. На основі цих формул реалізовано програмну логіку розрахунків у середовищі Python з використанням Flask для побудови вебінтерфейсу та SQLAlchemy як ORM.

Розроблено користувацький інтерфейс для введення даних бригадами, передбачено систему валідації полів. Результати розрахунків інтегруються у Power BI, де формуються візуальні звіти для керівного складу у вигляді графіків і таблиць з можливістю фільтрації та експорту.

Також було описано архітектуру програмного забезпечення, технічні вимоги до кінцевих пристроїв та наведено приклади інтерфейсів користувача. Особливу увагу приділено підвищенню зручності роботи в умовах обмеженого часу та мобільності.

Кваліфікаційну роботу виконано відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ 3008:2015 [10], ДСТУ 8302:2015 [11] та згідно з методичними вказівками [12].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методика оцінювання ефективності моделей волоконно-оптичних кабелів із багатомодульною конструкцією на основі масово-габаритних показників // Науковий вісник ДДМА. 2024. № 1(76). С. 42–48. URL: <https://www.researchgate.net/publication/379620492> (дата звернення: 20.05.2025).
2. Бондаренко М. Ф. Моделювання бізнес-процесів: теорія і практика. Київ : Ліра-К, 2017. 260 с. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/25284> (дата звернення: 21.05.2025).
3. Dennis A., Wixom B. H., Tegarden D. Systems Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML. 6th ed. Wiley, 2021. 544 p. ISBN 978-1119559917.
4. Coronel C., Morris S. Database Systems: Design, Implementation, & Management. 12th ed. Cengage Learning EMEA, 2016. 784 p. ISBN 978-1305627482.
5. VanderPlas J. Python Data Science Handbook. O'Reilly Media, 2016. 548 p. ISBN 978-1491912058.
6. Grinberg M. Flask Web Development: Developing Web Applications with Python. 2nd ed. O'Reilly Media, 2018. 474 p. ISBN 978-1491991701.
7. Ferrari L., Pirozzi E. Learn PostgreSQL. 2nd ed. Packt Publishing, 2023. 684 p. ISBN 978-1837635641.
8. SQLAlchemy ORM. SQLAlchemy 2.0 Documentation. URL: <https://docs.sqlalchemy.org/en/20/orm/> (дата звернення: 04.06.2025).
9. Teixeira F., Braga C. UX und UI: 10 Design-Trends für 2025 // UX Trends. The State of UX in 2025. URL: <https://trends.uxdesign.cc/> (дата звернення: 08.06.2025).
10. 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.

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

12. Методичні вказівки до організації виконання та захисту кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за освітньою програмою «Інформаційні технології управління» для студентів усіх форм навчання / Упоряд.: Петров К.Є., Міхнова А.В., Кудрявцева М.С., Євланов М.В., Борисенко Т.І. Харків : ХНУРЕ, 2024. 68 с.