

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва, інформаційних
та управлінських технологій
Кафедра інформаційних технологій та аналітики даних

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Ірина ГЕТЬМАН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерні науки»
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

на тему «Програмний комплекс для контролю та фіксації
часу знаходження автівок на підприємстві»

Керівник роботи

Олександр КОСТИКОВ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Андрій ЦИБИК

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Антон КУДРЯВЦЕВ

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет

автоматизації виробництва, інформаційних та
управлінських технологій

Кафедра

інформаційних технологій та аналітики даних

Ступінь вищої освіти

бакалавр

Спеціальність

122 Комп'ютерні науки

ОПП

Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Ірина ГЕТЬМАН

«26» лютого 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Цибика Андрія Михайловича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи **«Програмний комплекс для контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві»**

керівник роботи, Костіков Олександр Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 23.02.2026 р. №41/23.02.2026

2. Термін подання роботи 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти та методичні вказівки з дисциплін «Системний аналіз», «Інженерія програмного забезпечення», «Бази даних», «Управління ІТ-проєктами», документація з розробки ПЗ на С# і платформі .NET, дослідження в галузі побудови інформаційних систем, результати власного проєктування, тестування, експериментальних розрахунків та економічного обґрунтування впровадження програмного комплексу для контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналіз стану автоматизації кадрового обліку на логістичних підприємствах. Розділ 2. Моделювання процесів автоматизації кадрового обліку логістичного підприємства. Розділ 3. Проєктування та реалізація програмного комплексу. Розділ 4. Економічна доцільність розробки .Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Архітектура програмного комплексу, UML Use Case Diagram, Діаграма діяльності, Діаграма класів, ER-діаграма бази даних, DFD-діаграма потоків даних, Інтерфейс Dashboard, Інтерфейс Active Vehicles, Інтерфейс SLA Violations, Інтерфейс KPI Dashboard.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Костіков О.А., доцент кафедри ІНТЕХАД
2	Костіков О.А., доцент кафедри ІНТЕХАД
3	Костіков О.А., доцент кафедри ІНТЕХАД
4	Гетьман І.А., доцент кафедри ІНТЕХАД

7. Дата видачі завдання 26.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	26.02.2026 - 22.01.2025
2	Розділ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ	23.01.2025 - 25.01.2025
3	Розділ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ	27.01.2025 – 30.01.2025
5	Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ	04.02.2025 - 05.02.2025
6	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	06.02.2025 – 07.02.2025
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.02.2025 – 16.06.2026
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу	16.06.2026 – 18.06.2026
9	Рецензування завершеної роботи. Захист	18.06.2026 – 23.06.2026

Здобувач

Андрій Цирик

Керівник роботи

Костіков Олександр

РЕФЕРАТ

Цибик А.М. Програмний комплекс для контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра комп'ютерних наук за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» МОН України, м. Запоріжжя, 2026.

Об'єктом дослідження є процес контролю та обліку переміщення транспортних засобів на території промислового підприємства. Предметом дослідження є методи та програмні засоби автоматизації збору, обробки та аналізу інформації про перебування автотранспорту на підприємстві.

Метою роботи є розробка програмного комплексу для автоматизованого контролю та фіксації часу перебування транспортних засобів на території підприємства з використанням сучасних інформаційних технологій.

У роботі проведено аналіз існуючих логістичних процесів промислових підприємств та особливостей організації транспортних потоків. Досліджено маршрути переміщення транспортних засобів через контрольні-пропускні пункти, складські та виробничі зони підприємства.

Розроблено архітектуру програмного комплексу, що забезпечує автоматичний збір інформації за допомогою камер відеоспостереження, розпізнавання державних номерних знаків транспортних засобів із застосуванням технології OCR, централізовану обробку даних на серверній частині системи, зберігання інформації в базі даних SQL Server та формування аналітичної звітності засобами Power BI.

Практична цінність роботи полягає у підвищенні прозорості логістичних процесів, скороченні часу перебування транспорту на території підприємства, зменшенні простоїв та підвищенні ефективності управлінських рішень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ЛОГІСТИКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, OCR, SQL SERVER, POWER BI, ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, КОНТРОЛЬ ДОСТУПУ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА.

ABSTRACT

Tsybyk A.M. Software System for Monitoring and Recording Vehicle Dwell Time on Enterprise Premises.

Qualification work for obtaining the degree of Bachelor of Computer Science in the specialty 122 Computer Science. - LLC «TECHNICAL UNIVERSITY «METINVEST POLYTECHNIC» MES of Ukraine, Zaporizhzhia, 2026.

The object of the research is the process of monitoring and recording vehicle movements within the territory of an industrial enterprise. The subject of the research is the methods and software tools for automating the collection, processing, and analysis of information regarding vehicle presence on enterprise premises.

The purpose of the thesis is to develop a software system for automated monitoring and recording of vehicle dwell time on enterprise premises using modern information technologies.

The thesis analyzes existing logistics processes of industrial enterprises and the specific features of transportation flow management. Vehicle movement routes through checkpoints, warehouse areas, and production zones of the enterprise were examined.

A software system architecture was developed that provides automatic data collection using video surveillance cameras, vehicle license plate recognition based on OCR technology, centralized data processing on the server side of the system, data storage in a SQL Server database, and analytical reporting through Power BI.

The practical value of the research lies in increasing the transparency of logistics processes, reducing vehicle dwell time on enterprise premises, minimizing idle time, and improving the effectiveness of managerial decision-making.

KEYWORDS: SOFTWARE SYSTEM, VEHICLE, LOGISTICS, AUTOMATION, OCR, SQL SERVER, POWER BI, VIDEO SURVEILLANCE, ACCESS CONTROL, INFORMATION SYSTEM.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Характеристика підприємства.....	9
1.2 Логістичні процеси промислового підприємства.....	12
1.3 Проблеми існуючого процесу.....	17
1.4 Аналіз існуючих рішень.....	23
1.5 Концептуальна схема задачі автоматизації.....	30
2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ.....	31
2.1 Архітектура системи.....	31
2.2 UML Use Case Diagram.....	38
2.3 Діаграма діяльності.....	43
2.4 Діаграма класів.....	47
2.5 ER-діаграма бази даних.....	53
2.6 DFD-діаграма та аналіз потоків даних.....	59
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ.....	68
3.1 Обґрунтування вибору технологій розробки.....	68
3.2 Структура бази даних.....	76
3.3 Реалізація модулів програмного комплексу.....	76
3.4 Інтерфейс користувача.....	85
4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ.....	94
4.1 Тестування та оцінка ефективності.....	94
4.2 Навантажувальне тестування.....	95
4.3 Аналіз КРІ.....	97
4.4 Економічний ефект від впровадження програмного комплексу.....	98
4.5 Результат економічного аналізу.....	103
ВИСНОВКИ.....	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106
ДОДАТОК А. ВІДОМОСТІ РОБОТИ.....	108
ДОДАТОК Б. ГЛОСАРІЙ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ТА ФІКСАЦІЇ ЧАСУ ЗНАХОДЖЕННЯ АВТІВОК НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	109
ДОДАТОК В. SQL-СХЕМА БАЗИ ДАНИХ.....	112
ДОДАТОК Г. ПРИКЛАДИ ЗАПОВНЕННЯ ТАБЛИЦЬ.....	115

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промислових підприємств особливого значення набуває автоматизація виробничих та логістичних процесів. Підприємства металургійної галузі характеризуються значними обсягами внутрішніх та зовнішніх транспортних перевезень, високою інтенсивністю руху вантажного транспорту, а також необхідністю постійного контролю за ефективністю логістичних операцій. Саме тому питання автоматизації обліку та контролю переміщення транспортних засобів є актуальним напрямком розвитку інформаційних систем підприємства.

Одним із ключових факторів ефективної роботи виробничого підприємства є своєчасне постачання сировини, оперативне переміщення матеріалів між виробничими зонами та швидке відвантаження готової продукції. Будь-які затримки транспорту на території підприємства можуть призводити до збільшення простоїв, порушення виробничих графіків, перевантаження складських зон та виникнення додаткових витрат.

На території підприємства Promet Steel JSC щоденно здійснюється значний рух транспортних засобів, які проходять через контрольні-пропускні пункти, вагові комплекси, складські території та виробничі зони. Контроль часу перебування транспорту та моніторинг його переміщення є важливими елементами логістичної діяльності підприємства.

На момент проведення практики частина процесів контролю транспорту виконується вручну або з використанням окремих інформаційних систем, що не забезпечують єдиного централізованого механізму збору та аналізу даних.

Це створює низку проблем:

- відсутність достовірної інформації про фактичний час перебування транспортних засобів;
- складність визначення причин затримок;

- неможливість оперативного аналізу завантаженості зон підприємства;
- залежність від людського фактору при введенні даних;
- складність контролю виконання нормативів часу перебування транспорту.

У зв'язку з цим виникла необхідність створення сучасної автоматизованої системи контролю перебування транспортних засобів на території підприємства. Запропоноване рішення базується на використанні камер відеоспостереження, технологій автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR/OCR), централізованого зберігання даних та засобів бізнес-аналітики Power BI.

Основною ідеєю проєкту є автоматичне визначення моментів в'їзду та виїзду транспортних засобів через КПП, фіксація часу перебування автомобілів на території підприємства, а також подальший аналіз отриманих даних для оптимізації логістичних процесів.

Актуальність даної роботи обумовлена необхідністю:

- підвищення ефективності управління транспортними потоками;
- скорочення часу простоїв транспорту;
- підвищення прозорості логістичних процесів;
- забезпечення оперативного контролю роботи КПП;
- створення єдиного джерела достовірних даних для прийняття управлінських рішень.

Метою кваліфікаційної роботи є закріплення теоретичних знань, отриманих під час навчання, а також набуття практичних навичок аналізу предметної області, проектування інформаційних систем та формування технічних вимог до програмного забезпечення.

Основні завдання кваліфікаційної роботи:

- дослідження бізнес-процесів підприємства;
- аналіз потоків даних та логістичних операцій;
- вивчення сучасних методів автоматизації контролю транспорту;

- аналіз функціональних та нефункціональних вимог до системи;
- проектування структури бази даних;
- розробка моделей інформаційної системи;
- підготовка концепції програмного комплексу;
- розробка проєкту програмного комплексу та основних модулів;
- опис роботи програмного комплексу;
- економічний аналіз доцільності розробки.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Характеристика підприємства

Promet Steel JSC є сучасним металургійним підприємством, основною діяльністю якого є виробництво та обробка металопродукції, а також забезпечення логістичних процесів, пов'язаних із прийманням сировини, внутрішнім переміщенням матеріалів та відвантаженням готової продукції.

Підприємство розташоване у Болгарії та входить до числа виробничих об'єктів металургійної галузі, діяльність яких характеризується високою інтенсивністю транспортних потоків, значними обсягами вантажних перевезень та складною внутрішньою логістикою. Територія підприємства включає виробничі цехи, складські приміщення, відкриті майданчики для зберігання металопродукції, адміністративні будівлі, контрольно-пропускні пункти та вагові комплекси.

Особливістю діяльності підприємства є постійний рух вантажного транспорту, який здійснює:

- доставку сировини;
- перевезення металопродукції між виробничими зонами;
- відвантаження готової продукції замовникам;
- логістичне забезпечення внутрішніх процесів підприємства.

Для організації руху транспортних засобів на підприємстві функціонують контрольно-пропускні пункти (КПП), через які здійснюється в'їзд та виїзд транспорту. Основним пунктом контролю вантажного транспорту є КПП2, обладнаний ваговими лініями та системами відеоспостереження.

На території підприємства виділено декілька функціональних зон:

- складські зони;
- виробничі ділянки;

- арматурний двір;
- зони навантаження та розвантаження;
- адміністративна частина;
- вагові комплекси.

Кожна із зазначених зон має власні особливості логістичних процесів та потребує постійного контролю транспортних потоків. Від ефективності роботи транспортної логістики безпосередньо залежить швидкість виконання виробничих операцій, своєчасність поставок та загальна ефективність функціонування підприємства.

У процесі діяльності підприємства транспортні засоби проходять декілька основних етапів:

- В'їзд через КПП.
- Проходження вагового контролю.
- Переміщення до виробничої або складської зони.
- Виконання операцій навантаження або розвантаження.
- Оформлення супровідної документації.
- Виїзд із території підприємства.

Через значну кількість транспортних засобів та складність логістичних процесів виникає необхідність у постійному моніторингу часу перебування транспорту на території підприємства, контролі завантаженості окремих зон та оперативному виявленні затримок.

На момент проходження практики частина операцій контролю транспорту здійснювалася вручну із використанням існуючих облікових систем та журналів реєстрації. Дані про в'їзд, виїзд та переміщення транспортних засобів частково вносилися операторами вручну, що створювало ризики виникнення помилок, втрати інформації та залежності від людського фактору.

Крім того, відсутність централізованої системи збору та аналізу даних ускладнювала:

- визначення фактичного часу перебування транспорту;
- аналіз ефективності логістичних процесів;

- виявлення “вузьких місць”;
- оперативне реагування на затримки;
- контроль виконання нормативів часу обробки транспортних засобів.

Для забезпечення безпеки та контролю руху транспорту на території підприємства використовуються системи відеоспостереження. Камери встановлені на КПП та у функціональних зонах підприємства. В рамках проекту передбачається використання технологій автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR/OCR), що дозволить автоматизувати процес фіксації транспортних засобів.

Важливою складовою діяльності підприємства є аналітична обробка інформації та контроль ключових показників ефективності (KPI). Для цього планується використання інструментів бізнес-аналітики Power BI, які дозволяють:

- візуалізувати транспортні потоки;
- контролювати завантаження КПП;
- аналізувати час перебування ТЗ;
- виявляти перевищення нормативів;
- формувати управлінську звітність.

Таким чином, Promet Steel JSC є підприємством зі складною логістичною інфраструктурою та високими вимогами до оперативності управління транспортними потоками. Автоматизація контролю переміщення транспортних засобів є важливим етапом цифровізації підприємства та підвищення ефективності його діяльності.

Під час проходження практики було проведено ознайомлення з організаційною структурою підприємства, логістичними процесами, особливостями роботи КПП та існуючими інформаційними системами, що використовуються для обліку транспортних операцій. Отримані результати стали основою для формування функціональних вимог до програмного комплексу автоматизованого контролю транспортних засобів.

1.2 Логістичні процеси промислового підприємства

Логістичні процеси є невід'ємною складовою діяльності сучасного промислового підприємства та забезпечують безперервний рух матеріальних потоків від моменту надходження сировини до відвантаження готової продукції споживачам. Ефективна організація логістики безпосередньо впливає на продуктивність підприємства, рівень витрат, якість обслуговування клієнтів та конкурентоспроможність виробництва.

Для підприємств металургійної та машинобудівної галузі характерним є інтенсивний рух транспортних засобів, що здійснюють доставку сировини, комплектуючих матеріалів та вивезення готової продукції. У таких умовах особливого значення набуває контроль переміщення автотранспорту територією підприємства та облік часу його перебування.

1.2.1 Транспортні потоки підприємства

Транспортний потік являє собою сукупність транспортних засобів, які переміщуються територією підприємства відповідно до встановлених логістичних маршрутів та виробничих потреб.

Основними категоріями транспортних засобів, що беруть участь у виробничих процесах, є:

- вантажні автомобілі постачальників сировини;
- транспорт для доставки допоміжних матеріалів;
- автомобілі перевізників готової продукції;
- внутрішньозаводський транспорт;
- спеціалізована техніка;
- адміністративний транспорт.

Кожний транспортний засіб проходить певний маршрут, який включає в'їзд на територію підприємства, виконання необхідних операцій та виїзд через контрольно-пропускний пункт.

У загальному вигляді транспортний потік можна представити таким чином (рис. 1.1).

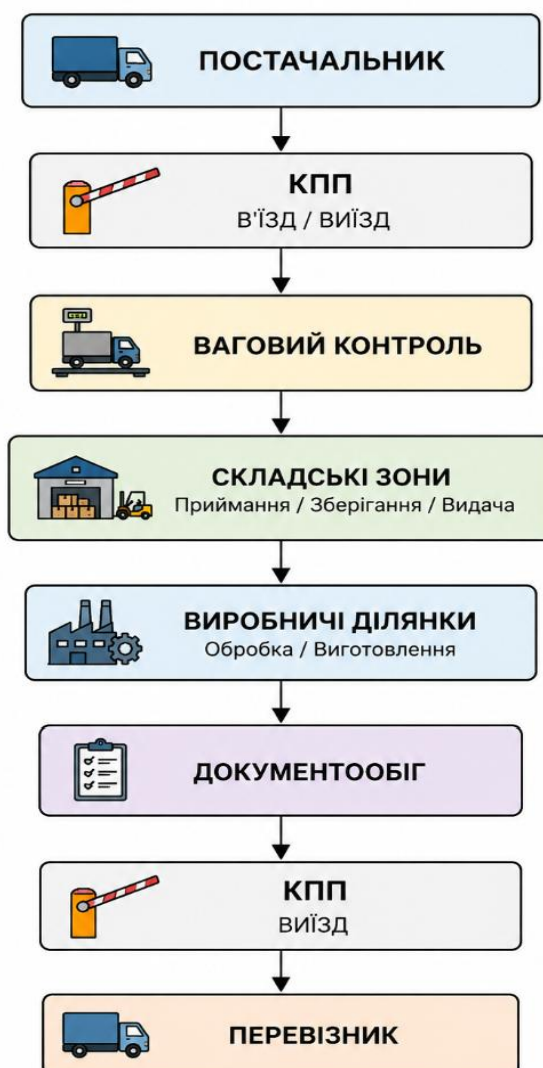


Рисунок 1.1 – Транспортний потік

Постачальник → КПП → Ваговий контроль → Складська зона →
Виробнича зона → Оформлення документів → КПП → Виїзд

Ефективність транспортних потоків визначається такими показниками:

- середній час перебування транспортного засобу на території;
- пропускна здатність КПП;
- тривалість виконання логістичних операцій;
- кількість транспортних засобів у черзі;
- рівень завантаженості складських та виробничих зон.

Наявність достовірної інформації про зазначені показники дозволяє оперативно виявляти проблемні ділянки та оптимізувати логістичні процеси.

1.2.2 Контрольно-пропускні пункти

Контрольно-пропускний пункт (КПП) є ключовим елементом транспортної інфраструктури підприємства та виконує функції контролю доступу транспортних засобів на територію об'єкта.

Основними завданнями КПП є:

- реєстрація транспортних засобів;
- контроль права доступу;
- перевірка супровідної документації;
- облік часу в'їзду та виїзду;
- забезпечення безпеки підприємства.

На підприємствах металургійної галузі часто використовуються вагові комплекси, інтегровані з КПП. У такому випадку транспортний засіб проходить процедуру зважування при в'їзді та виїзді, що дозволяє контролювати масу вантажу та забезпечувати коректність логістичних операцій.

Однією з найбільш поширених проблем функціонування КПП є виникнення черг у години пікового навантаження. Причинами цього можуть бути:

- ручне внесення інформації оператором;
- перевірка документів;

- відсутність автоматизованої системи обліку;
- нерівномірний розподіл транспортних потоків.

Автоматизація процесів контролю за допомогою технологій відеоспостереження та автоматичного розпізнавання номерних знаків дозволяє значно скоротити час обробки транспортних засобів та підвищити пропускну здатність КПП.

1.2.3 Складські зони

Складські зони забезпечують тимчасове зберігання матеріалів, напівфабрикатів та готової продукції, а також виконання вантажно-розвантажувальних робіт.

Основними функціями складських зон є:

- приймання вантажів;
- зберігання матеріалів;
- комплектація замовлень;
- підготовка продукції до відвантаження;
- облік товарно-матеріальних цінностей.

Для забезпечення ефективної роботи складів необхідно контролювати:

- час прибуття транспортного засобу;
- час початку навантаження або розвантаження;
- час завершення операції;
- тривалість перебування автомобіля на складі.

Відсутність автоматизованого контролю зазначених параметрів призводить до збільшення простоїв транспорту та неефективного використання складських ресурсів.

Сучасні інформаційні системи дозволяють отримувати інформацію про завантаженість складських зон у режимі реального часу та приймати оперативні управлінські рішення щодо розподілу транспортних потоків.

1.2.4 Виробничі ділянки

Виробничі ділянки є місцем безпосереднього виконання технологічних операцій з обробки матеріалів та виготовлення продукції.

На металургійних підприємствах транспортні засоби можуть переміщуватися між різними виробничими зонами для:

- доставки сировини;
- переміщення напівфабрикатів;
- транспортування готової продукції;
- забезпечення внутрішньозаводської логістики.

Контроль перебування транспорту у виробничих зонах дозволяє:

- визначати фактичний час виконання операцій;
- контролювати дотримання нормативів;
- виявляти простої;
- аналізувати завантаженість виробничих потужностей;
- знаходити вузькі місця виробничих процесів.

Особливу цінність становить можливість автоматичного визначення маршруту переміщення транспортного засобу між функціональними зонами підприємства. Отримані дані можуть використовуватись для побудови аналітичних звітів, розрахунку ключових показників ефективності та прийняття управлінських рішень.

1.2.5 Висновки до підрозділу

Таким чином, логістичні процеси промислового підприємства характеризуються значною кількістю транспортних потоків та складною взаємодією між контрольними-пропускними пунктами, складськими зонами і виробничими ділянками. Для забезпечення ефективного управління такими процесами необхідним є впровадження автоматизованої системи контролю переміщення транспортних засобів, яка дозволить здійснювати фіксацію часу перебування транспорту, контролювати проходження окремих етапів логістичного процесу та формувати аналітичну інформацію для підтримки прийняття управлінських рішень.

1.3 Проблеми існуючого процесу

У процесі аналізу логістичних процесів промислового підприємства було встановлено, що існуючий порядок контролю переміщення транспортних засобів має ряд суттєвих недоліків, які негативно впливають на ефективність роботи підприємства. Незважаючи на наявність контрольних-пропускних пунктів, вагових комплексів та інформаційних систем обліку, значна частина операцій виконується вручну або потребує додаткового втручання персоналу.

Зростання обсягів виробництва та інтенсивності транспортних потоків призводить до збільшення навантаження на логістичну інфраструктуру підприємства. У таких умовах своєчасне отримання достовірної інформації про місцезнаходження транспортних засобів та тривалість їх перебування на території підприємства стає важливим фактором ефективного управління виробничими та логістичними процесами.

Проведене дослідження дозволило виділити кілька основних проблем існуючої системи контролю транспорту.

1.3.1 Відсутність достовірного обліку часу перебування транспортних засобів

Однією з ключових проблем є відсутність автоматизованого механізму визначення фактичного часу перебування транспортних засобів на території підприємства.

У більшості випадків інформація про в'їзд та виїзд автомобілів фіксується окремо, а розрахунок часу перебування виконується вручну або шляхом формування додаткових звітів. Такий підхід не дозволяє оперативно отримувати достовірну інформацію про фактичний стан транспортних потоків.

Відсутність автоматичного обліку призводить до таких негативних наслідків:

- неможливість оперативного контролю транспортних засобів;
- складність визначення причин затримок;
- неможливість оцінки ефективності логістичних процесів;
- збільшення часу підготовки управлінської звітності;
- ризик втрати або спотворення інформації.

У результаті керівництво підприємства не має можливості швидко отримувати об'єктивну картину щодо використання транспортних ресурсів та ефективності роботи окремих підрозділів.

1.3.2 Ручне введення даних

Ще однією суттєвою проблемою є значна кількість ручних операцій під час реєстрації транспортних засобів.

Працівники контрольно-пропускних пунктів та логістичних служб змушені самотійно вводити інформацію про транспортний засіб, номерний знак, час проходження контрольних точок та інші параметри.

Людський фактор створює ризики:

- помилок під час введення номерних знаків;
- дублювання записів;
- втрати інформації;
- виникнення неточностей у звітності;
- затримок під час оформлення транспортних операцій.

Крім того, ручне введення інформації збільшує навантаження на персонал та знижує швидкість обробки транспортних потоків, особливо в періоди максимального завантаження підприємства.

1.3.3 Відсутність контролю SLA

Для ефективного управління логістичними процесами необхідно контролювати нормативний час виконання операцій. У сучасних інформаційних системах для цього використовується концепція SLA (Service Level Agreement), яка дозволяє визначати допустимий час перебування транспортного засобу на території підприємства.

На даний момент відсутній механізм автоматичного контролю таких нормативів. У результаті:

- транспортні засоби можуть перебувати на території значно довше встановленого часу;
- інформація про перевищення нормативів виявляється із запізненням;
- неможливо оперативно реагувати на виникнення затримок;
- відсутня статистика щодо порушень нормативних показників.

Наявність автоматизованого контролю SLA дозволила б своєчасно виявляти проблемні ситуації та підвищити дисципліну виконання логістичних операцій.

1.3.4 Неможливість визначення вузьких місць логістичного процесу

Важливою складовою управління логістикою є аналіз причин виникнення затримок та визначення найбільш проблемних ділянок транспортного маршруту.

За відсутності централізованої системи збору інформації підприємство не має можливості отримати відповіді на такі питання:

- де саме виникають черги;
- які зони найбільше перевантажені;
- які операції займають найбільше часу;
- які підрозділи створюють затримки;
- які транспортні засоби перебувають на території понад норму.

Неможливість проведення такого аналізу призводить до зниження ефективності логістичних процесів та збільшення витрат підприємства.

1.3.5 Відсутність оперативного онлайн-контролю

На сьогоднішній день контроль транспортних потоків здійснюється переважно за допомогою окремих локальних журналів, телефонних повідомлень та ручного збору інформації.

Відсутність єдиного інформаційного середовища не дозволяє:

- отримувати актуальну інформацію у режимі реального часу;
- бачити всі транспортні засоби на території підприємства;
- контролювати завантаженість виробничих та складських зон;
- оперативно реагувати на нестандартні ситуації.

У результаті виникають додаткові простоя та збільшуються часові витрати на прийняття управлінських рішень.

1.3.6 Відсутність аналітики та інструментів підтримки прийняття рішень

Ще однією проблемою є відсутність сучасних інструментів аналітики та візуалізації інформації.

Для отримання звітності необхідно виконувати ручну обробку даних або формувати окремі вибірки з декількох інформаційних систем. Такий підхід є трудомістким та не дозволяє отримувати актуальні показники діяльності підприємства.

Відсутність аналітичної системи призводить до:

- складності контролю KPI;
- неможливості оперативного аналізу транспортних потоків;
- збільшення часу підготовки звітності;
- зниження якості управлінських рішень.

1.3.7 Узагальнення виявлених проблем

У результаті проведеного аналізу встановлено, що існуюча система контролю транспортних засобів не забезпечує необхідного рівня автоматизації та не дозволяє ефективно управляти транспортними потоками підприємства.

Основні проблеми та їх наслідки наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні проблеми існуючого процесу

Проблема	Наслідок
Ручний облік транспортних засобів	Помилки введення даних
Відсутність онлайн-контролю	Черги та затримки
Відсутність контролю SLA	Перевищення нормативного часу
Відсутність централізованої системи	Розрізненість інформації
Відсутність аналітики	Неефективність управління
Відсутність автоматичного контролю	Підвищення впливу людського фактору
Неможливість визначення вузьких місць	Зниження продуктивності логістики

1.3.8 Висновки до підрозділу

Таким чином, аналіз існуючого процесу показав наявність низки суттєвих проблем, пов'язаних із контролем транспортних засобів на території підприємства. Основними недоліками є ручний облік даних, відсутність автоматизованого контролю часу перебування транспорту, неможливість

оперативного виявлення порушень SLA та недостатній рівень аналітичної підтримки управлінських рішень.

Для усунення зазначених недоліків доцільним є впровадження програмного комплексу автоматизованого контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві, який забезпечить централізований збір даних, автоматичне розпізнавання транспортних засобів, контроль нормативів та формування аналітичної звітності у режимі реального часу.

1.4 Аналіз існуючих рішень

У сучасних умовах цифровізації виробничих процесів значна увага приділяється автоматизації контролю транспортних потоків на території підприємств. Для вирішення задач контролю в'їзду та виїзду транспортних засобів широко використовуються системи автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR — Automatic Number Plate Recognition).

Сучасні ANPR-рішення дозволяють автоматично визначати номер транспортного засобу за відеозображенням, фіксувати дату та час події, вести журнал руху транспорту та інтегруватися з корпоративними інформаційними системами.

Для вибору оптимального підходу до реалізації програмного комплексу було проведено аналіз найбільш поширених рішень у сфері автоматичного розпізнавання номерних знаків:

- Hikvision ANPR;
- Dahua ANPR;
- OpenALPR;
- Plate Recognizer.

1.4.1 Hikvision ANPR

Hikvision є одним із найбільших світових виробників систем відеоспостереження та рішень для забезпечення безпеки.

Система Hikvision ANPR реалізована як програмно-апаратний комплекс, що включає спеціалізовані камери та програмне забезпечення для автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

Основні можливості Hikvision ANPR:

- автоматичне розпізнавання номерних знаків;
- підтримка великої кількості міжнародних форматів номерів;
- інтеграція з системами контролю доступу;
- ведення журналу транспортних засобів;
- підтримка роботи у режимі реального часу;
- формування звітності.

Переваги рішення:

- висока точність розпізнавання;
- наявність готових апаратних рішень;
- інтеграція з екосистемою Hikvision;
- простота впровадження.

Недоліки:

- залежність від обладнання виробника;
- висока вартість масштабування;
- обмежені можливості модифікації внутрішньої логіки системи;
- необхідність придбання ліцензійного програмного забезпечення.

1.4.2 Dahua ANPR

Dahua Technology є одним із провідних виробників систем відеоспостереження та інтелектуального відеоаналізу.

Рішення Dahua ANPR використовує технології штучного інтелекту та машинного навчання для розпізнавання транспортних засобів та номерних знаків.

Основні функції системи:

- автоматичне визначення номерного знака;
- визначення типу транспортного засобу;
- визначення кольору автомобіля;
- контроль в'їзду та виїзду;
- ведення архіву подій;
- інтеграція з системами контролю доступу.

Переваги Dahua ANPR:

- висока швидкість роботи;
- підтримка інтелектуальної відеоаналітики;
- можливість роботи за складних погодних умов;
- інтеграція з обладнанням Dahua.

Недоліки:

- прив'язка до екосистеми виробника;
- складність інтеграції з нестандартними системами;
- значні витрати при розширенні функціоналу.

1.4.3 OpenALPR

OpenALPR є одним із найвідоміших програмних продуктів з відкритим програмним кодом для автоматичного розпізнавання номерних знаків.

На відміну від рішень Hikvision та Dahua, OpenALPR не потребує використання спеціалізованого обладнання конкретного виробника та може працювати практично з будь-якими IP-камерами.

Основні можливості OpenALPR:

- розпізнавання номерних знаків;
- підтримка великої кількості країн;
- REST API для інтеграції;
- робота на Linux та Windows;
- інтеграція з власними інформаційними системами.

Переваги OpenALPR:

- відкритий програмний код;
- гнучкість налаштування;
- незалежність від виробника обладнання;
- можливість доопрацювання під власні потреби;
- невисока вартість впровадження.

Недоліки:

- необхідність додаткового налаштування;
- складність підтримки;
- потреба у кваліфікованих розробниках;
- нижча точність порівняно з комерційними рішеннями у складних умовах.

1.4.4 Plate Recognizer

Plate Recognizer є сучасним хмарним сервісом автоматичного розпізнавання номерних знаків, який використовує технології штучного інтелекту та нейронних мереж.

Сервіс надає API для інтеграції з власними інформаційними системами та дозволяє швидко реалізувати функціонал ANPR без розробки власних алгоритмів.

Основні можливості:

- розпізнавання номерних знаків;
- визначення країни реєстрації;
- REST API;
- підтримка відеопотоків;
- обробка зображень у реальному часі;
- хмарна аналітика.

Переваги:

- дуже висока точність розпізнавання;
- швидке впровадження;
- сучасні алгоритми штучного інтелекту;
- масштабованість.

Недоліки:

- залежність від зовнішнього сервісу;
- необхідність доступу до мережі Інтернет;
- постійні витрати на використання сервісу;
- ризики передачі даних за межі підприємства.

1.4.5 Порівняльний аналіз рішень

Для вибору оптимального підходу було проведено порівняння розглянутих рішень за основними критеріями.

Таблиця 1.2 – Порівняння існуючих ANPR-рішень

Критерій	Hikvision ANPR	Dahua ANPR	OpenALPR	Plate Recognizer
Точність розпізнавання	Висока	Висока	Середня	Дуже висока
Власне обладнання	Так	Так	Ні	Ні
REST API	Обмежено	Обмежено	Так	Так
Гнучкість інтеграції	Середня	Середня	Висока	Висока
Вартість впровадження	Висока	Висока	Низька	Середня
Вартість підтримки	Висока	Висока	Низька	Середня
Робота без Інтернету	Так	Так	Так	Ні
Масштабованість	Середня	Середня	Висока	Висока
Можливість модифікації	Низька	Низька	Висока	Низька
Використання власної БД	Так	Так	Так	Через API

1.4.6 Обґрунтування вибору технології

Основною особливістю розроблюваного програмного комплексу є необхідність інтеграції з внутрішньою інформаційною системою підприємства, використання власної бази даних, реалізація спеціалізованої бізнес-логіки контролю SLA та подальше розширення функціоналу.

У зв'язку з цим найбільш доцільним підходом є використання архітектури на основі власного програмного комплексу із застосуванням технологій автоматичного розпізнавання номерних знаків та централізованого зберігання інформації.

Порівняльний аналіз показав, що готові комерційні рішення забезпечують високу точність розпізнавання, проте мають обмежені можливості адаптації до специфічних потреб підприємства. З іншого боку, використання відкритих або інтеграційних рішень дозволяє реалізувати власну бізнес-логіку, інтегрувати систему з корпоративними сервісами та забезпечити подальший розвиток програмного комплексу.

1.4.7 Висновки до підрозділу

У результаті проведеного аналізу було встановлено, що існуючі ANPR-рішення дозволяють ефективно вирішувати задачі автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Разом з тим жодне з розглянутих рішень не забезпечує повного врахування специфіки логістичних процесів підприємства.

Тому доцільним є розроблення власного програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві із

використанням сучасних технологій відеоаналітики, централізованої бази даних та інструментів бізнес-аналітики Power BI.

1.5 Концептуальна схема задачі автоматизації

У першому розділі було проведено аналіз предметної області, досліджено особливості логістичних процесів промислового підприємства, виявлено основні проблеми існуючої системи контролю транспортних засобів та виконано аналіз сучасних рішень у сфері автоматичного розпізнавання номерних знаків. За результатами дослідження сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження, що створює основу для подальшого проектування програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві.

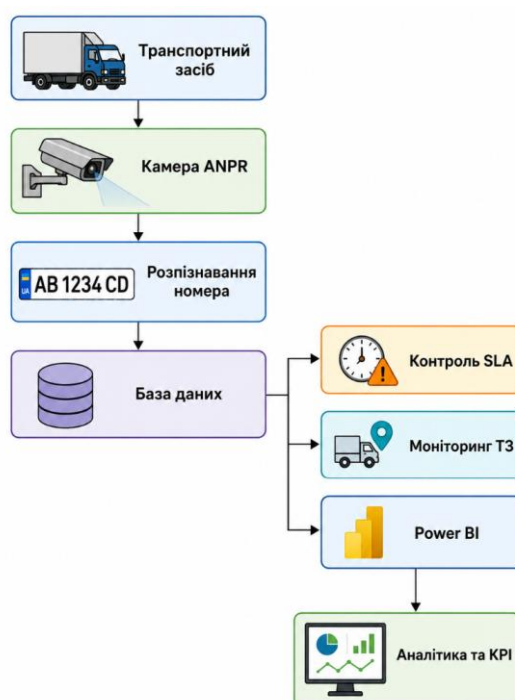


Рисунок 1.2 – Концептуальна схема задачі автоматизації

2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

2.1 Архітектура системи

Архітектура програмного комплексу є одним із ключових етапів проектування інформаційної системи, оскільки саме вона визначає структуру програмного рішення, взаємодію його компонентів, порядок обробки інформації та механізми інтеграції між окремими підсистемами.

Для реалізації програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві запропоновано багаторівневу архітектуру, яка забезпечує автоматичний збір даних, їх обробку, зберігання та подальшу аналітичну обробку.

Основною метою архітектури є забезпечення безперервного потоку інформації від моменту фіксації транспортного засобу до формування аналітичних звітів та показників ефективності логістичних процесів.

Архітектура програмного комплексу складається з п'яти основних рівнів:

- Рівень збору даних (камери відеоспостереження).
- Рівень розпізнавання номерних знаків (OCR).
- Рівень бізнес-логіки (Backend).
- Рівень зберігання інформації (SQL Server).
- Рівень аналітики та візуалізації (Power BI).

Кожен із зазначених рівнів виконує власні функції та взаємодіє з іншими компонентами системи через стандартизовані інтерфейси.

Запропонована архітектура побудована за принципом розподілу функцій між окремими модулями, що забезпечує високу масштабованість, простоту супроводу та можливість подальшого розвитку системи.

Загальна архітектура системи представлена на рисунку 2.1.

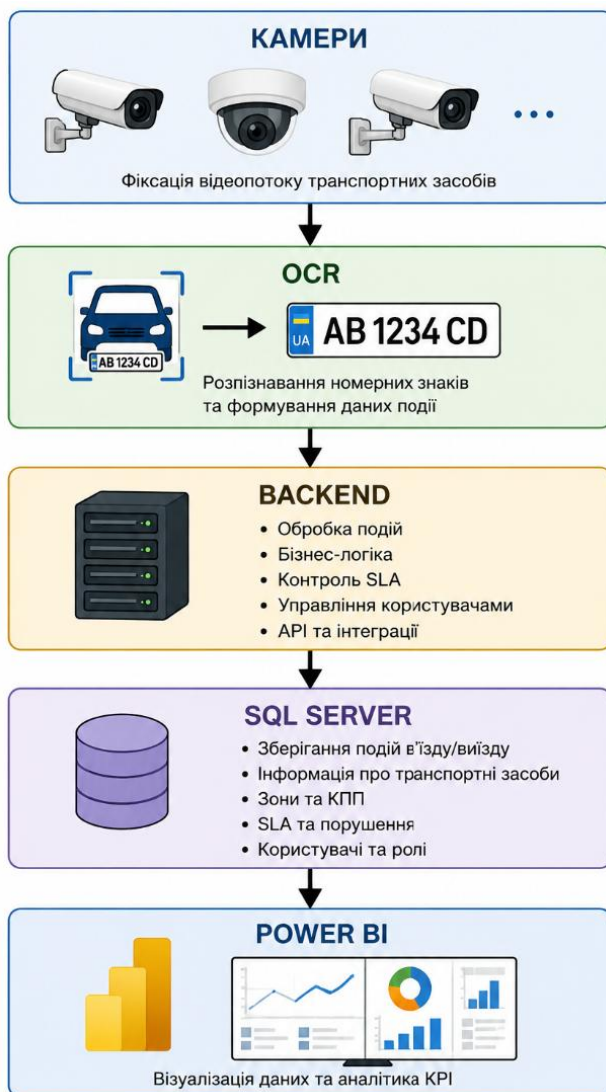


Рисунок 2.1 – Архітектура програмного комплексу

2.1.1 Рівень збору даних (Камери)

Першим рівнем архітектури є система відеоспостереження, яка забезпечує отримання інформації про транспортні засоби, що переміщуються територією підприємства.

До складу даного рівня входять IP-камери, встановлені:

- на в'їзді до підприємства;

- на виїзді з підприємства;
- на вагових комплексах;
- у контрольованих виробничих зонах.

Основними функціями камер є:

- фіксація транспортних засобів;
- отримання відеопотоку;
- передача зображення до OCR-модуля;
- формування доказової бази у вигляді фотофіксації.

Для забезпечення якісного розпізнавання номерних знаків рекомендується використання камер з роздільною здатністю не менше Full HD та підтримкою нічного режиму роботи.

2.1.2 Рівень OCR (Розпізнавання номерних знаків)

Другим рівнем системи є OCR-модуль (Optical Character Recognition), який відповідає за автоматичне розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

Основними функціями OCR є:

- пошук номерного знака на зображенні;
- виділення області номерного знака;
- розпізнавання символів;
- формування текстового представлення номера;
- передача результатів до серверної частини системи.

На вхід OCR-модуля надходять зображення від камер відеоспостереження.

На виході формується набір даних:

- номер транспортного засобу;
- дата та час фіксації;

- ідентифікатор камери;
- напрямок руху;
- рівень достовірності розпізнавання.

Використання OCR дозволяє повністю автоматизувати процес реєстрації транспортних засобів та мінімізувати вплив людського фактору.

2.1.3 Рівень Backend

Backend є центральним компонентом програмного комплексу та реалізує бізнес-логіку системи.

Саме на цьому рівні відбувається:

- обробка подій;
- визначення типу події;
- контроль часу перебування транспортних засобів;
- контроль SLA;
- робота з користувачами;
- формування API для інтеграції.

Основні функції Backend:

1) Реєстрація подій

Після отримання інформації від OCR система визначає:

- чи є транспортний засіб новим;
- чи відбувається в'їзд або виїзд;
- чи необхідно створити новий запис;
- чи потрібно оновити існуючий запис.

2) Контроль SLA

Система автоматично визначає:

- час перебування транспортного засобу;
- перевищення нормативного часу;

- величину перевищення;
- статус транспортного засобу.

3) Формування повідомлень

Backend забезпечує:

- генерацію повідомлень про порушення;
- передачу інформації до дашбордів;
- оновлення статистичних показників.

2.1.4 Рівень SQL Server

SQL Server використовується як центральне сховище інформації системи.

База даних забезпечує:

- зберігання інформації про транспортні засоби;
- журнал подій;
- історію переміщень;
- інформацію про користувачів;
- налаштування системи;
- показники SLA.

Основними перевагами використання SQL Server є:

- висока продуктивність;
- підтримка великих обсягів даних;
- надійність;
- механізми резервного копіювання;
- інтеграція з Power BI.

Структура бази даних проектується відповідно до принципів нормалізації та забезпечує цілісність інформації.

2.1.5 Рівень Power BI

Power BI використовується для побудови аналітичних панелей моніторингу та формування управлінської звітності.

Джерелом даних для Power BI виступає SQL Server.

Основними функціями Power BI є:

- візуалізація транспортних потоків;
- контроль транспортних засобів у режимі реального часу;
- моніторинг SLA;
- аналіз завантаженості КПП;
- побудова KPI;
- формування звітів для керівництва.

Серед основних інформаційних панелей передбачено:

1) Dashboard оперативного контролю

Містить:

- транспортні засоби на території;
- час перебування;
- статуси SLA;
- перевищення нормативів.

2) Dashboard керівника

Містить:

- кількість транспортних засобів;
- середній час перебування;
- статистику перевищень SLA;
- завантаження логістичних зон.

2.1.6 Інформаційні потоки системи

Передача даних між компонентами системи здійснюється послідовно.

Алгоритм роботи системи:

- 1) Камера фіксує транспортний засіб.
- 2) Зображення передається до OCR-модуля.
- 3) OCR розпізнає номерний знак.
- 4) Дані передаються до Backend.
- 5) Backend виконує обробку події.
- 6) Інформація записується до SQL Server.
- 7) Дані передаються до Power BI.
- 8) Користувач отримує актуальну аналітичну інформацію.

Таким чином забезпечується повний цикл обробки інформації від моменту появи транспортного засобу до формування управлінської звітності.

2.1.7 Переваги запропонованої архітектури

Запропонована архітектура має ряд переваг:

- модульна структура;
- можливість масштабування;
- простота супроводу;
- централізоване зберігання даних;
- підтримка роботи у режимі реального часу;
- інтеграція з сучасними інструментами аналітики;
- можливість подальшого розширення функціоналу.

Крім того, архітектура дозволяє у майбутньому інтегрувати систему з ERP-рішеннями підприємства, системами управління виробництвом та іншими корпоративними сервісами.

2.1.8 Висновки до підрозділу

У результаті проектування була розроблена багаторівнева архітектура програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві. Запропонована структура забезпечує автоматичний збір інформації за допомогою камер відеоспостереження, розпізнавання номерних знаків за допомогою OCR, централізовану обробку даних на рівні Backend, надійне зберігання інформації в SQL Server та формування аналітичної звітності засобами Power BI.

Розроблена архітектура є основою для подальшого проектування програмних модулів, бази даних та інтерфейсів користувача.

2.2 UML Use Case Diagram

UML Use Case Diagram, або діаграма прецедентів використання, застосовується для опису функціональних можливостей програмного комплексу з точки зору кінцевих користувачів системи. Така діаграма дозволяє визначити, які категорії користувачів взаємодіють із системою, які функції вони виконують та які бізнес-процеси підтримує розроблюване програмне рішення.

Для програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві основними акторами є:

- логіст;

- диспетчер;
- керівник;
- адміністратор.

Кожен актор має власну роль у системі та використовує функціонал відповідно до службових обов'язків.

2.2.1 Актори системи

Логіст - відповідає за аналіз транспортних потоків, контроль завантаження логістичних зон, перегляд історії переміщення транспортних засобів та підготовку звітності щодо ефективності логістичних процесів.

Диспетчер - здійснює оперативний контроль транспортних засобів, які перебувають на території підприємства. Його основними задачами є перегляд активних авто, контроль часу перебування, виявлення перевищення SLA та реагування на затримки.

Керівник - використовує систему для перегляду аналітичної інформації, контролю KPI, аналізу ефективності роботи КПП, складських та виробничих зон.

Адміністратор - забезпечує технічне обслуговування системи, налаштовує користувачів, ролі, параметри SLA, камери, довідники та контролює коректність роботи програмного комплексу.

2.2.2 Основні прецеденти використання

До основних прецедентів використання системи належать:

- перегляд активних авто;

- контроль SLA;
- формування звітності;
- адміністрування системи.

Діаграма прецедентів використання представлена на рисунку 2.2.

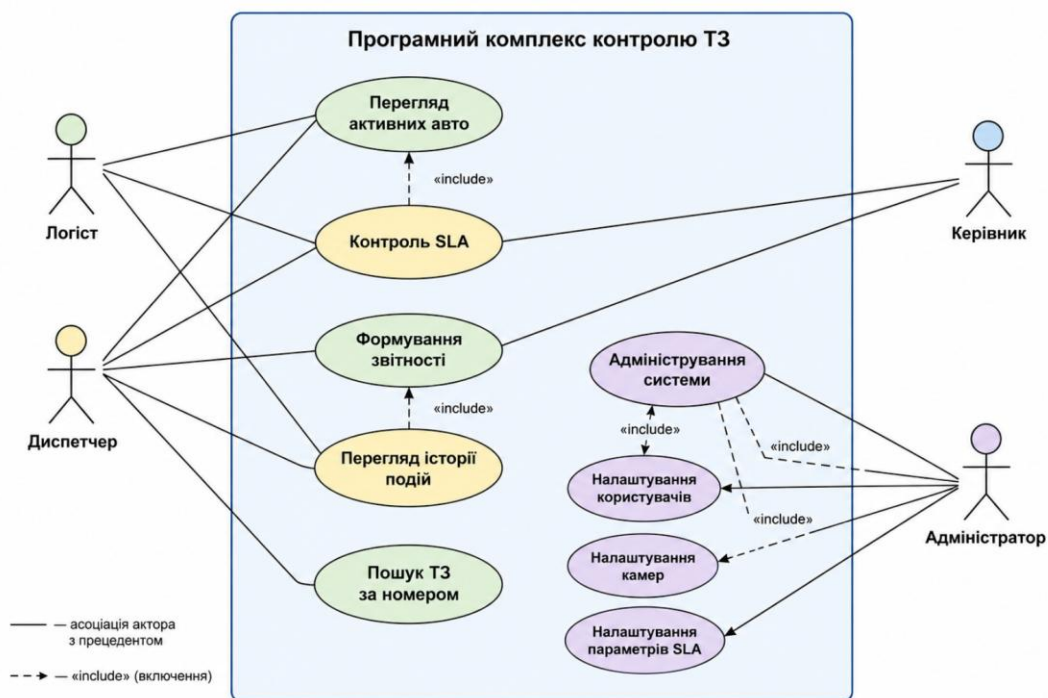


Рисунок 2.2 – UML Use Case Diagram програмного комплексу

2.2.3 Опис взаємодії акторів із системою

Диспетчер є основним користувачем оперативного рівня. Він працює із системою у режимі реального часу та контролює транспортні засоби, які знаходяться на території підприємства. Для диспетчера важливо швидко отримувати інформацію про номер автомобіля, час в'їзду, поточний час перебування та наявність порушень нормативу SLA.

Логіст використовує систему переважно для аналізу транспортних потоків та формування звітності. Його робота пов'язана не лише з оперативним переглядом активних авто, але й з аналізом історичних даних, визначенням причин затримок та підготовкою пропозицій щодо оптимізації логістичних процесів.

Керівник підприємства або підрозділу використовує систему для отримання узагальненої аналітичної інформації. Його основна потреба полягає у контролі ключових показників ефективності, таких як середній час перебування транспортних засобів, кількість порушень SLA, завантаженість КПП та динаміка транспортних потоків.

Адміністратор відповідає за підтримку працездатності системи. Він має доступ до налаштувань користувачів, прав доступу, камер, довідників та параметрів SLA.

Таблиця 2.1 – Відповідність акторів та прецедентів використання

Актор	Основні прецеденти використання
Логіст	Перегляд активних авто, формування звітності, перегляд історії подій, пошук ТЗ за номером
Диспетчер	Перегляд активних авто, контроль SLA, перегляд історії подій, пошук ТЗ за номером
Керівник	Контроль SLA, формування звітності, перегляд KPI
Адміністратор	Адміністрування системи, налаштування користувачів, налаштування камер, налаштування параметрів SLA

2.2.4 Деталізація основних прецедентів

1) Прецедент «Перегляд активних авто»

Метою прецеденту є надання користувачу інформації про транспортні засоби, які на даний момент знаходяться на території підприємства.

Система повинна відображати:

- номер транспортного засобу;
- час в'їзду;
- поточний час перебування;
- статус SLA;
- напрямок руху;
- контрольну точку фіксації.

2) Прецедент «Контроль SLA»

Метою прецеденту є автоматичне визначення транспортних засобів, які перевищили нормативний час перебування.

Система повинна:

- розраховувати час перебування ТЗ;
- порівнювати фактичний час із нормативом;
- формувати статус порушення;
- відображати проблемні ТЗ у дашборді.

3) Прецедент «Формування звітності»

Метою прецеденту є формування аналітичних звітів для логістів та керівництва.

Звіти можуть містити:

- кількість транспортних засобів за період;
- середній час перебування;
- кількість перевищень SLA;
- завантаженість КПП;
- динаміку транспортних потоків.

4) Прецедент «Адміністрування системи»

Метою прецеденту є забезпечення технічного управління системою.

Адміністратор може:

- створювати користувачів;
- змінювати ролі;
- налаштовувати камери;
- змінювати SLA;
- переглядати системні журнали.

2.2.5 Висновки до підрозділу

У результаті розробки UML Use Case Diagram було визначено основних акторів програмного комплексу та функціональні можливості, доступні кожній категорії користувачів. Діаграма прецедентів дозволяє формалізувати вимоги до системи та є основою для подальшого проектування логіки роботи програмного забезпечення, бази даних та інтерфейсів користувача.

2.3 Діаграма діяльності

Діаграма діяльності (Activity Diagram) використовується для моделювання бізнес-процесів та відображення послідовності дій, які виконуються системою під час обробки інформації. На відміну від діаграми прецедентів використання, яка показує взаємодію користувачів із системою, діаграма діяльності дозволяє детально описати логіку виконання окремого процесу.

Для розроблюваного програмного комплексу діаграма діяльності відображає процес контролю та фіксації часу знаходження транспортного засобу на території підприємства. Вона демонструє основні етапи роботи системи від моменту в'їзду автомобіля на територію підприємства до формування аналітичної звітності.

Основною метою даної діаграми є формалізація бізнес-процесу контролю транспортних потоків та визначення послідовності обробки даних програмним комплексом.

Діаграма діяльності програмного комплексу представлена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Діаграма діяльності процесу контролю часу перебування транспортного засобу

2.3.1 Опис процесу

Процес починається з моменту прибуття транспортного засобу до контрольно-пропускного пункту підприємства. Камера відеоспостереження виконує фотофіксацію автомобіля та передає зображення до модуля автоматичного розпізнавання номерних знаків.

OCR-модуль аналізує отримане зображення та визначає державний номер транспортного засобу. Після успішного розпізнавання система формує запис про подію в базі даних. До запису заносяться номер транспортного засобу, дата та час в'їзду, ідентифікатор камери та інші службові параметри.

Після створення запису транспортний засіб виконує необхідні логістичні або виробничі операції та перебуває на території підприємства протягом певного часу. У цей період система здійснює моніторинг часу перебування та контролює виконання нормативів SLA.

Під час виїзду автомобіля камера повторно виконує фіксацію транспортного засобу. OCR-модуль знову розпізнає номерний знак та передає інформацію до серверної частини системи. На підставі часу в'їзду та виїзду виконується автоматичний розрахунок фактичного часу перебування транспортного засобу на території підприємства.

Отриманий результат порівнюється з нормативними значеннями SLA. У разі перевищення допустимого часу система формує відповідний статус порушення та зберігає інформацію для подальшого аналізу.

На завершальному етапі всі дані передаються до модуля аналітики, де використовуються для формування звітів, інформаційних панелей та ключових показників ефективності логістичних процесів.

Таблиця 2.2 – Основні етапи процесу

Етап	Опис
В'їзд	Фіксація транспортного засобу на КПП
Розпізнавання номера	OCR визначає державний номер
Створення запису	Збереження інформації про в'їзд
Перебування	Виконання логістичних операцій
Контроль SLA	Моніторинг часу перебування
Виїзд	Повторна фіксація транспортного засобу
Розрахунок часу	Визначення фактичного часу перебування
Звітність	Формування KPI та аналітики

2.3.2 Переваги використання діаграми діяльності

Використання діаграми діяльності дозволяє:

- формалізувати логіку роботи системи;
- виявити ключові точки контролю бізнес-процесу;
- спростити проектування програмних модулів;
- забезпечити зрозуміле представлення процесу для замовника;
- використовувати модель як основу для подальшого програмування

та тестування системи.

2.3.3 Висновки до підрозділу

У результаті побудови діаграми діяльності було формалізовано процес контролю та фіксації часу знаходження транспортного засобу на території

підприємства. Діаграма відображає послідовність дій, які виконуються системою під час реєстрації в'їзду та виїзду транспортних засобів, контролю часу перебування та формування аналітичної звітності. Отримана модель є основою для подальшого проектування структури програмного комплексу та реалізації його функціональних модулів.

2.4 Діаграма класів

Діаграма класів (Class Diagram) є одним із ключових інструментів UML-моделювання та використовується для опису статичної структури програмного комплексу. Вона дозволяє визначити основні сутності системи, їх атрибути, методи та взаємозв'язки між ними.

Для програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві діаграма класів описує об'єкти предметної області, що беруть участь у процесах реєстрації транспортних засобів, контролю часу перебування, моніторингу SLA та формування звітності.

Основними класами системи є:

- Vehicle (Транспортний засіб);
- Event (Подія);
- Camera (Камера);
- Zone (Зона);
- User (Користувач);
- SLA (Контроль нормативного часу);
- Report (Звіт).

Діаграма класів представлена на рисунку 2.4.

2.4.1 Призначення основних класів

1) Клас Vehicle

Клас Vehicle є центральною сутністю системи та містить інформацію про транспортні засоби, які перебувають на території підприємства.

Основні атрибути:

- VehicleId;
- PlateNumber;
- VehicleType;
- EntryTime;
- ExitTime;
- CurrentStatus;
- TotalStayTime.

Основні методи:

- RegisterEntry();
- RegisterExit();
- CalculateStayTime();
- UpdateStatus().

Даний клас використовується для зберігання інформації про транспортний засіб протягом усього життєвого циклу його перебування на території підприємства.

2) Клас Event

Клас Event описує події, які виникають під час роботи системи.

До таких подій належать:

- в'їзд транспортного засобу;
- виїзд транспортного засобу;
- перевищення SLA;
- зміна статусу;
- фіксація транспортного засобу камерою.

Основні атрибути:

- EventId;
- EventType;
- EventTime;
- Direction;
- Description.

Основні методи:

- CreateEvent();
- ValidateEvent();
- SaveEvent().

Кожен транспортний засіб може мати необмежену кількість пов'язаних подій.

3) Клас Camera

Клас Camera представляє систему відеоспостереження підприємства.

Основні атрибути:

- CameraId;
- CameraName;
- Location;
- Direction;
- IPAddress;
- Status.

Основні методи:

- CaptureFrame();
- SendFrameToOCR();
- CheckStatus().

Камери забезпечують фіксацію транспортних засобів та передачу даних до OCR-модуля.

4) Клас Zone

Клас Zone описує функціональні зони підприємства.

До них можуть належати:

- КПП;
- вагові комплекси;
- складські зони;
- виробничі ділянки;
- зони відвантаження.

Основні атрибути:

- ZoneId;
- ZoneName;
- ZoneType;
- SLALimit.

Основні методи:

- AssignVehicle();
- RemoveVehicle();
- CalculateZoneStayTime().

5) Клас User

Клас User представляє користувачів програмного комплексу.

Основні ролі:

- диспетчер;
- логіст;
- керівник;
- адміністратор.

Основні атрибути:

- UserId;
- UserName;
- PasswordHash;
- Role;
- LastLogin.

Основні методи:

- Login();
- Logout();

- SearchVehicle();
- ViewDashboard().

6) Клас SLA

Клас SLA реалізує механізм контролю нормативного часу перебування транспортного засобу.

Основні атрибути:

- SLAId;
- AllowedTime;
- ActualTime;
- ViolationFlag;
- ViolationTime.

Основні методи:

- CheckSLA();
- CalculateViolation();
- GenerateAlert().

Даний клас забезпечує автоматичне визначення порушень встановлених нормативів.

7) Клас Report

Клас Report використовується для формування аналітичної звітності.

Основні атрибути:

- ReportId;
- ReportName;
- ReportType;
- CreationDate.

Основні методи:

- GenerateReport();
- ExportToExcel();
- ExportToPDF().

На основі даного класу формуються аналітичні звіти та інформаційні панелі Power BI.

2.4.2 Взаємозв'язки між класами

У системі визначено такі основні зв'язки:

- один транспортний засіб може мати багато подій;
- одна камера може фіксувати багато подій;
- один транспортний засіб перебуває в одній або декількох зонах;
- один транспортний засіб контролюється одним записом SLA;
- користувач може формувати багато звітів;
- звіт використовує дані транспортних засобів та подій.

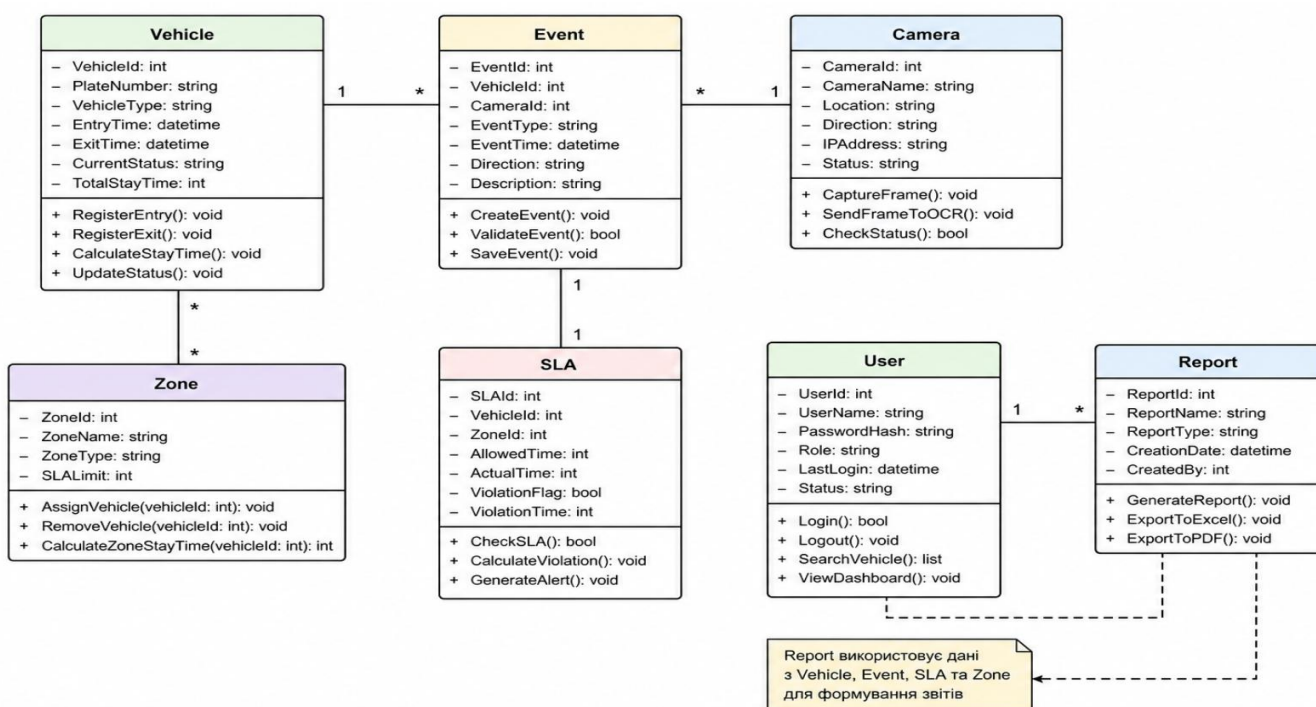


Рисунок 2.4 – Діаграма класів програмного комплексу

Таблиця 2.3 – Основні класи системи

Клас	Призначення
Vehicle	Зберігання інформації про транспортні засоби
Event	Реєстрація подій системи
Camera	Фіксація транспортних засобів
Zone	Відображення зон підприємства
User	Управління користувачами
SLA	Контроль нормативного часу
Report	Формування звітності

2.4.3 Висновки до підрозділу

У результаті побудови діаграми класів було визначено основні об'єкти предметної області, їх атрибути та взаємозв'язки. Розроблена модель забезпечує формалізацію структури програмного комплексу та є основою для проектування бази даних, реалізації бізнес-логіки та подальшої розробки програмного забезпечення.

2.5 ER-діаграма бази даних

ER-діаграма (Entity Relationship Diagram) використовується для опису логічної структури бази даних та відображення взаємозв'язків між її основними сутностями. На відміну від діаграми класів, яка описує структуру програмних об'єктів, ER-діаграма зосереджена саме на зберіганні даних, таблицях, ключових полях та зв'язках між ними.

Для програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві база даних є центральним сховищем інформації. Вона забезпечує збереження даних про транспортні засоби, події в'їзду та виїзду, камери відеоспостереження, зони підприємства, користувачів системи та порушення нормативного часу перебування.

Основними таблицями бази даних є:

- Vehicles;
- Events;
- Cameras;
- Zones;
- Users;
- Violations.

ER-діаграма бази даних представлена на рисунку 2.5.

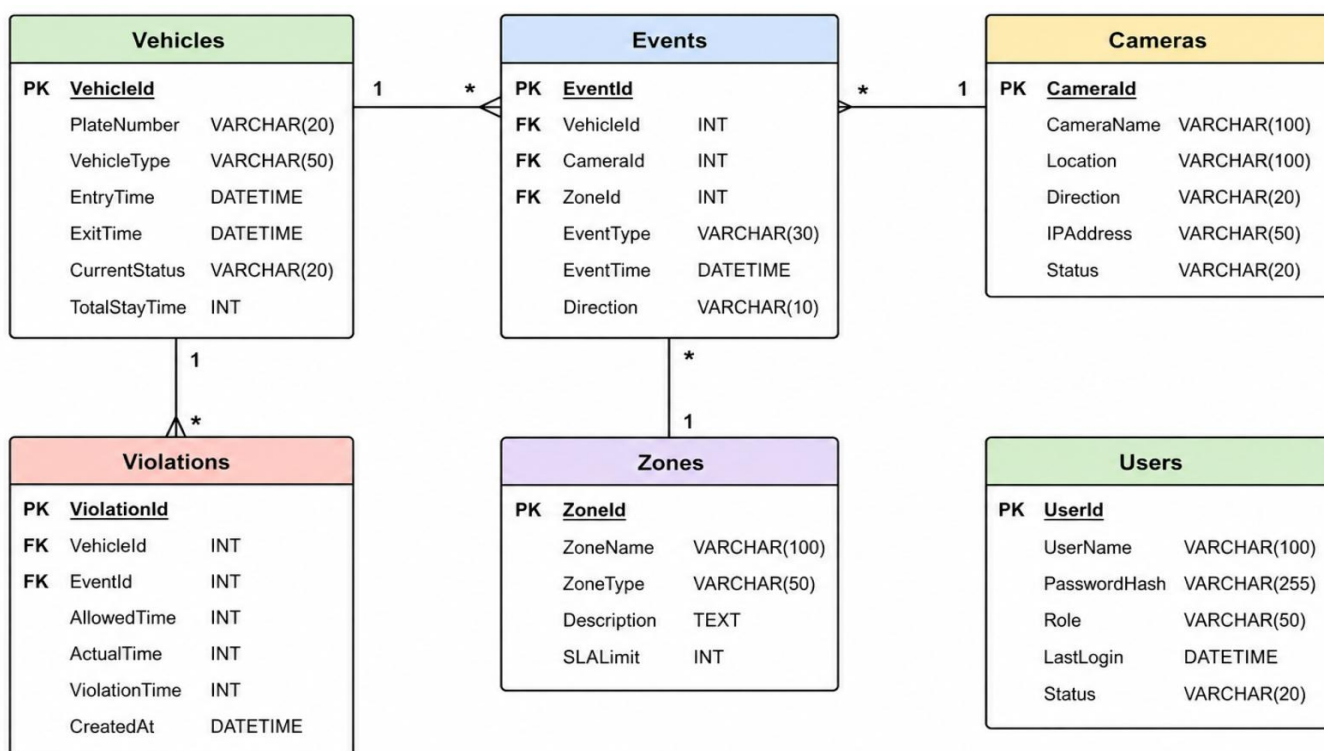


Рисунок 2.5 – ER-діаграма бази даних програмного комплексу

1) Таблиця Vehicles

Таблиця Vehicles призначена для зберігання інформації про транспортні засоби, які були зафіксовані системою.

Таблиця 2.4 – Основні поля таблиці Vehicles

Поле	Тип даних	Опис
VehicleId	INT	Унікальний ідентифікатор транспортного засобу
PlateNumber	VARCHAR	Державний номер автомобіля
VehicleType	VARCHAR	Тип транспортного засобу
EntryTime	DATETIME	Час в'їзду
ExitTime	DATETIME	Час виїзду
CurrentStatus	VARCHAR	Поточний статус
TotalStayTime	INT	Загальний час перебування

2) Таблиця Events

Таблиця Events є журналом подій системи.

Вона зберігає всі події, які відбуваються з транспортними засобами:

- в'їзд;
- виїзд;
- фіксація камерою;
- зміна статусу;
- порушення SLA.

Таблиця 2.5 – Основні поля таблиці Events

Поле	Тип даних	Опис
EventId	INT	Унікальний ідентифікатор події
VehicleId	INT	Посилання на транспортний засіб
CameraId	INT	Посилання на камеру
ZoneId	INT	Посилання на зону
EventType	VARCHAR	Тип події
EventTime	DATETIME	Час події
Direction	VARCHAR	Напрямок руху

3) Таблиця Cameras

Таблиця Cameras містить інформацію про камери відеоспостереження, які використовуються для фіксації транспортних засобів.

Таблиця 2.6 – Основні поля таблиці Cameras

Поле	Тип даних	Опис
CameraId	INT	Унікальний ідентифікатор камери
CameraName	VARCHAR	Назва камери
Location	VARCHAR	Місце встановлення
Direction	VARCHAR	Напрямок контролю
IPAddress	VARCHAR	IP-адреса камери
Status	VARCHAR	Поточний статус камери

4) Таблиця Zones

Таблиця Zones призначена для зберігання інформації про функціональні зони підприємства.

До таких зон можуть належати:

- КПП;
- ваговий контроль;
- складська зона;
- виробнича ділянка;
- зона відвантаження.

Таблиця 2.7 – Основні поля таблиці Zones

Поле	Тип даних	Опис
ZoneId	INT	Унікальний ідентифікатор зони
ZoneName	VARCHAR	Назва зони
ZoneType	VARCHAR	Тип зони
Description	TEXT	Опис зони
SLALimit	INT	Нормативний час перебування

5) Таблиця Users

Таблиця Users містить інформацію про користувачів системи.

Таблиця 2.8 – Основні поля таблиці Users

Поле	Тип даних	Опис
UserId	INT	Унікальний ідентифікатор користувача
UserName	VARCHAR	Ім'я користувача
PasswordHash	VARCHAR	Хеш пароля
Role	VARCHAR	Роль користувача
LastLogin	DATETIME	Час останнього входу
Status	VARCHAR	Статус користувача

6) Таблиця Violations

Таблиця Violations використовується для зберігання інформації про порушення нормативного часу перебування транспортних засобів.

Таблиця 2.9 – Основні поля таблиці Violations

Поле	Тип даних	Опис
ViolationId	INT	Унікальний ідентифікатор порушення
VehicleId	INT	Посилання на транспортний засіб
EventId	INT	Посилання на подію
AllowedTime	INT	Допустимий час перебування
ActualTime	INT	Фактичний час перебування
ViolationTime	INT	Час перевищення
CreatedAt	DATETIME	Дата створення запису

2.5.1 Основні зв'язки між таблицями

У базі даних передбачено такі зв'язки:

- один транспортний засіб може мати багато подій;
- одна камера може фіксувати багато подій;
- одна зона може бути пов'язана з багатьма подіями;
- один транспортний засіб може мати багато порушень;
- одна подія може бути пов'язана з одним порушенням;
- один користувач може переглядати та формувати звіти на основі

даних системи.

Таблиця 2.10 – Призначення таблиць бази даних

Таблиця	Призначення
Vehicles	Зберігання інформації про транспортні засоби
Events	Зберігання журналу подій
Cameras	Облік камер відеоспостереження
Zones	Опис функціональних зон підприємства
Users	Облік користувачів системи
Violations	Зберігання порушень нормативного часу

2.5.2 Висновки до підрозділу

У результаті проектування ER-діаграми було визначено основні таблиці бази даних, їх поля та взаємозв'язки. Запропонована структура бази даних забезпечує централізоване зберігання інформації про транспортні засоби,

події, камери, зони підприємства, користувачів та порушення SLA. Розроблена ER-модель є основою для подальшого фізичного проектування бази даних та реалізації програмного комплексу.

2.6 DFD-діаграма та аналіз потоків даних

Data Flow Diagram (DFD) або діаграма потоків даних використовується для моделювання руху інформації в межах програмної системи. На відміну від UML-діаграм, які описують структуру програмного забезпечення або поведінку користувачів, DFD концентрується на процесах обробки даних, джерелах інформації, сховищах даних та потоках інформації між ними.

Основною метою побудови DFD-діаграми для програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві є визначення джерел надходження інформації, механізмів її обробки та способів передачі результатів кінцевим користувачам.

Використання DFD-моделі дозволяє наочно відобразити інформаційні потоки між камерами відеоспостереження, OCR-модулем, серверною частиною системи, базою даних та аналітичними інструментами.

2.6.1 Призначення DFD-моделі

DFD-діаграма дозволяє вирішити такі задачі:

- визначити джерела отримання інформації;
- описати маршрути передачі даних;
- виявити дублювання інформаційних потоків;
- визначити місця зберігання даних;

- спростити проектування програмних модулів;
- забезпечити розуміння логіки роботи системи всіма учасниками проекту.

Для розроблюваного програмного комплексу DFD-діаграма є важливим інструментом проектування, оскільки система обробляє значний обсяг інформації в режимі реального часу.

2.6.2 Основні елементи DFD-моделі

У моделі використано чотири типи елементів:

1) Зовнішні сутності

Зовнішні сутності є джерелами або споживачами інформації.

До них належать:

- транспортний засіб;
- диспетчер;
- логіст;
- керівник;
- адміністратор.

Зовнішні сутності не входять до складу програмного комплексу, але взаємодіють із ним через інформаційні потоки.

2) Процеси

Процеси виконують обробку інформації.

У системі реалізовано такі основні процеси:

- Реєстрація транспортного засобу.
- Розпізнавання номерного знака.
- Обробка подій.
- Контроль SLA.
- Формування аналітики та звітності.

3) Сховища даних

Сховища даних використовуються для довготривалого зберігання інформації.

Основним сховищем є база даних SQL Server.

У базі даних зберігаються:

- транспортні засоби;
- події;
- інформація про камери;
- користувачі;
- порушення SLA;
- налаштування системи.

4) Потоки даних

Потоки даних описують передачу інформації між процесами та сховищами даних.

Саме вони визначають логіку роботи всієї системи.

2.6.3 Контекстна DFD-діаграма

На контекстному рівні програмний комплекс розглядається як єдиний процес, що взаємодіє із зовнішніми користувачами та джерелами даних.

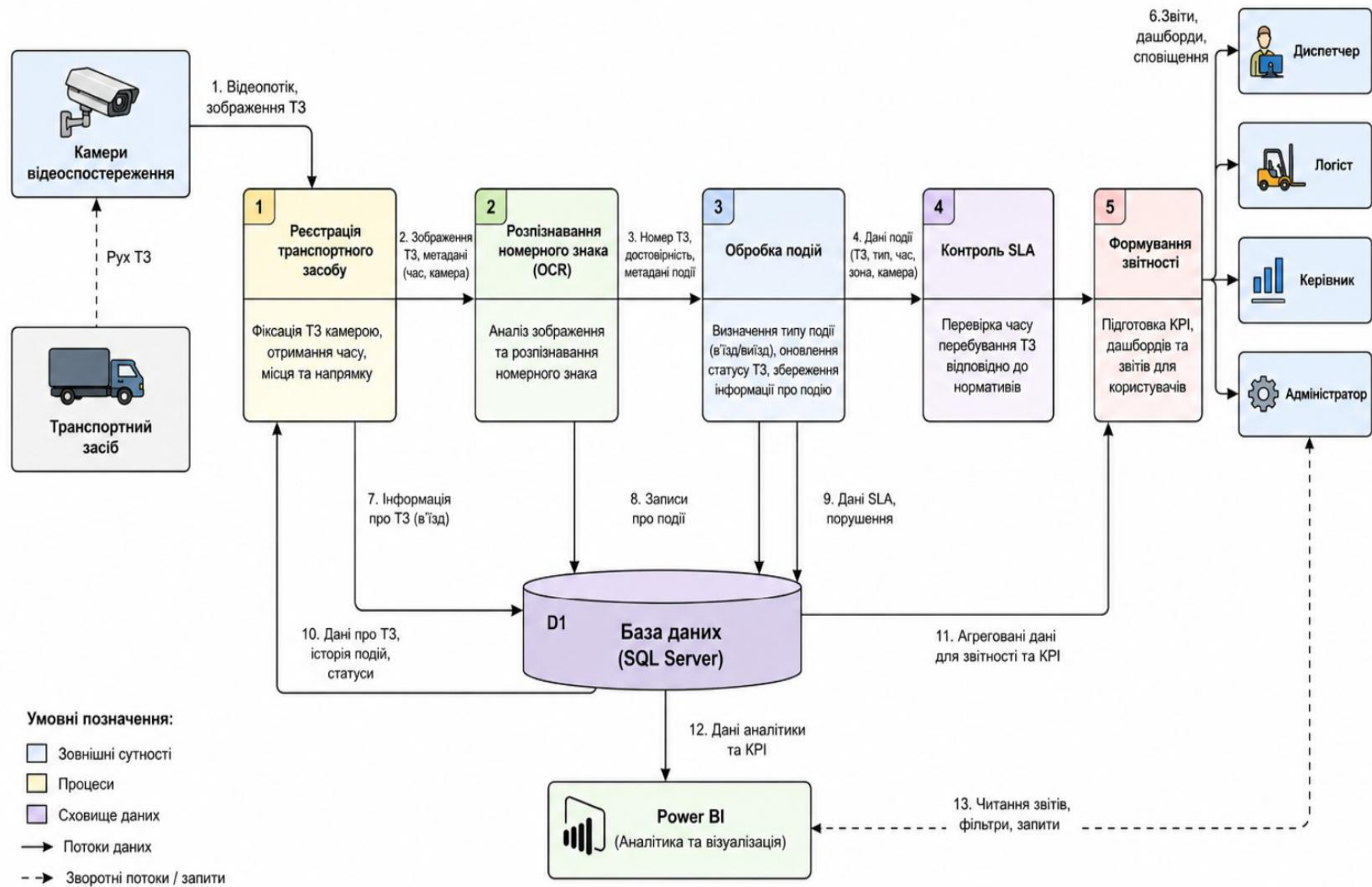


Рисунок 2.6 – Контекстна DFD-діаграма

Для більш детального опису інформаційних потоків система декомпозується на окремі процеси.

Основними процесами є:

1) Процес 1. Реєстрація транспортного засобу

Вхідні дані:

- відеопотік;
- зображення транспортного засобу.

Вихідні дані:

- інформація про транспортний засіб;
- час фіксації.

2) Процес 2. Розпізнавання номерного знака

Вхідні дані:

- зображення від камери.

Вихідні дані:

- номер транспортного засобу;
- достовірність розпізнавання.

3) Процес 3. Обробка подій

Вхідні дані:

- номер транспортного засобу;
- тип події;
- дата та час.

Вихідні дані:

- записи про події;
- статус транспортного засобу.

4) Процес 4. Контроль SLA

Вхідні дані:

- час в'їзду;
- час виїзду;
- нормативний час.

Вихідні дані:

- статус SLA;
- інформація про порушення.

5) Процес 5. Формування звітності

Вхідні дані:

- інформація з бази даних.
- Вихідні дані:
- KPI;
- дашборди;
- звіти.

2.6.4 Аналіз потоків даних

У розроблюваному програмному комплексі можна виділити кілька основних потоків даних.

1) Потік №1. Дані відеоспостереження

Джерело:

- камери відеоспостереження.

Одержувач:

- OCR-модуль.

Інформація:

- відеокадри;
- фотографії транспортних засобів.

Цей потік є первинним джерелом інформації для всієї системи.

2) Потік №2. Результати OCR

Джерело:

- OCR-модуль.

Одержувач:

- Backend.

Інформація:

- номер транспортного засобу;
- дата;
- час;
- ідентифікатор камери.

На даному етапі відбувається формування структурованих даних.

3) Потік №3. Дані бізнес-логіки

Джерело:

- Backend.

Одержувач:

- SQL Server.

Інформація:

- транспортні засоби;
- події;
- порушення SLA;
- системні журнали.

Даний потік забезпечує збереження інформації.

4) Потік №4. Дані аналітики

Джерело:

- SQL Server.

Одержувач:

- Power BI.

Інформація:

- історичні події;
- KPI;
- статистика;
- аналітичні показники.

5) Потік №5. Інформація користувачам

Джерело:

- Power BI та Backend.

Одержувач:

- користувачі системи.

Інформація:

- активні транспортні засоби;
- перевищення SLA;
- завантаження зон;
- статистичні звіти.

Таблиця 2.11 – Основні потоки даних системи

№	Джерело	Одержувач	Дані
1	Камери	OCR	Зображення транспортних засобів
2	OCR	Backend	Номерний знак та подія
3	Backend	SQL Server	Дані транспортних засобів та подій
4	SQL Server	Power BI	Аналітичні дані
5	Power BI	Користувачі	KPI та звіти
6	Backend	Користувачі	Онлайн-моніторинг
7	Backend	SQL Server	Дані SLA та порушення

2.6.5 Забезпечення цілісності інформаційних потоків

Для забезпечення надійної роботи системи передбачено:

- централізоване зберігання інформації;
- журналювання подій;
- контроль дублювання записів;
- перевірку коректності номерних знаків;
- резервне копіювання бази даних;
- контроль доступу користувачів відповідно до ролей.

Зазначені механізми дозволяють забезпечити цілісність, актуальність та достовірність інформації на всіх етапах її обробки.

2.6.6 Висновки до підрозділу

У результаті побудови DFD-моделі було визначено основні джерела даних, процеси їх обробки, сховища інформації та маршрути передачі даних між компонентами системи. Аналіз потоків даних показав, що запропонована архітектура забезпечує безперервний цикл обробки інформації від моменту фіксації транспортного засобу камерою до формування аналітичної звітності для користувачів. Розроблена DFD-діаграма є основою для подальшого проектування функціональних модулів та реалізації програмного комплексу.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

3.1 Обґрунтування вибору технологій розробки

Одним із ключових етапів створення програмного комплексу є вибір технологічного стеку, який забезпечить реалізацію функціональних вимог системи, високу продуктивність, масштабованість, надійність та можливість подальшого розвитку програмного продукту.

Для розробки програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві було обрано сучасний набір технологій, який включає:

- ASP.NET Core;
- Entity Framework Core;
- Microsoft SQL Server;
- Microsoft Power BI;
- OpenCV;
- OCR-технології.

Зазначені технології добре поєднуються між собою, підтримуються великими виробниками програмного забезпечення та широко використовуються при створенні корпоративних інформаційних систем.

3.1.1 Вимоги до технологічної платформи

Перед вибором технологій були сформульовані основні вимоги до програмного комплексу:

- робота у режимі реального часу;

- підтримка великої кількості подій;
- можливість інтеграції з IP-камерами;
- підтримка реляційної бази даних;
- формування аналітичної звітності;
- масштабованість системи;
- підтримка сучасних веб-технологій;
- можливість подальшого розширення функціоналу;
- інтеграція з корпоративними інформаційними системами

підприємства.

Враховуючи зазначені вимоги, було прийнято рішення використовувати багаторівневу архітектуру на платформі Microsoft .NET.

3.1.2 ASP.NET Core

ASP.NET Core є сучасною платформою для розробки веб-застосунків та серверних сервісів компанії Microsoft.

На сьогоднішній день ASP.NET Core вважається одним із найпопулярніших фреймворків для створення корпоративних інформаційних систем.

Основними перевагами ASP.NET Core є:

- висока продуктивність;
- підтримка кросплатформенності;
- сучасна архітектура;
- інтеграція з хмарними сервісами;
- підтримка REST API;
- можливість контейнеризації за допомогою Docker;
- високий рівень безпеки.

У рамках даного проєкту ASP.NET Core використовується для реалізації серверної частини програмного комплексу та бізнес-логіки системи.

За допомогою ASP.NET Core реалізуються такі функції:

- приймання даних від OCR-модуля;
- обробка подій;
- контроль SLA;
- робота з базою даних;
- надання API для Power BI;
- управління користувачами.

Використання ASP.NET Core забезпечує високу швидкість обробки подій та можливість роботи з великими обсягами інформації.

3.1.3 Entity Framework Core

Entity Framework Core є ORM-фреймворком (Object Relational Mapping), який дозволяє працювати з базою даних через об'єктну модель програмного забезпечення.

Основною перевагою використання Entity Framework є зменшення обсягу програмного коду та спрощення роботи з базою даних.

Основні можливості Entity Framework Core:

- автоматичне відображення класів на таблиці бази даних;
- підтримка LINQ-запитів;
- автоматичне формування SQL-запитів;
- контроль міграцій бази даних;
- підтримка транзакцій;
- висока продуктивність.

У даному проєкті Entity Framework використовується для роботи з таблицями:

- Vehicles;
- Events;
- Cameras;
- Zones;
- Users;
- Violations.

Використання ORM-підходу дозволяє значно прискорити розробку програмного комплексу та спростити подальший супровід системи.

3.1.4 Microsoft SQL Server

Microsoft SQL Server обрано як основну систему управління базами даних.

Дане рішення широко використовується у великих корпоративних системах завдяки високому рівню надійності та продуктивності.

Основними перевагами SQL Server є:

- підтримка великих обсягів даних;
- висока швидкість виконання запитів;
- механізми резервного копіювання;
- підтримка кластеризації;
- інтеграція з Power BI;
- високий рівень захисту інформації.

У системі SQL Server використовується для:

- зберігання транспортних засобів;
- журналу подій;
- інформації про користувачів;
- історії порушень SLA;
- параметрів системи.

Застосування SQL Server забезпечує надійне та централізоване зберігання інформації.

3.1.5 Microsoft Power BI

Power BI є сучасною платформою бізнес-аналітики компанії Microsoft.

Основною задачею Power BI у проєкті є побудова інтерактивних інформаційних панелей та візуалізація ключових показників ефективності логістичних процесів.

Power BI дозволяє:

- створювати дашборди;
- аналізувати транспортні потоки;
- контролювати KPI;
- виявляти вузькі місця;
- аналізувати порушення SLA;
- будувати інтерактивні звіти.

Користувачами Power BI є:

- диспетчери;
- логісти;
- керівники підприємства.

Використання Power BI дозволяє приймати управлінські рішення на основі актуальних даних.

3.1.6 OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) є однією з найпоширеніших бібліотек комп'ютерного зору.

Вона використовується для попередньої обробки зображень, отриманих від камер відеоспостереження.

Основні можливості OpenCV:

- аналіз відеопотоків;
- покращення якості зображень;
- виділення контурів;
- фільтрація шумів;
- підготовка зображень для OCR.

У розроблюваній системі OpenCV використовується для:

- пошуку номерного знака;
- виділення області номерного знака;
- підготовки зображення до розпізнавання.

Завдяки використанню OpenCV підвищується точність роботи OCR-модуля.

3.1.7 OCR-технології

OCR (Optical Character Recognition) є ключовою технологією проекту.

Саме OCR забезпечує автоматичне розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

Основні функції OCR:

- пошук текстових областей;
- розпізнавання символів;
- перевірка коректності номерного знака;
- передача результатів до Backend.

Для реалізації OCR можуть використовуватися:

- Tesseract OCR;
- EasyOCR;

- OpenALPR;
- Plate Recognizer.

У даному проєкті передбачається використання OCR-рішення, яке забезпечує високу точність розпізнавання автомобільних номерів та підтримує міжнародні стандарти номерних знаків.

3.1.8 Порівняльний аналіз технологій

Для обґрунтування вибору технологій було проведено їх порівняння за основними критеріями.

Таблиця 3.1 – Порівняння обраних технологій

Технологія	Призначення	Основні переваги	Недоліки
ASP.NET Core	Backend	Висока продуктивність, масштабованість, безпека	Вимагає знання .NET
Entity Framework Core	ORM	Швидка розробка, міграції, LINQ	Додатковий рівень абстракції
SQL Server	База даних	Надійність, продуктивність, резервування	Платна корпоративна ліцензія
Power BI	Аналітика	Інтерактивні дашборди, інтеграція з SQL Server	Обмеження без Premium
OpenCV	Комп'ютерний зір	Безкоштовна, велика спільнота	Потребує налаштування алгоритмів
OCR	Розпізнавання номерів	Автоматизація процесів	Чутливість до якості зображення

Таблиця 3.2 – Відповідність технологій функціональним вимогам

Функціональна вимога	Технологія
Обробка бізнес-логіки	ASP.NET Core
Робота з БД	Entity Framework Core
Зберігання інформації	SQL Server
Візуалізація KPI	Power BI
Обробка відеопотоку	OpenCV
Розпізнавання номерів	OCR

Проведений аналіз показав, що обраний технологічний стек повністю відповідає вимогам розроблюваного програмного комплексу.

Комбінація ASP.NET Core, Entity Framework та SQL Server забезпечує надійну серверну платформу для роботи з великими обсягами даних. OpenCV та OCR дозволяють реалізувати функції автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів, а Power BI забезпечує сучасні можливості аналітики та візуалізації інформації.

Запропонований набір технологій є масштабованим, підтримує інтеграцію з корпоративними системами підприємства та може використовуватися як основа для подальшого розвитку програмного комплексу.

3.1.9 Висновки до підрозділу

У результаті аналізу та порівняння сучасних технологій було обрано оптимальний технологічний стек для реалізації програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві. Використання ASP.NET Core, Entity Framework Core, SQL Server, Power BI, OpenCV та OCR

забезпечує реалізацію всіх функціональних вимог системи, високу продуктивність, надійність та можливість подальшого масштабування рішення.

3.2 Структура бази даних

База даних є центральним елементом програмного комплексу, оскільки саме вона забезпечує зберігання всієї інформації про транспортні засоби, події, камери, зони підприємства, користувачів та порушення SLA. Для реалізації системи доцільно використовувати реляційну базу даних Microsoft SQL Server.

Основними таблицями бази даних є:

- Vehicles;
- Events;
- Cameras;
- Zones;
- Users;
- Violations.

Було створено базу даних в SQL Server. SQL-схема бази даних наведено у Додатку Д та приклади заповнення таблиць та запитів наведено у Додатку Г.

3.3 Реалізація модулів програмного комплексу

Реалізація програмного комплексу передбачає створення декількох функціональних модулів, кожен із яких відповідає за окрему частину процесу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві. Модульний

підхід дозволяє розділити систему на логічні компоненти, спростити розробку, тестування, супровід та подальше розширення програмного забезпечення.

У межах дипломного проєкту передбачено реалізацію таких основних модулів:

- модуль камер;
- модуль OCR;
- модуль логіки;
- модуль SLA;
- модуль звітності.

Кожен модуль виконує власні функції, але всі вони працюють як єдина система. Дані послідовно передаються від камер відеоспостереження до OCR-модуля, далі обробляються серверною частиною, зберігаються у базі даних та використовуються для формування аналітичної звітності.

3.3.1 Модуль камер

Модуль камер є початковою ланкою програмного комплексу. Його основним призначенням є отримання відеопотоку або окремих зображень транспортних засобів з камер відеоспостереження, встановлених на контрольних точках підприємства.

Камери можуть бути розміщені:

- на в'їзді до підприємства;
- на виїзді з підприємства;
- біля вагового комплексу;
- у складських зонах;
- у виробничих зонах.
- Основні функції модуля камер:
- підключення до IP-камер;

- отримання відеопотоку;
- фіксація кадру з транспортним засобом;
- передача зображення до OCR-модуля;
- контроль доступності камер;
- збереження службової інформації про камеру.

Модуль камер повинен забезпечувати стабільну роботу в режимі реального часу. У разі недоступності камери система повинна фіксувати помилку та передавати повідомлення адміністратору.

Приклад логіки роботи модуля камер:

- 1) Система отримує відеопотік з камери.
- 2) Визначається наявність транспортного засобу у кадрі.
- 3) Формується зображення для розпізнавання.
- 4) Зображення передається до OCR-модуля.
- 5) У разі помилки створюється системний запис.

```
public class Camera
{
    public int CameraId { get; set; }
    public string CameraName { get; set; }
    public string Location { get; set; }
    public string Direction { get; set; }
    public string IPAddress { get; set; }
    public string Status { get; set; }
}
```

Рисунок 3.1 – Приклад моделі камери в C#

3.3.2 Модуль OCR

Модуль OCR відповідає за автоматичне розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Він отримує зображення від модуля камер, виконує попередню обробку зображення та визначає номер транспортного засобу.

OCR-модуль є одним із ключових компонентів програмного комплексу, оскільки саме від точності його роботи залежить достовірність подальших розрахунків.

Основні функції OCR-модуля:

- отримання зображення від камери;
- попередня обробка зображення;
- виділення області номерного знака;
- розпізнавання символів;
- перевірка формату номерного знака;
- передача результату до модуля логіки.

Попередня обробка зображення може включати:

- зміну розміру;
- фільтрацію шумів;
- підвищення контрастності;
- перетворення у відтінки сірого;
- виділення контурів.

Результатом роботи OCR-модуля є структурований набір даних:

- 1) Номер ТЗ;
- 2) Дата та час фіксації;
- 3) Камера;
- 4) Напрямок руху;
- 5) Рівень достовірності розпізнавання.

```
public class OcrResult
{
    public string PlateNumber { get; set; }
    public int CameraId { get; set; }
    public DateTime RecognitionTime { get; set; }
    public string Direction { get; set; }
    public double Confidence { get; set; }
}
```

Рисунок 3.2 – Приклад моделі результату OCR

У разі якщо номерний знак не був розпізнаний або рівень достовірності є недостатнім, система може сформувати подію типу “Помилка розпізнавання” для подальшої ручної перевірки диспетчером.

3.3.3 Модуль логіки

Модуль логіки є центральним модулем програмного комплексу. Він відповідає за обробку отриманих даних, визначення типу події, оновлення статусу транспортного засобу та взаємодію з базою даних.

Основні функції модуля логіки:

- приймання результатів OCR;
- визначення типу події;
- створення запису про в'їзд;
- оновлення запису при виїзді;
- збереження подій у базі даних;
- оновлення поточного статусу транспортного засобу;
- передача даних до модуля SLA.

Модуль логіки визначає, чи є транспортний засіб новим для поточного процесу. Якщо автомобіль зафіксований на в'їзді, система створює новий запис у таблиці Vehicles. Якщо автомобіль зафіксований на виїзді, система знаходить активний запис і закриває його.

```
public class Vehicle
{
    public int VehicleId { get; set; }
    public string PlateNumber { get; set; }
    public string VehicleType { get; set; }
    public DateTime EntryTime { get; set; }
    public DateTime? ExitTime { get; set; }
    public string CurrentStatus { get; set; }
    public int? TotalStayTime { get; set; }
}
```

Рисунок 3.3 – Приклад моделі транспортного засобу

```
public class Event
{
    public int EventId { get; set; }
    public int VehicleId { get; set; }
    public int? CameraId { get; set; }
    public int? ZoneId { get; set; }
    public string EventType { get; set; }
    public DateTime EventTime { get; set; }
    public string Direction { get; set; }
}
```

Рисунок 3.4 – Приклад моделі події

3.3.4 Модуль SLA

Модуль SLA призначений для контролю нормативного часу перебування транспортного засобу на території підприємства. Він автоматично порівнює фактичний час перебування з допустимим нормативом та визначає наявність порушення.

Основні функції модуля SLA:

- отримання часу в'їзду та виїзду;
- розрахунок фактичного часу перебування;
- порівняння з нормативним значенням;
- формування статусу SLA;
- створення запису про порушення;
- передача даних до звітності.

Приклад алгоритму контролю SLA:

- 1) Отримати час в'їзду транспортного засобу.
- 2) Отримати час виїзду або поточний час.
- 3) Розрахувати фактичний час перебування.
- 4) Порівняти фактичний час з нормативом.
- 5) Якщо фактичний час більше нормативу: створити запис про порушення.
- 6) Якщо перевищення відсутнє: залишити статус "У межах норми".

```
public class SlaService
{
    public bool CheckViolation(DateTime entryTime, DateTime currentTime, int allowedMinutes)
    {
        var actualMinutes = (currentTime - entryTime).TotalMinutes;
        return actualMinutes > allowedMinutes;
    }

    public int CalculateViolationTime(DateTime entryTime, DateTime currentTime, int allowedMinutes)
    {
        var actualMinutes = (int)(currentTime - entryTime).TotalMinutes;
        return actualMinutes > allowedMinutes ? actualMinutes - allowedMinutes : 0;
    }
}
```

Рисунок 3.5 – Приклад класу для перевірки SLA

Модуль SLA дозволяє своєчасно виявляти автомобілі, які перебувають на території підприємства понад встановлений нормативний час.

3.3.5 Модуль звітності

Модуль звітності призначений для формування аналітичної інформації та передачі даних до Power BI.

Основні функції модуля звітності:

- підготовка даних для звітів;
- розрахунок KPI;
- формування вибірок із бази даних;
- аналіз активних авто;
- аналіз порушень SLA;
- експорт даних;
- передача агрегованої інформації до Power BI.

Основні показники звітності:

- кількість транспортних засобів за період;
- кількість активних авто;
- середній час перебування;
- кількість порушень SLA;
- завантаженість КПП;
- динаміка транспортних потоків.

```
SELECT
    COUNT(*) AS TotalVehicles,
    AVG(TotalStayTime) AS AverageStayTime,
    SUM(CASE WHEN CurrentStatus = 'SLA порушено' THEN 1 ELSE 0 END) AS ViolationsCount
FROM Vehicles
WHERE EntryTime BETWEEN '2026-01-01' AND '2026-01-31';
```

Рисунок 3.6 – Приклад SQL-запиту для звітності

```
public class Report
{
    public int ReportId { get; set; }
    public string ReportName { get; set; }
    public string ReportType { get; set; }
    public DateTime CreationDate { get; set; }
}
```

Рисунок 3.7 – Приклад моделі звіту

3.3.6 Висновки до підрозділу

У підрозділі було описано реалізацію основних модулів програмного комплексу. Запропонована модульна структура дозволяє забезпечити

послідовну обробку даних від моменту фіксації транспортного засобу камерою до формування аналітичної звітності. Кожен модуль виконує окрему функцію, що підвищує надійність, масштабованість та зручність супроводу програмного комплексу.

Таблиця 3.3 – Призначення модулів програмного комплексу

Модуль	Призначення	Основний результат
Модуль камер	Отримання відеопотоку та зображень	Фото або відеокадр ТЗ
Модуль OCR	Розпізнавання номерного знака	Номер ТЗ
Модуль логіки	Обробка подій та статусів	Запис про в'їзд або виїзд
Модуль SLA	Контроль нормативного часу	Статус SLA та порушення
Модуль звітності	Формування аналітики	Звіти, KPI, дашборди

3.4 Інтерфейс користувача

Інтерфейс користувача є важливою складовою програмного комплексу, оскільки саме через нього здійснюється взаємодія персоналу підприємства із системою контролю транспортних засобів. Від якості інтерфейсу залежить швидкість роботи користувачів, зручність отримання інформації та ефективність прийняття управлінських рішень.

При проектуванні інтерфейсу були враховані такі принципи:

- простота використання;
- мінімальна кількість дій для отримання інформації;
- відображення даних у режимі реального часу;
- адаптивність до різних розмірів екранів;
- використання сучасних інструментів візуалізації;

- розмежування доступу відповідно до ролей користувачів.

Інтерфейс системи складається з чотирьох основних інформаційних панелей:

- Dashboard;
- Active Vehicles;
- SLA Violations;
- KPI Dashboard.

3.4.1 Головна інформаційна панель (Dashboard)

Головна інформаційна панель є стартовим екраном програмного комплексу. Вона надає узагальнену інформацію про поточний стан транспортних потоків та дозволяє оперативно оцінити ситуацію на підприємстві.

На головній сторінці відображаються:

- кількість транспортних засобів на території;
- кількість транспортних засобів за добу;
- кількість порушень SLA;
- середній час перебування;
- кількість транспортних засобів на КПП;
- останні події системи.

Основною метою Dashboard є забезпечення швидкого доступу до ключових показників роботи системи.

Основні елементи Dashboard:

- 1) Загальна статистика.
- 2) Онлайн-моніторинг транспорту.
- 3) Попередження про порушення SLA.
- 4) Графік транспортних потоків.

5) Панель швидкого пошуку транспортного засобу.

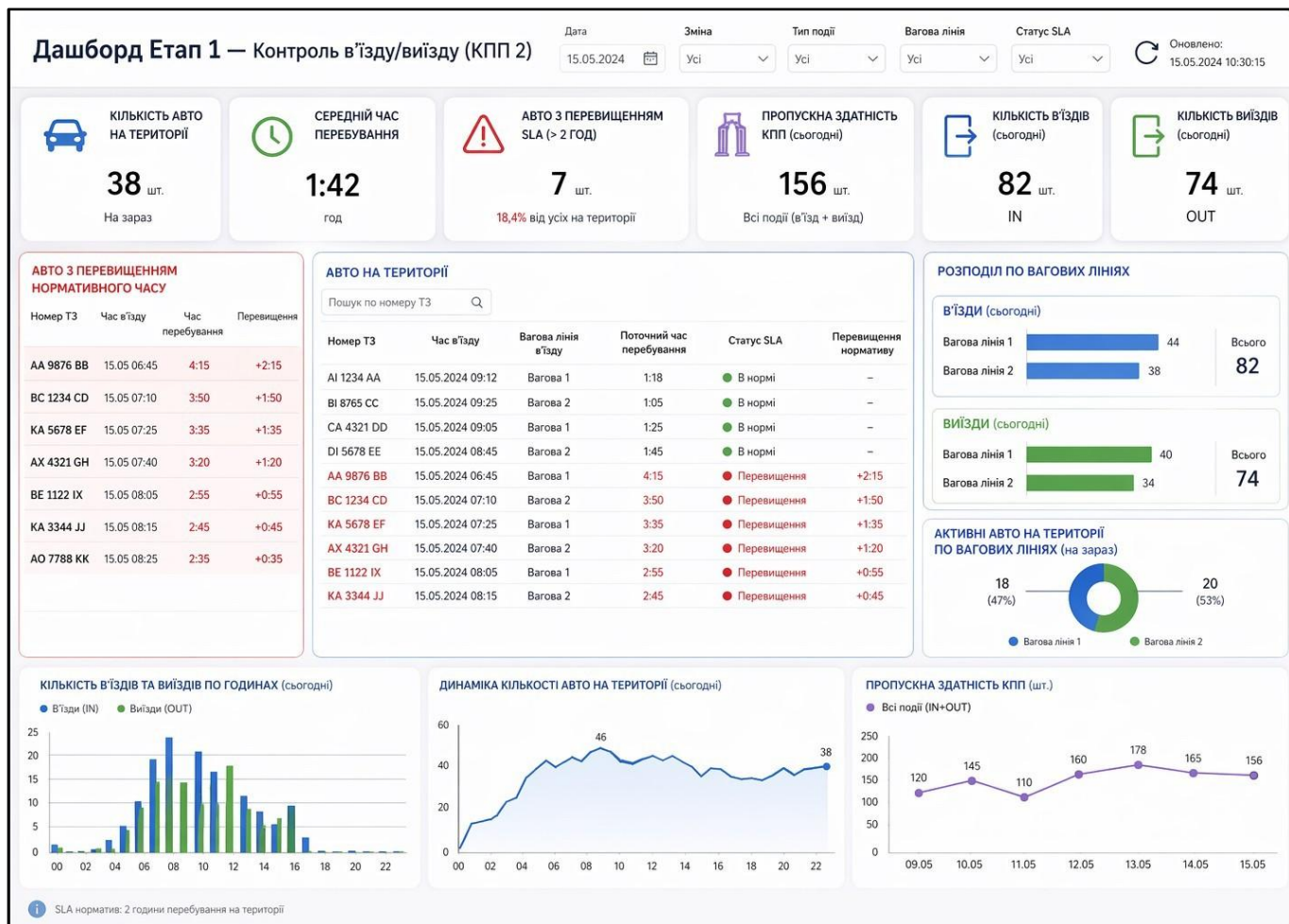


Рисунок 3.8 – Головна інформаційна панель Dashboard

3.4.2 Вікно Active Vehicles

Модуль Active Vehicles призначений для перегляду транспортних засобів, які знаходяться на території підприємства у поточний момент часу.

Цей екран використовується:

- диспетчерами;
- логістами;

- керівниками змін.

Основною перевагою модуля є можливість оперативно контролювати всі транспортні засоби, які перебувають на території підприємства.

Функції екрана

- пошук за номером;
- сортування;
- фільтрація;
- експорт у Excel;
- перехід до історії подій.

Vehicle Control
Моніторинг автотранспорту

Dashboard

Active Vehicles

SLA Violations

KPI Dashboard

Events

Reports

Cameras

Zones

Users

Settings

Версія 1.0.0

Active Vehicles

Диспетчер

Пошук: Введіть номерний знак...

Зона: Всі зони

SLA статус: Всі

Оновлення: Оновити

Plate Number	Entry Time ↓	Current Stay ↓	Zone	SLA Status ↓	Дії
AB1234CD	08:15	95 хв	КПП2	OK	
BC4567DE	07:45	125 хв	Склад	WARNING	
CA7890FG	06:20	210 хв	Цех	VIOLATION	
DA9876HI	09:10	60 хв	КПП1	OK	
EA1357JK	08:50	85 хв	Вагова	OK	
FA2468LM	07:05	150 хв	Склад	WARNING	
GA3690NO	06:40	175 хв	КПП2	VIOLATION	
HA1470PQ	05:55	200 хв	Цех	VIOLATION	

Показано 1–8 із 124 записів

Excel PDF

Всього на території: 124

Рисунок 3.9 – Вікно Active Vehicles

3.4.3 Вікно SLA Violations

Даний екран призначений для моніторингу транспортних засобів, які перевищили встановлений нормативний час перебування на території підприємства.

Інформація відображається автоматично після виконання перевірки модулем SLA.

Екран використовується:

- диспетчерами;
- логістами;
- керівниками підрозділів.

Основні поля

- номер транспортного засобу;
- час в'їзду;
- допустимий норматив;
- фактичний час перебування;
- величина перевищення;
- поточний статус.

Функції

- перегляд порушень;
- сортування за часом перевищення;
- пошук транспортного засобу;
- експорт звіту.

Vehicle Control
Моніторинг автотранспорту

SLA Violations

Пошук: Введіть номерний знак...
Період: 01.05.2026 - 31.05.2026
Зона: Всі зони

Plate ↑↓	Entry ↑↓	Allowed ↑↓	Actual ↑↓	Violation ↑↓	Дії
AB1234CD	08:15	120 хв	180 хв	+60 хв	Деталі
BC4567DE	07:20	120 хв	245 хв	+125 хв	Деталі
CA7890FG	06:10	120 хв	310 хв	+190 хв	Деталі
DA9876HI	05:40	120 хв	205 хв	+85 хв	Деталі
EA1357JK	06:35	120 хв	170 хв	+50 хв	Деталі
FA2468LM	07:05	120 хв	160 хв	+40 хв	Деталі
GA3690NO	08:00	120 хв	195 хв	+75 хв	Деталі

⚠ Загальна кількість порушень: 23

Excel PDF

Останнє оновлення: 31.05.2026 09:42

Рисунок 3.10 – Вікно SLA Violations

3.4.4 KPI Dashboard

KPI Dashboard є інструментом аналітики та використовується керівництвом підприємства для оцінки ефективності логістичних процесів.

Даний екран реалізується засобами Power BI та містить інтерактивні інформаційні панелі.

Основними показниками є:

- кількість транспортних засобів;
- середній час перебування;
- кількість порушень SLA;

- завантаження КПП;
- транспортні потоки по годинах;
- транспортні потоки по днях;
- динаміка перевищень SLA.

Основні аналітичні блоки

- КРІ-картки.
- Лінійні графіки.
- Діаграми навантаження.
- Таблиці деталізації.
- Фільтри по періодах.



Рисунок 3.11 – KPI Dashboard

3.4.5 Розмежування прав доступу

Для забезпечення інформаційної безпеки в системі використовується рольова модель доступу.

Таблиця 3.4 – Права користувачів

Функція	Диспетчер	Логіст	Керівник	Адміністратор
Dashboard	✓	✓	✓	✓
Active Vehicles	✓	✓	✓	✓
SLA Violations	✓	✓	✓	✓
KPI Dashboard	✗	✓	✓	✓
Налаштування системи	✗	✗	✗	✓
Управління користувачами	✗	✗	✗	✓

3.4.6 Вимоги до інтерфейсу

Під час розробки інтерфейсу були сформовані такі вимоги:

- швидке завантаження сторінок;
- підтримка сучасних браузерів;
- адаптивний дизайн;
- інтеграція з Power BI;
- відображення даних у режимі реального часу;
- мінімізація кількості кліків для отримання інформації.

3.4.7 Висновки до підрозділу

У підрозділі було розроблено структуру користувацького інтерфейсу програмного комплексу. Запропоновані екрани Dashboard, Active Vehicles, SLA Violations та KPI Dashboard забезпечують оперативний контроль транспортних потоків, моніторинг порушень нормативного часу перебування та отримання аналітичної інформації для підтримки прийняття управлінських рішень. Реалізований інтерфейс відповідає вимогам сучасних корпоративних інформаційних систем та забезпечує зручну взаємодію користувачів із програмним комплексом.

4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Тестування та оцінка ефективності

Після завершення розробки програмного комплексу було проведено комплексне тестування системи з метою перевірки її працездатності, надійності та відповідності функціональним вимогам.

Основними задачами тестування були:

- перевірка коректності роботи модулів системи;
- перевірка обміну даними між компонентами;
- перевірка роботи бази даних;
- оцінка коректності розрахунку часу перебування транспортних засобів;
- перевірка роботи механізму контролю SLA;
- перевірка формування аналітичної звітності.

Для тестування використовувалися методи функціонального, інтеграційного та навантажувального тестування.

Таблиця 4.1 – Тест-кейси функціонального тестування

ID	Опис тесту	Вхідні дані	Очікуваний результат	Статус
ТС-01	Реєстрація в'їзду	Авто заїжджає на КПП	Створено запис у БД	Пройдено
ТС-02	Реєстрація виїзду	Авто виїжджає з території	Оновлено запис у БД	Пройдено
ТС-03	OCR розпізнавання	Фото номерного знака	Визначено номер авто	Пройдено
ТС-04	Розрахунок часу	В'їзд 08:00, виїзд 10:00	120 хв	Пройдено

Продовження таблиця 4.1

ID	Опис тесту	Вхідні дані	Очікуваний результат	Статус
ТС-05	Контроль SLA	150 хв при нормі 120 хв	Створено порушення	Пройдено
ТС-06	Пошук авто	Номер АВ1234CD	Знайдено запис	Пройдено
ТС-07	Формування звіту	Період за місяць	Звіт сформовано	Пройдено
ТС-08	Експорт Excel	Дані звіту	Файл створено	Пройдено
ТС-09	Авторизація	Логін/пароль	Успішний вхід	Пройдено
ТС-10	Dashboard	Дані KPI	Коректне відображення	Пройдено

Таблиця 4.2 – Інтеграційне тестування

Компонент 1	Компонент 2	Результат
Камера	OCR	Дані передаються
OCR	Backend	Дані обробляються
Backend	SQL Server	Записи створюються
SQL Server	Power BI	Дані відображаються
Backend	Dashboard	Інформація оновлюється

За результатами тестування критичних помилок не виявлено.

4.2 Навантажувальне тестування

Метою навантажувального тестування є перевірка працездатності програмного комплексу при різних обсягах транспортних потоків. Для оцінки продуктивності було змодельовано три сценарії роботи підприємства.

1) Сценарій №1 – 30 автомобілів на добу

Характеризує невелике виробниче підприємство.

Параметри:

- 30 транспортних засобів;
- близько 60 подій;
- до 5 одночасних користувачів.

Результат:

- середній час обробки події — 0,2 секунди;
- навантаження процесора — до 10%;
- помилок не виявлено.

2) Сценарій №2 – 50 автомобілів на добу

Характеризує середнє підприємство.

Параметри:

- 50 транспортних засобів;
- близько 100 подій;
- до 10 одночасних користувачів.

Результат:

- середній час обробки події — 0,3 секунди;
- навантаження процесора — до 15%;
- система працює стабільно.

3) Сценарій №3 – 100 автомобілів на добу

Характеризує підприємство з інтенсивним рухом транспорту.

Параметри:

- 100 транспортних засобів;
- понад 200 подій;
- до 20 одночасних користувачів.

Результат:

- середній час обробки події — 0,5 секунди;
- навантаження процесора — до 25%;
- критичних помилок не виявлено.

Таблиця 4.3 – Результати навантажувального тестування

Показник	30 авто	50 авто	100 авто
Подій на добу	60	100	200
Час обробки події	0,2 сек	0,3 сек	0,5 сек
Завантаження CPU	10%	15%	25%
Помилки	0	0	0
Стабільність	Висока	Висока	Висока

Результати тестування підтверджують можливість використання системи без втрати продуктивності навіть при збільшенні кількості транспортних засобів більш ніж у три рази.

4.3 Аналіз KPI

Для оцінки ефективності впровадження програмного комплексу було проведено аналіз ключових показників ефективності до та після автоматизації процесу.

Таблиця 4.4 – KPI до впровадження

KPI	Значення
Середній час перебування	180 хв
Час пошуку інформації	10 хв
Порушення SLA	20%
Точність обліку	80%
Пропускна здатність КПП	30 авто/день

Таблиця 4.5 – KPI після впровадження

KPI	Значення
Середній час перебування	120 хв
Час пошуку інформації	1 хв
Порушення SLA	8%
Точність обліку	98%
Пропускна здатність КПП	50 авто/день

Таблиця 4.6 – Порівняння показників

KPI	До	Після	Покращення
Середній час перебування	180 хв	120 хв	-33%
Час пошуку інформації	10 хв	1 хв	-90%
Порушення SLA	20%	8%	-60%
Точність обліку	80%	98%	+18%
Пропускна здатність	30 авто	50 авто	+67%

Отримані результати демонструють суттєве підвищення ефективності логістичних процесів після впровадження системи.

4.4 Економічний ефект від впровадження програмного комплексу

Одним із ключових критеріїв оцінки доцільності впровадження інформаційної системи є її економічна ефективність. Впровадження програмного комплексу контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві дозволяє не лише автоматизувати процеси обліку транспортних засобів, але й суттєво знизити експлуатаційні витрати підприємства.

Основний економічний ефект досягається за рахунок:

- скорочення часу простою транспортних засобів;
- зменшення черг на контрольно-пропускних пунктах;
- скорочення трудовитрат персоналу;
- підвищення точності обліку транспортних потоків;
- зниження кількості помилок ручного введення даних;
- підвищення пропускної здатності підприємства.

Для оцінки економічної доцільності проєкту було виконано розрахунок витрат на його реалізацію та очікуваного економічного ефекту від впровадження.

4.4.1 Вартість реалізації проєкту

Вартість проєкту визначена на основі трудовитрат спеціалістів, які брали участь у розробці та впровадженні програмного комплексу.

До складу команди входили:

- Technology Manager;
- Research Engineer;
- Solution Architect;
- Analyst;
- Security Analyst;
- Program Manager;
- Azure Data Engineer.

Сумарна вартість виконання робіт представлена в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Витрати на реалізацію проєкту

Показник	Значення
Вартість розробки та впровадження	576 000 грн
Тип витрат	Одноразові капітальні витрати
Тривалість проєкту	3–4 місяці
Кількість спеціалістів	8 осіб

Таким чином, початкові інвестиції у створення програмного комплексу становлять 576 тис. грн.

4.4.2 Скорочення простоїв транспорту

Однією з основних проблем існуючого процесу є тривале перебування транспортних засобів на території підприємства через відсутність оперативного контролю та аналітики.

До впровадження системи середній час перебування одного транспортного засобу на території підприємства складав: 180 хвилин

Після впровадження: 120 хвилин

Економія становить: 60 хвилин на один автомобіль або 33 %

Завдяки зменшенню часу перебування автомобілів підприємство отримує можливість обслуговувати більшу кількість транспорту без додаткових витрат на інфраструктуру.

4.4.3 Скорочення витрат на обробку інформації

До впровадження системи значна частина операцій виконувалася вручну:

- ведення журналів обліку;
- перевірка часу перебування;
- пошук інформації про транспортні засоби;
- підготовка звітності.

Після автоматизації більшість цих операцій виконується автоматично, що дозволяє скоротити трудовитрати диспетчерів та логістів.

Таблиця 4.9 – Економія трудових ресурсів

Показник	Значення
Скорочення трудовитрат	40 год/міс
Середня вартість години роботи	300 грн
Щомісячна економія	12 00 грн

4.4.4 Підвищення пропускної здатності КПП

Автоматичне розпізнавання номерних знаків значно скорочує час реєстрації транспортних засобів на контрольно-пропускному пункті.

Таблиця 4.10 – Зміна пропускної здатності

Показник	До впровадження	Після впровадження
Автомобілів на добу	60	100
Приріст	—	67 %

Підвищення пропускної здатності дозволяє підприємству обслуговувати більший транспортний потік без збільшення чисельності персоналу.

4.4.5 Розрахунок щомісячного економічного ефекту

Для оцінки економічної ефективності було визначено основні джерела економії.

Таблиця 4.11 – Щомісячний економічний ефект

Джерело економії	Економія, грн/міс
Скорочення простоїв транспорту	28 000
Скорочення трудовитрат персоналу	12 000
Зменшення кількості помилок та повторних операцій	6 000
Скорочення адміністративних витрат	6 364
Загальний економічний ефект	52 364

Таким чином, очікуваний економічний ефект від впровадження системи становить 52 364 грн на місяць.

4.4.6 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності визначається як відношення загальної вартості проєкту до середнього щомісячного економічного ефекту.

Таблиця 4.12 – Розрахунок окупності проєкту

Показник	Значення
Вартість проєкту	576 000 грн
Щомісячний економічний ефект	52 364 грн
Термін окупності	11 місяців

Отриманий результат свідчить про те, що інвестиції у впровадження програмного комплексу повністю повертаються протягом 11 місяців експлуатації.

4.4.7 Річний економічний ефект

Для оцінки довгострокової ефективності було визначено річний економічний результат.

Таблиця 4.13 – Річний економічний ефект

Показник	Значення
Щомісячний ефект	52 364 грн
Річний ефект	628 368 грн
Вартість проєкту	576 000 грн
Чистий ефект за перший рік	52 368 грн

Після завершення періоду окупності система починає приносити чистий економічний ефект підприємству.

4.5 Результат економічного аналізу

Проведений економічний аналіз показав, що впровадження програмного комплексу є економічно доцільним. Загальна вартість реалізації проєкту становить 576 тис. грн, а очікуваний економічний ефект складає 52,4 тис. грн на місяць. За таких умов термін окупності системи становить 11 місяців.

Основними джерелами економії є скорочення простоїв транспортних засобів, зменшення трудовитрат персоналу, підвищення точності обліку та збільшення пропускної здатності контрольно-пропускних пунктів. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження розробленого програмного комплексу на промислових підприємствах.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено програмний комплекс для контролю та фіксації часу знаходження автівок на підприємстві, який забезпечує автоматизований облік транспортних засобів, контроль часу їх перебування на території підприємства та формування аналітичної звітності.

У ході виконання роботи було проведено аналіз предметної області, досліджено існуючі підходи до автоматизації логістичних процесів та визначено функціональні вимоги до системи. На основі проведеного аналізу була розроблена архітектура програмного комплексу, побудовано UML-діаграми, спроектовано базу даних та визначено структуру програмних модулів.

Для реалізації системи було обрано сучасний технологічний стек, що включає ASP.NET Core, Entity Framework Core, Microsoft SQL Server, OpenCV, OCR та Power BI. Такий вибір забезпечує високу продуктивність, масштабованість та можливість інтеграції з корпоративними інформаційними системами підприємства.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було:

- розроблено архітектуру програмного комплексу;
- створено інформаційну модель системи;
- спроектовано структуру бази даних;
- розроблено модулі камер, OCR, бізнес-логіки, контролю SLA та звітності;
- спроектовано користувацький інтерфейс;
- виконано тестування та оцінку ефективності рішення.

Результати тестування підтвердили стабільну роботу системи та коректність функціонування всіх її компонентів. Навантажувальне тестування показало, що система успішно працює при обробці від 30 до 100 автомобілів на добу без втрати продуктивності.

Порівняльний аналіз KPI продемонстрував позитивний ефект від автоматизації процесів. Зокрема, середній час перебування транспортних засобів скоротився з 180 до 120 хвилин, кількість порушень SLA зменшилася більш ніж удвічі, а пропускна здатність КПП збільшилася на 67%.

Практична цінність розробленого програмного комплексу полягає у можливості його використання на промислових підприємствах для автоматизації контролю транспортних потоків, підвищення ефективності логістичних процесів та скорочення витрат, пов'язаних із простоєм транспорту.

Подальший розвиток системи може бути пов'язаний із:

- використанням алгоритмів штучного інтелекту для підвищення точності розпізнавання номерних знаків;
- інтеграцією з ERP-системами підприємства;
- розробкою мобільного застосунку для диспетчерів;
- інтеграцією з ваговими комплексами;
- впровадженням прогнозної аналітики для управління транспортними потоками.

Таким чином, поставлена мета кваліфікаційної роботи була повністю досягнута, а розроблений програмний комплекс може бути використаний як ефективний інструмент цифровізації логістичних процесів сучасного промислового підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution. New York : Crown Business, 2017. 192 p.
2. Newman, S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. 2nd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2021. 614 p.
3. Beyer, B.; Jones, C.; Petoff, J.; Murphy, N. R. Site Reliability Engineering: How Google Runs Production Systems. Sebastopol : O'Reilly Media, 2016. 550 p.
4. Morris, K. Infrastructure as Code: Managing Servers in the Cloud. 2nd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2020. 416 p.
5. Turnbull, J. The Art of Monitoring. Docker, 2014. 350 p.
6. Sommerville, I. Software Engineering. 10th ed. Boston : Pearson, 2016. 816 p.
7. Fowler, M. Patterns of Enterprise Application Architecture. Boston : Addison-Wesley, 2002. 533 p.
8. Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; Vlissides, J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Boston : Addison-Wesley, 1994. 395 p.
9. Pressman, R. S.; Maxim, B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. 9th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2019. 880 p.
10. Elmasri, R.; Navathe, S. Fundamentals of Database Systems. 7th ed. Boston : Pearson, 2016. 1272 p.
11. Kimball, R.; Ross, M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. 3rd ed. Indianapolis : Wiley, 2013. 600 p.
12. Redmon, J.; Farhadi, A. YOLOv3: An Incremental Improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767. 2018.
13. Bradski, G.; Kaehler, A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. Sebastopol : O'Reilly Media, 2008. 571 p.

14. Microsoft Corporation. Power BI Documentation. URL: <https://learn.microsoft.com/power-bi/>
15. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL Documentation. URL: <https://www.postgresql.org/docs/>
16. ISO/IEC 25010:2011. Systems and Software Engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and Software Quality Models. Geneva : ISO, 2011.
17. OMG. Unified Modeling Language (UML) Specification. URL: <https://www.omg.org/spec/UML/>

ДОДАТОК А. ВІДОМОСТІ РОБОТИ

Таблиця А.1 – Відомості роботи

Формат	№ п/п	Назва документу	Найменування об'єкту або шифр документу	Кількість сторінок
A4	1	Пояснювальна записка	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.00.00.00.ПЗ	114
Графічна частина				
A4	2	Архітектура програмного комплексу	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.01.00.00.ПЛ	1
A4	3	UML Use Case Diagram	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.02.00.00.ПЛ	1
A4	4	Діаграма діяльності	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.03.00.00.ПЛ	1
A4	5	Діаграма класів	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.04.00.00.ПЛ	1
A4	6	ER-діаграма бази даних	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.05.00.00.ПЛ	1
A4	7	DFD-діаграма потоків даних	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.06.00.00.ПЛ	1
A4	8	Інтерфейс Dashboard	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.07.00.00.ПЛ	1
A4	9	Інтерфейс Active Vehicles	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.08.00.00.ПЛ	1
A4	10	Інтерфейс SLA Violations	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.09.00.00.ПЛ	1
A4	11	Інтерфейс KPI Dashboard	КІНТЕХАД.КН-22-1Б.10.00.00.ПЛ	1

ДОДАТОК Б. ГЛОСАРІЙ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ТА ФІКСАЦІЇ ЧАСУ ЗНАХОДЖЕННЯ АВТІВОК НА ПІДПРИЄМСТВІ

Глосарій містить основні терміни та визначення, які використовуються під час проектування, розробки та експлуатації програмного комплексу контролю транспортних засобів на території підприємства.

Таблиця Б.1 – Глосарій предметної області

Термін	Визначення
Автоматизована система	Програмно-технічний комплекс, призначений для автоматизації процесів збору, обробки та аналізу інформації.
Автомобіль (транспортний засіб)	Об'єкт контролю системи, який в'їжджає та виїжджає з території підприємства.
ANPR (Automatic Number Plate Recognition)	Технологія автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.
Backend	Серверна частина програмного комплексу, що реалізує бізнес-логіку та взаємодію з базою даних.
База даних (БД)	Організована сукупність даних, що використовується для зберігання інформації про транспортні засоби, події та користувачів.
Бізнес-процес	Послідовність взаємопов'язаних дій, спрямованих на досягнення певного результату в діяльності підприємства.
В'їзд	Подія перетину транспортним засобом контрольно-пропускного пункту при потраплянні на територію підприємства.
Виїзд	Подія перетину транспортним засобом контрольно-пропускного пункту при залишенні території підприємства.
Відеопотік	Безперервна послідовність відеокadrів, що надходять від камери спостереження.
Dashboard	Інформаційна панель, що відображає основні показники роботи системи в режимі реального часу.

Продовження таблиця Б.1

Термін	Визначення
DFD (Data Flow Diagram)	Діаграма потоків даних, яка відображає рух інформації між компонентами системи.
Entity Framework Core	ORM-фреймворк для роботи з базою даних через об'єктну модель .NET.
ERP-система	Корпоративна інформаційна система для управління ресурсами підприємства.
Event (Подія)	Зафіксований факт дії або зміни стану транспортного засобу в системі.
KPI (Key Performance Indicator)	Ключовий показник ефективності діяльності підприємства або бізнес-процесу.
Контрольно-пропускний пункт (КПП)	Спеціально обладнане місце для контролю в'їзду та виїзду транспортних засобів.
Логіст	Працівник підприємства, який контролює транспортні потоки та логістичні процеси.
Моніторинг	Безперервне спостереження за станом об'єктів або процесів.
OCR (Optical Character Recognition)	Технологія оптичного розпізнавання тексту та символів на зображенні.
OpenCV	Бібліотека комп'ютерного зору для обробки зображень та відео.
Power BI	Програмний продукт для бізнес-аналітики та візуалізації даних.
Пропускна здатність	Максимальна кількість транспортних засобів, які можуть бути оброблені за певний проміжок часу.
Реєстрація транспортного засобу	Процес створення запису про автомобіль у базі даних системи.
Роль користувача	Набір прав доступу та функцій, доступних користувачу системи.
SLA (Service Level Agreement)	Нормативний або допустимий час перебування транспортного засобу на території підприємства.
SQL Server	Система управління реляційними базами даних компанії Microsoft.
Транспортний потік	Сукупність транспортних засобів, що переміщуються через контрольовану територію.
UML (Unified Modeling Language)	Мова графічного моделювання програмних систем.

Продовження таблиця Б.1

Термін	Визначення
Use Case	Варіант використання системи певним користувачем для виконання конкретного завдання.
Vehicle	Сутність бази даних, що містить інформацію про транспортний засіб.
Violation	Запис про порушення нормативного часу перебування транспортного засобу.
Зона підприємства	Визначена територія підприємства (КПП, склад, виробнича ділянка тощо), в якій може перебувати транспортний засіб.
Інтерфейс користувача	Сукупність елементів взаємодії користувача із програмним комплексом.
Інформаційна система	Організаційно-технічна система для збору, обробки, зберігання та передачі інформації.
Камера відеоспостереження	Пристрій для отримання зображення транспортних засобів та передачі його до системи розпізнавання.
Час перебування	Інтервал часу між в'їздом та виїздом транспортного засобу з території підприємства.
Цифровізація	Впровадження цифрових технологій для підвищення ефективності бізнес-процесів.

ДОДАТОК В. SQL-СХЕМА БАЗИ ДАНИХ

```
CREATE DATABASE VehicleControlDB;  
GO
```

```
USE VehicleControlDB;  
GO
```

```
CREATE TABLE Vehicles (  
    VehicleId INT IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
    PlateNumber NVARCHAR(20) NOT NULL,  
    VehicleType NVARCHAR(50),  
    EntryTime DATETIME NOT NULL,  
    ExitTime DATETIME NULL,  
    CurrentStatus NVARCHAR(30) NOT NULL,  
    TotalStayTime INT NULL  
);
```

```
CREATE TABLE Cameras (  
    CameraId INT IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
    CameraName NVARCHAR(100) NOT NULL,  
    Location NVARCHAR(100),  
    Direction NVARCHAR(20),  
    IPAddress NVARCHAR(50),  
    Status NVARCHAR(20)  
);
```

```
CREATE TABLE Zones (  
    ZoneId INT IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,
```

```
ZoneName NVARCHAR(100) NOT NULL,  
ZoneType NVARCHAR(50),  
Description NVARCHAR(255),  
SLALimit INT  
);
```

```
CREATE TABLE Users (  
    UserId INT IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
    UserName NVARCHAR(100) NOT NULL,  
    PasswordHash NVARCHAR(255) NOT NULL,  
    Role NVARCHAR(50) NOT NULL,  
    LastLogin DATETIME NULL,  
    Status NVARCHAR(20)  
);
```

```
CREATE TABLE Events (  
    EventId INT IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
    VehicleId INT NOT NULL,  
    CameraId INT NULL,  
    ZoneId INT NULL,  
    EventType NVARCHAR(30) NOT NULL,  
    EventTime DATETIME NOT NULL,  
    Direction NVARCHAR(10),  
    Description NVARCHAR(255),
```

```
CONSTRAINT FK_Events_Vehicles
```

```
    FOREIGN KEY (VehicleId) REFERENCES Vehicles(VehicleId),
```

```
CONSTRAINT FK_Events_Cameras
```

```
    FOREIGN KEY (CameraId) REFERENCES Cameras(CameraId),
```

```
CONSTRAINT FK_Events_Zones
    FOREIGN KEY (ZoneId) REFERENCES Zones(ZoneId)
);

CREATE TABLE Violations (
    ViolationId INT IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,
    VehicleId INT NOT NULL,
    EventId INT NULL,
    AllowedTime INT NOT NULL,
    ActualTime INT NOT NULL,
    ViolationTime INT NOT NULL,
    CreatedAt DATETIME NOT NULL DEFAULT GETDATE(),

    CONSTRAINT FK_Violations_Vehicles
        FOREIGN KEY (VehicleId) REFERENCES Vehicles(VehicleId),

    CONSTRAINT FK_Violations_Events
        FOREIGN KEY (EventId) REFERENCES Events(EventId)
);
```

ДОДАТОК Г. ПРИКЛАДИ ЗАПОВНЕННЯ ТАБЛИЦЬ

1. Приклади заповнення таблиць:

Приклад додавання камери:

```
INSERT INTO Cameras
(CameraName, Location, Direction, IPAddress, Status)
VALUES
('cam01', 'КПП2 - виїзд', 'OUT', '192.168.1.101', 'Active');
```

Приклад додавання зони:

```
INSERT INTO Zones
(ZoneName, ZoneType, Description, SLALimit)
VALUES
('КПП2', 'Контрольна зона', 'Основний пункт в'їзду та виїзду вантажного транспорту', 120);
```

Приклад реєстрації транспортного засобу:

```
INSERT INTO Vehicles
(PlateNumber, VehicleType, EntryTime, CurrentStatus)
VALUES
('AB1234CD', 'Вантажний автомобіль', GETDATE(), 'На території');
```

Приклад створення події:

```
INSERT INTO Events
(VehicleId, CameraId, ZoneId, EventType, EventTime, Direction, Description)
VALUES
(1, 1, 1, 'Entry', GETDATE(), 'IN', 'Зафіксовано в'їзд транспортного засобу');
```

Приклад фіксації порушення SLA:

```
INSERT INTO Violations
(VehicleId, EventId, AllowedTime, ActualTime, ViolationTime)
VALUES
(1, 1, 120, 165, 45);
```

2. Приклад запиту для розрахунку часу перебування:

```
SELECT
    VehicleId,
    PlateNumber,
    EntryTime,
    ExitTime,
    DATEDIFF(MINUTE, EntryTime, ExitTime) AS TotalStayMinutes
FROM Vehicles
WHERE ExitTime IS NOT NULL;
```

3. Приклад запиту для пошуку активних авто:

```
SELECT
    VehicleId,
    PlateNumber,
    EntryTime,
    CurrentStatus
FROM Vehicles
WHERE CurrentStatus = 'На території';
```

4. Приклад запиту для контролю SLA:

```
SELECT
    VehicleId,
    PlateNumber,
    EntryTime,
    DATEDIFF(MINUTE, EntryTime, GETDATE()) AS CurrentStayTime
FROM Vehicles
WHERE
    CurrentStatus = 'На території'
    AND DATEDIFF(MINUTE, EntryTime, GETDATE()) > 120;
```