

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

"Допущений до захисту"

Завідувач кафедри ІУСТ



к.т.н, доц. Михелєв І.Л.

" ____ " _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти "магістр"

на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

Виконав: студент групи 6144м



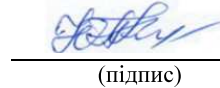
Покровський М.В.

(підпис)

Керівник роботи:

професор каф. ІУСТ, д.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь вчене звання)



Казимиренко Ю.О.

(підпис)

м. Миколаїв – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами

Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

Спеціальність 126 "Інформаційні системи та технології"

Освітня програма "Інформаційні системи та технології"

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Гарант освітньої програми

к.т.н, доц. Чернова Лб.С.

" ____ " ____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти "магістр"

Студенту Покровському Михайлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження технологій розробки інтелектуальних транспортних систем

Керівник роботи Казимиренко Юлія Олексіївна

Затверджені наказом ректора № 1055-уч. від "08" жовтня 2024 року.

2. Термін подання роботи: 15 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Провести дослідження інформаційних технологій для побудови інтелектуальних транспортних систем. Розробити математичну модель для оптимізації параметрів громадського транспорту.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

1. Інтелектуальні транспортні системи; 2. Система розумного громадського транспорту; 3. Платформа для моніторингу транспортних засобів; 4. Розробка математичної моделі для оптимізації параметрів міського електротранспорту; 5. Техніко-економічне обґрунтування; 6. Охорона праці та навколишнього середовища

5. Перелік презентаційних матеріалів 1. Загальний вигляд ІТС; 2. Додатки ІТС; 3. Архітектура ІТС; 4. Архітектура системи розумного громадського транспорту; 5. Мережа зв'язку системи розумного громадського транспорту; 6. Web-платформа для моніторингу транспортних засобів; 7. Маршрути тролейбусів; 8. Математична модель для оптимізації параметрів міського електротранспорту; 9. Вихідні дані в середовищі MS Excel; 10. Розподіл моделей тролейбусів до і після оптимізації; 11. Параметри руху тролейбусів на маршрутах до і після оптимізації

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Казимиренко Ю.О., професор	05.09.2023	22.12.2023
2	Казимиренко Ю.О., професор	23.12.2023	15.06.2024
3	Казимиренко Ю.О., професор	15.06.2024	25.09.2024
4	Казимиренко Ю.О., професор	25.09.2024	14.11.2024
5	Казимиренко Ю.О., професор	25.09.2024	14.11.2024
6	Казимиренко Ю.О., професор	25.09.2024	14.11.2024

7. Дата видачі завдання 05 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження та аналіз предметної галузі	22.12.2023	Виконано
2	Розробка концепції	15.03.2024	Виконано
3	Розділ з розробки проектних рішень по системі (та її частинах)	15.06.2024	Виконано
4	Реалізація проекту та розробка робочої документації	25.09.2024	Виконано
5	Обчислення економічної ефективності	14.11.2024	Виконано
6	Вирішення питань охорони праці та навколишнього середовища	14.11.2024	Виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	14.11.2024	Виконано
8	Подання магістерської роботи на перевірку на плагіат	16.11.2024	Виконано
9	Подання магістерської роботи рецензенту	20.11.2024	Виконано
10	Подання магістерської роботи на державний захист	15.12.2024	Виконано

Студент


(підпис)

Покровський М.В.

(ПІБ)

Керівник роботи


(підпис)

Казимиренко Ю.О.

(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається із 6 розділів та нараховує 94 сторінок, 10 таблиць, 22 рисунків та 43 джерела.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню технологій розробки інтелектуальних транспортних систем. Інтелектуальні транспортні системи охоплюють широкий спектр інформаційних, дорожніх, навігаційних, автомобільних систем, а також систем страхування і контролю за транспортним засобом/водієм і багато інших систем, що використовують дані, щоб створити «інтелектуальні» рішення в галузі транспорту. Транспортні моделі, побудовані на сучасних інформаційних технологіях, являють собою досить складні обчислювальні програмні комплекси, які на основі функціонально-просторових характеристик міста в сукупності з усіма наявними даними про транспортний попит і пропозицію розраховують найімовірніший розподіл транспортних і пасажирських потоків вуличної дорожньої мережі.

Метою кваліфікаційної роботи є побудова концепту інтелектуальної транспортної системи.

Об'єктом дослідження є сучасні інформаційні технології для створення інтелектуальних транспортних систем, які дозволяють значно поліпшити транспортно-пасажирську ситуацію в сучасних містах.

Предметом дослідження є окремі апаратні та програмні рішення, які можуть використовуватись в інтелектуальних транспортних системах.

Ключові слова: інтелектуальна транспортна система, інформаційні технології, моніторинг транспортних засобів, математична модель, оптимізація перевезень.

ABSTRACT

The qualification work consists of 6 sections and has 94 pages, 10 tables, 22 figures and 43 sources.

The qualification work is devoted to the study of technologies for the development of intelligent transportation systems. Intelligent transportation systems cover a wide range of information, road, navigation, automotive systems, as well as insurance and vehicle/driver control systems and many other systems that use data to create "intelligent" solutions in the field of transport. Transport models built on modern information technologies are quite complex computational software complexes that, based on the functional and spatial characteristics of the city in conjunction with all available data on transport demand and supply, calculate the most likely distribution of transport and passenger flows of the street road network.

The purpose of the qualification work is to build the concept of an intelligent transportation system.

The object of the study is modern information technologies for creating intelligent transportation systems, which allow significantly improving the transport and passenger situation in modern cities.

The subject of the study is individual hardware and software solutions that can be used in intelligent transportation systems.

Keywords: intelligent transport system, information technology, vehicle monitoring, mathematical model, transportation optimization.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ.....	10
1.1. Загальна будова інтелектуальних транспортних систем.....	10
1.2. Інтелектуальні транспортні комунікаційні технології.....	16
1.3. Архітектура інтелектуальної транспортної системи.....	19
1.4. Вплив інноваційних технологій на інтелектуальні транспортні системи	23
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА РОЗУМНОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	27
2.1. Роль датчиків IoT у підвищенні міської мобільності	27
2.2. Вибір технологій для системи розумного громадського транспорту	30
2.3. Архітектура системи розумного громадського транспорту.....	33
2.4. Мережа зв'язку системи розумного громадського транспорту	38
РОЗДІЛ 3. ПЛАТФОРМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ....	42
3.1. Основні поняття	42
3.2. Система моніторингу Wialon Hosting.....	47
3.3. Система управління Wialon Hosting	51
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ	55
4.1. Постановка проблеми.....	55
4.2. Математична модель	61
4.3. Розв'язання задачі оптимізації	67
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	73
5.1. Загальні положення	73
5.2. Розрахунок економічної ефективності	74
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	78
6.1. Правове регулювання охорони праці в Україні	78
6.2. Значення охорони праці у роботі фахівців з інформаційних технологій	79
6.3. Інформаційна культура як важлива складова в управлінні охорони праці ..	81
6.4. Вдосконалення охорони праці фахівців з інформаційних технологій.....	84
6.5. Охорона навколишнього середовища.....	86
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

DSRC – Data Short-Range Communication
FTPS – протокол безпечної передачі файлів
GNSS – Global Navigation Satellite System
HTTPS – захищений протокол передачі гіпертексту
I2N – Infrastructure-to-Network
IoT – Internet of Things
LPWAN – Low-Power Wide-Area Network
M2M – Machine-to-Machine
NFC – Near-Field Communication
OBU – On-Board Unit
RFID – Radio Frequency IDentification
RSU – Roadside Unit
V2I – Vehicle-to-Infrastructure
V2N – Vehicle-to-Network
V2P – Vehicle-to-Pedestrian
V2V – Vehicle-to-Vehicle
V2X – Vehicle-to-Everything
VRU – Vulnerable Road User
АСУ – автоматизована система управління
ДТП – дорожньо-транспортна пригода
ІТС – інтелектуальна транспортна система
КІТС – кооперативні інтелектуальні транспортні системи

ВСТУП

Розвиток систем регулювання транспортного потоку розпочався у 1868 році в Лондоні, де запалювалися червоні та зелені вогні. У цій системі червоний означав «зупинка», зелений – «рух», а світлофори працювали на газу. Дорожній трафік різко зріс із винаходом автомобілів, оскільки міста стали більш перенаселеними з розвитком індустріалізації на початку 1900-х років. Перші в світі електричні світлофори запрацювали у 1914 року – лампи були кольорові, а також було звукове попередження незадовго до зміни кольору. Інтелектуальна транспортна система (ІТС) – це система, яка використовує інформаційні та комунікаційні технології для експлуатації та управління інфраструктурою дорожньої мережі, яка включає міжміські та міські дороги. Коли наприкінці 1960-х років були досліджені основи ІТС, у Японії з'явилися комплексні системи управління автомобільним рухом і системи електронного орієнтування на маршруті у США та Німеччині. Після цих років додатки ІТС почали набувати широкого поширення в середині 1980-х років. Вони вперше були впроваджені в 1990-х роках з такими додатками, як електронні системи збору плати, інтелектуальні системи контролю перехресть, інформаційні системи для пасажирів і водіїв і центри керування дорожнім рухом. Після того, як дослідження в міжнародному масштабі почали набувати значення, перший конгрес ІТС відбувся в Парижі в 1994 році і з того часу продовжував проводитися регулярно в іншій країні щороку. В результаті цієї діяльності та академічних досліджень ІТС країни почали створювати власні організації ІТС відповідно до отриманих знань, нових технологічних розробок і потреб. Окрім організацій, створених на національному рівні, є регіональні організації, такі як European Road Transport Telematics Implementation Coordination, ITS America та ITS Asia Pacific [1].

Безпека ІТС-додатків має важливе значення з точки зору виявлення факторів загрози. Потенційні загрози безпеці включають злочинні угруповання, розвідувальні дії інших держав, хакерів, кібертерористів і стихійні лиха. Потенційний вплив на громадську безпеку та функціональність системи критичного характеру транспортної інфраструктури та порушення безпеки є дуже

важливими для безпеки ІТС. Захист конфіденційних даних, таких як інформація про транспортні потоки, дані про місцезнаходження транспортного засобу, особиста інформація про пасажирів, контроль доступу та безпечні протоколи передачі даних, повинні підтримувати цілісність і конфіденційність даних. Дуже важливо захистити комунікаційні мережі, які з'єднують різні компоненти. Щоб запобігти несанкціонованому втручанню або маніпуляціям, життєво важливо забезпечити безпеку та цілісність систем. Обслуговування фізичної інфраструктури, такої як шафи керування світлофорами, камери спостереження та придорожні датчики, має важливе значення. Створення надійних та стійких систем має вирішальне значення для захисту операцій від кібератак або системних збоїв. Щоб запобігти несанкціонованому доступу, необхідно перевіряти користувачів і пристрої, які отримують доступ. Щоб мінімізувати вплив подій безпеки, дуже важливо визначити надійні процедури реагування на події та відновлення.

З цієї причини країни, що розвивають ІТС, повинні зробити планування ІТС безпечним, економічним, екологічно чистим, орієнтованим на рішення та зручним для користувача, керуючись поглядами зацікавлених сторін ІТС і цілями відповідних національних міністерств.

РОЗДІЛ 1. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

1.1. Загальна будова інтелектуальних транспортних систем

ІТС було розроблено, щоб скоротити час у дорозі, підвищити безпеку дорожнього руху, ефективно використовувати існуючу пропускну здатність доріг, підвищити мобільність, ефективно використовувати енергію та зменшити шкоду навколишньому середовищу за допомогою різноманітного обміну даними між користувачами, транспортними засобами, інфраструктурою та навколишнім середовищем. Крім того, системи, засновані на інформаційному зв'язку, включають в себе центральні механізми вимірювання параметрів транспортних засобів, аналізу та контролю дорожньої ситуації. ІТС спрямована на мінімізацію помилок, спричинених людиною. Крім того, можна запобігти втраті часу, пов'язаній із дорожнім рухом, аваріям зі смертельними наслідками та травмами, фінансовим збиткам, забрудненню повітря та багатьом подібним негативним ситуаціям. Загальний вигляд ІТС та її застосування в містах показано на рис. 1.1. [2]

ІТС – це інтегрована транспортна система, що підтримується інформаційно-комунікаційними технологіями. ІТС охоплює стійкі, безпечні та взаємопов'язані транспортні системи, включаючи трамваї, автобуси, метро, автомобілі, морський та повітряний транспорт, пішоходів, велосипедистів, мотоциклістів та інших учасників дорожнього руху. В ІТС існує два основних види вузлів: бортові пристрої транспортних засобів (On-Board Unit – OBU) і пристрої дорожньої інфраструктури (Roadside Unit – RSU). Ці вузли утворюють спеціальну мережу та взаємодіють один з одним за допомогою або безпосереднього зв'язку, або зв'язку з проміжними вузлами. OBU – це електронний пристрій, встановлений у транспортному засобі, який записує дані про дорожній рух і процес водіння та може підключатися до дорожньої інфраструктури та супутникової навігаційної системи. OBU зазвичай використовуються для автоматизованого виставлення

рахунків і реєстрації плати за проїзд, , але також можуть використовуватися для додаткових послуг.

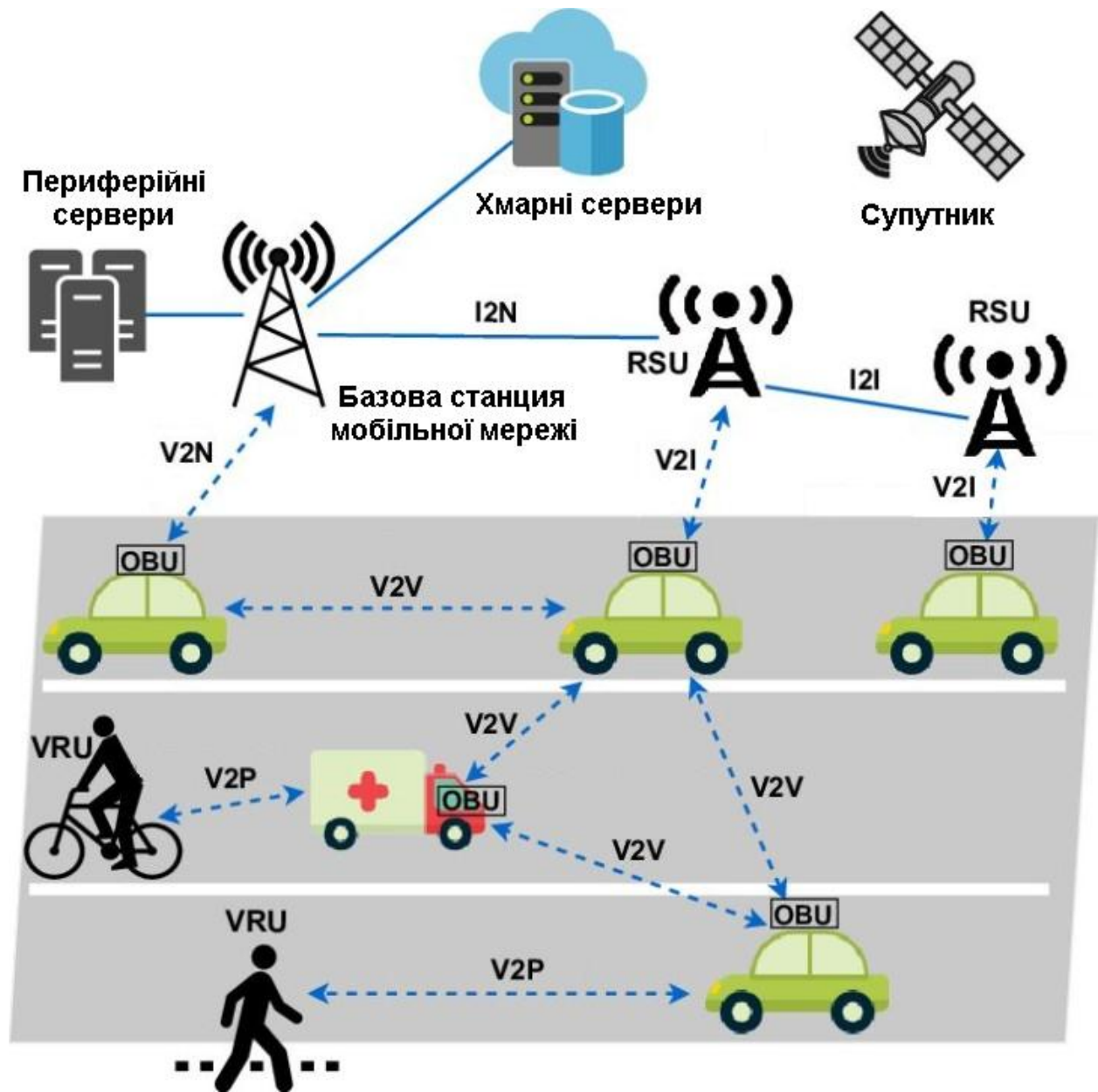


Рис. 1.1. Загальний вигляд ІТС

Наприклад, ОБУ можна використовувати для діагностики та зберігання даних для надзвичайних ситуацій, планування маршруту та навігації. RSU збирають дані про дорожній рух із статичної зони зондування вздовж дороги та передають ці дані на пристрої керування дорожнім рухом, а також у центральний центр керування дорожнім рухом. Ці пристрої також служать джерелом інформації

для інтелектуальних транспортних засобів для збирання майбутньої інформації про дорожній рух. Наведемо декілька прикладів інформації, яку можуть забезпечувати RSU:

- Поточний стан фазування сигналу світлофорів на перехрестях і час, що залишився в цій фазі;
- Місцезнаходження та доступність стоянок, обмеження за часом обслуговування, умови руху та графік навантаження/розвантаження;
- Попередження про негабаритні розміри, які повідомляють водії, якщо їхній транспортний засіб не може проїхати через міст або тунель;
- Попередження про обмеження смуги руху для автомобілів із високою завантаженістю, громадського чи спеціального транспорту;
- Інші варіанти попереджень: про швидкість на повороті, про знижену швидкість, про пішоходів на переході для громадського транспорту, про перетин залізниці, про погодні умови тощо.

Також розглядають так званих вразливих учасників дорожнього руху (Vulnerable Road User – VRU) – це узагальнюючий термін, що використовується для позначення групи учасників дорожнього руху, які більш схильні до аварій і травм на дорозі, ніж середньостатистичний учасник дорожнього руху. До цієї категорії входять пішоходи, велосипедисти, мотоциклісти та інші. Взаємодія VRU з іншими вузлами ІТС дозволяє уникнути небезпечних ситуацій на дорозі.

Окрім вищезгаданого, до складу ІТС входять базові станції мобільної мережі, які забезпечують зв'язок учасників дорожнього руху та інфраструктурних пристроїв з центрами керування дорожнім рухом у вигляді периферійних та хмарних серверів. Також слід відмітити використання супутникових систем навігації (Global Navigation Satellite System – GNSS) для отримання інформації про положення учасників руху.

Для взаємодії між елементами ІТС використовуються наступні зв'язки:

- Зв'язок між транспортними засобами (Vehicle-to-Vehicle – V2V);
- Зв'язок між транспортним засобом та елементом дорожньої інфраструктури (Vehicle-to-Infrastructure – V2I);

- Зв'язок між транспортними засобами та VRU (Vehicle-to-Pedestrian – V2P);
- Зв'язок між транспортним засобом та мобільною мережею (Vehicle-to-Network – V2N);
- Зв'язок між елементом дорожньої інфраструктури та мобільною мережею (Infrastructure-to-Network – I2N);
- У деяких випадках замість V2V, V2I, V2P, V2N використовується узагальнений термін «зв'язок між транспортним засобом та його оточенням» (Vehicle-to-Everything – V2X).



Рис. 1.2. Додатки ІТС

Додатки ІТС включають системи електронних платежів транспортних засобів і користувачів, системи автоматичного паркування, системи допомоги при подорожах, запобігання аварій, світлофори та системи безпеки. Усі ці системи взаємодіють між собою, а дані передаються й отримуються між ними. Завдяки системам безпеки та датчикам цільові безпечніші подорожі. Електронні платіжні пристрої є базовою системою інфраструктури для користувачів ІТС. Системи

можна згрупувати в чотири основні групи з точки зору управління транспортуванням. ІТС забезпечує значний доступ до чистіших, безпечніших і ефективніших транспортних систем. Завдяки своїй перевазі системи ІТС застосовні в усіх сферах автомобільного, повітряного, морського та залізничного транспорту та були інтегровані в усі використовувані системи та підсистеми [3]. Загальні додатки ІТС і підсистеми додатків показані на рис. 1.2.

Додатки ІТС охоплюють різноманітні технології та рішення для підвищення ефективності, безпеки та стійкості транспортних мереж. Ось деякі ключові застосування ІТС [4]:

Управління дорожнім рухом: ІТС використовує збір даних у реальному часі, датчики моніторингу руху та прогнозу аналітику для оптимізації транспортного потоку та зменшення заторів на дорозі. Адаптивні системи управління сигналами дорожнього руху регулюють час сигналів на основі поточних умов руху, щоб підвищити ефективність перехрестя.

Управління громадським транспортом: ІТС покращує роботу та управління системами громадського транспорту, включаючи автобуси, поїзди та метро. Системи інформації про пасажирів у режимі реального часу надають пасажирам актуальну інформацію про розклади, затримки та збої в обслуговуванні, покращуючи загальний досвід пасажирів.

Інформаційні системи для подорожуючих: додатки ІТС надають мандрівникам інформацію в режимі реального часу про стан дорожнього руху, закриті дороги, сповіщення про погоду та альтернативні маршрути за допомогою динамічних повідомлень, мобільних додатків і веб-сайтів. Це дає змогу користувачам приймати обґрунтовані рішення та ефективніше планувати свої подорожі.

Комунікація V2I: комунікація V2I дає змогу транспортним засобам обмінюватися даними з придорожною інфраструктурою, такою як світлофори та пункти оплати. Ця технологія полегшує визначення пріоритетів транспортних засобів на перехрестях, електронний збір плати за проїзд і запобігання екстреним транспортним засобам, підвищуючи загальну ефективність і безпеку руху.

Підключені та автономні транспортні засоби: використання технологій ІТС, такі як датчики, GNSS і системи зв'язку, щоб дозволити транспортним засобам спілкуватися один з одним та навколишньою інфраструктурою. Ці транспортні засоби можуть автономно керувати трафіком, зменшувати кількість зіткнень і оптимізувати ефективність маршруту, що потенційно може змінити майбутнє транспорту.

Управління попитом на транспорт: рішення ІТС підтримують стратегії управління попитом на транспорт, сприяючи альтернативним видам транспорту, таким як спільне використання автомобілів, спільне використання поїздок і їзда на велосипеді. Динамічні платформи спільного використання поїздок і системи тарифікації заторів стимулюють мандрівників вибирати екологічні варіанти транспорту, зменшуючи затори та вплив на навколишнє середовище.

Управління паркуванням: програми ІТС оптимізують керування паркуванням за допомогою датчиків, розумних лічильників і мобільних додатків. Ці системи в режимі реального часу надають інформацію про наявність паркувальних місць, полегшують електронні платежі та допомагають зменшити затори на дорогах, спричинені водіями, які шукають місця для паркування.

Управління вантажами: ІТС-рішення підвищують ефективність і безпеку мереж вантажних перевезень, забезпечуючи відстеження, моніторинг і маршрутизацію вантажів у реальному часі. Сучасні логістичні системи оптимізують рух вантажів, скорочують час доставки та мінімізують споживання палива та викиди.

Ці додатки демонструють різні способи, як ІТС революціонізують наш спосіб переміщення пасажирів і товарів, створюючи безпечніші, ефективніші та стійкіші транспортні мережі.

Технології виявлення — це системи на основі датчиків для отримання інформації про дороги, навколишнє середовище, повітря та транспортні засоби, яка потрібна ІТС. У цьому полі підрахунок транспортних засобів використовується для надання даних про щільність руху, стан доріг, повітря та стан викидів. Зокрема, завдяки обробці та використанню даних, отриманих із мобільних пристроїв, на яких встановлено програмне забезпечення для планування подорожей, а також даних датчиків, розташованих на узбіччі, водії можуть пропонувати альтернативні маршрути на маршруті [7].

Спеціальний зв'язок малого радіусу дії (Data Short-Range Communication — DSRC) на частоті 5,8 ГГц — це технологія бездротового зв'язку, розроблена спеціально для зв'язку між транспортним засобом та його оточенням. Це технологія, яка активно використовується в програмах збору плати [8]. Системи радіочастотної ідентифікації (Radio Frequency IDentification — RFID) використовуються в системах збору плати в таких місцях, як мости та шосе під час проїзду транспортних засобів. Ці структури, що мають стандарти, можуть використовуватися в сфері ІТС як активні, так і пасивні системи [9].

Для задоволення потреб Інтернету речей (Internet of Things — IoT) і мереж типу «машина-машина» (Machine-to-Machine — M2M) розроблено технології глобальної мережі з низьким енергоспоживанням (Low-Power Wide-Area Network — LPWAN). Підтримуючи велику кількість підключень пристроїв у значно великій географічній зоні, LPWAN пропонує більш надійну енергоефективність, ніж будь-яка традиційна мобільна мережа, і за нижчу вартість. Пристрої LPWAN бувають різних форм і розмірів. Серед них LoRa, Zigbee, Sigfox, Nwave, LTE-M і NB-IoT. Однак, LoRa, NB-IoT, LTE-M і Sigfox становлять понад 96% пристроїв LPWAN, встановлених у всьому світі. Зазвичай мережі LPWAN можуть працювати як на ліцензованих, так і на неліцензованих частотах, включаючи пропріетарні або відкриті стандартні варіанти. Технологія LPWAN дозволяє пристроям IoT і M2M працювати на одному заряді батареї близько 10 років. Мережі LPWAN зазвичай використовуються в таких програмах, як інтелектуальне вимірювання, інтелектуальне освітлення, моніторинг і відстеження, розумне місто, розумне

сільське господарство, управління енергією, виробництво та інші розгортання додатків для інтелектуальних будівель. Усі кінцеві пристрої можуть збирати свої дані в центральному місці за допомогою різних комунікаційних технологій [10].

Кооперативні інтелектуальні транспортні системи (КІТС) використовуються в системах, які є важливими з точки зору застосування ІТС та з точки зору ефективності, безпеки та екологічності в транспорті. Це також одна з інноваційних технологій, спрямованих на вдосконалення цих систем, дозволяючи інструментам і програмам безпосередньо взаємодіяти один з одним. Відповідно до КІТС, комунікаційні пристрої, розміщені всередині транспортного засобу та на узбіччі, забезпечуватимуть зв'язок типу V2V та V2I, інформуючи водіїв про всі події, що відбуваються на дорозі, та забезпечуватимуть безпечну та комфортну подорож [11]. Сумісність систем зв'язку КІТС і всіх транспортних систем показано на рис. 1.4.

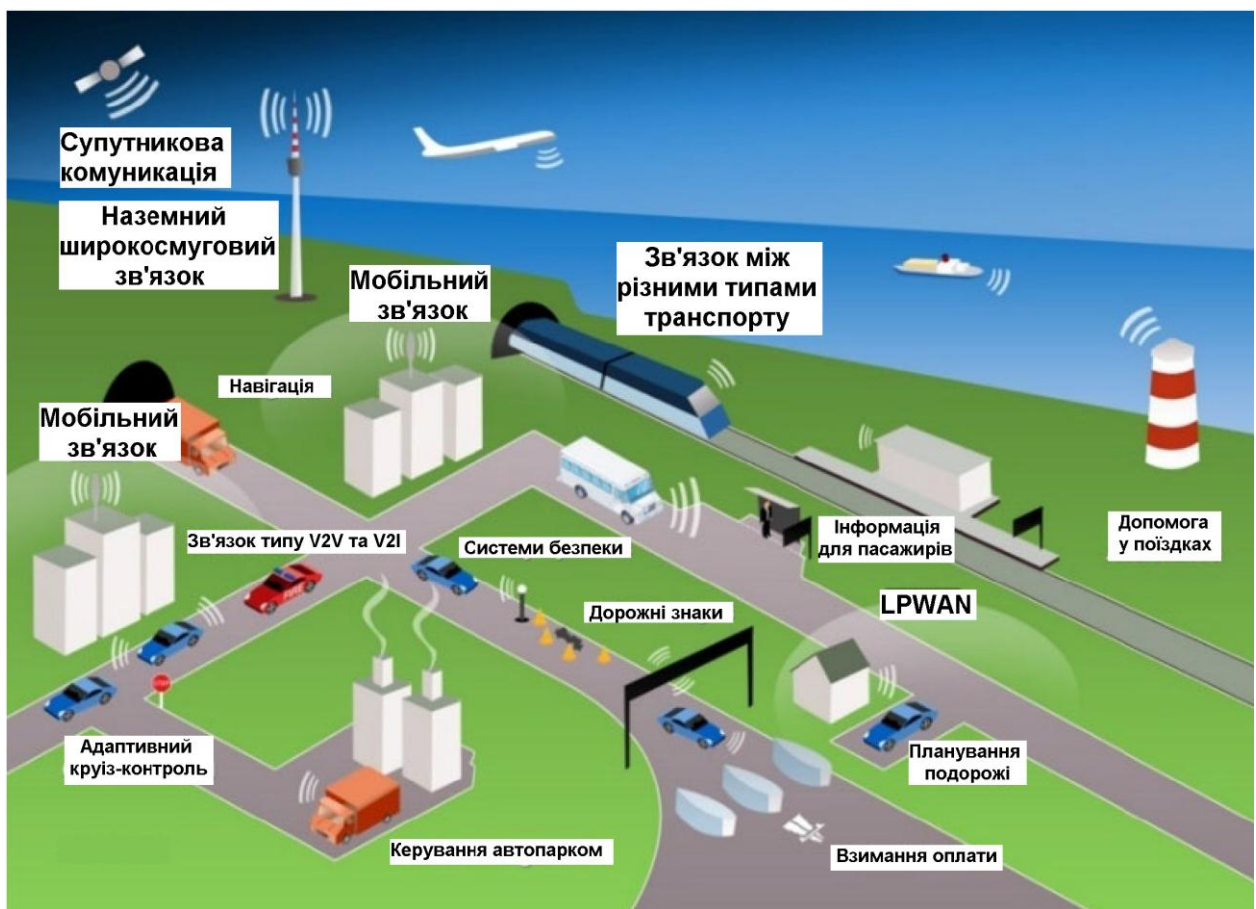


Рис. 1.4. Кооперативні інтелектуальні транспортні системи

ІТС використовує 3G, 4G, 4.5G, 5G та майбутні технології для комунікаційних цілей, таких як технології мобільного зв'язку, безпеки, навігації, інформаційних систем автомобіля та розважальних послуг [12].

Технологія Near-Field Communication (NFC) – це технологія бездротового зв'язку ближнього поля нового покоління, яка використовуватиметься для оплати та зв'язку в програмах ІТС. Сфери використання технології NFC в ІТС: обмін інформацією, обмін даними, громадський транспорт, оплата тощо. В останні роки здійснення платежів за допомогою безконтактних карток і оплата квитків за допомогою мобільних телефонів і смарт-годинників у громадському транспорті є хорошими прикладами технології NFC [13].

1.3. Архітектура інтелектуальної транспортної системи

Архітектура ІТС є схемою проектування, впровадження та експлуатації цілісної та ефективної транспортної системи, яка використовує передові технології для підвищення безпеки, мобільності та стійкості. Архітектура ІТС складається з чотирьох основних рівнів. Ці рівні – перцептивний, мережевий рівень, рівень бази даних і прикладний рівень. На мережевому рівні визначається спосіб зв'язку відповідної системи. Відповідні сервери, архітектура зберігання та дані збираються та створюються резервні копії на рівні бази даних. На прикладному рівні визначається, якою системою та якими точками буде керуватись. Перцептивний рівень має таке обладнання, як камери, датчики швидкості та світлофори.

Архітектура ІТС є схемою для створення цілісної та ефективної транспортної мережі. Інтегруючи різноманітні передові технології та підсистеми, архітектура ІТС спрямована на підвищення безпеки, покращення мобільності та сприяння стійкості транспортних систем. Він забезпечує основу для проектування, впровадження та експлуатації надійної інфраструктури, яка ефективно керує потоком трафіку, оптимізує використання ресурсів і реагує на динамічні транспортні виклики. По суті, архітектура ІТС відіграє важливу роль у формуванні

майбутнього транспорту, створюючи розумніші, безпечніші та стійкіші рішення для мобільності.

В архітектурі, створеній для планування, повинні бути визначені користувацькі послуги, які, як очікується, виконуватимуться за допомогою додатків ІТС, активи, в яких ці послуги будуть розташовані, а також потік даних та інформації між цими активами та послугами. У простішій формі система повинна описувати, яка інформація передається між її компонентами. Послуги для користувачів стосуються діяльності, яку забезпечує ІТС, і становлять такі послуги, як надання інформації про подорожі, керування дорожнім рухом, збір плати за проїзд в електронному вигляді, відстеження дорожньо-транспортних пригод (ДТП) і відстеження комерційних автопарків. Архітектура ІТС детально показана на рис. 1.5 [14].

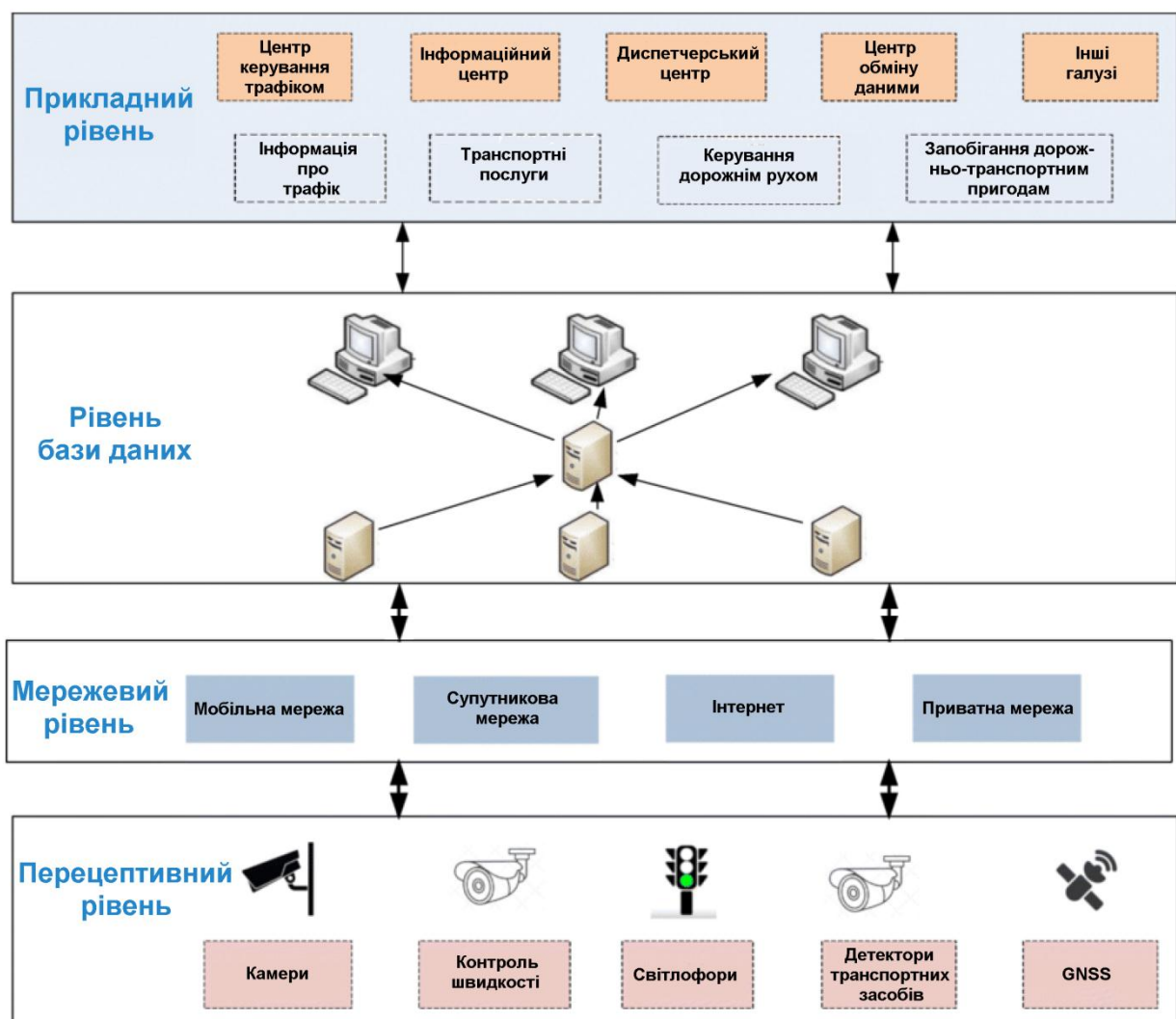


Рис. 1.5. Архітектура ІТС

Активи – це користувачі або системні адміністратори, які взаємодіють із фізичними місцями, де надаються користувацькі послуги, такими як центр керування дорожнім рухом і громадський транспорт. Припустимо, програмні або апаратні компоненти в системі змінені. У цьому випадку система повинна мати можливість продовжувати функціонувати, а інтерфейси та функціональні особливості між компонентами повинні бути чітко та послідовно визначені в архітектурі системи. Багато розвинених країн світу почали дослідження для створення архітектури ІТС, і видно, що архітектури, створені розвиненими країнами, такими як Сполучені Штати, країни Європейського Союзу, Японія та Південна Корея, особливо в 1990-х роках, також беруться як приклади інші країни. RSU збирає дані про дорожній рух із зони статичного зондування вздовж дороги та передає дані до пристроїв керування дорожнім рухом і центрального центру керування дорожнім рухом. Ці пристрої також служать джерелом інформації для інтелектуальних транспортних засобів для збирання майбутньої інформації про дорожній рух [15].

В ІТС усі системи розглядаються як інфраструктура. Інтелектуальні системи транспортної інфраструктури постійно спілкуються між собою, а дані збираються в єдиному центрі, що полегшує керування. Інтелектуальні системи автомобіля включають уникнення зіткнень, допомогу користувачам і системи попередження про зіткнення. Інфраструктура ІТС має дві системи: інтелектуальної інфраструктури та інтелектуальних засобів. Уся інфраструктура, включаючи інші системи, показана в табл. 1.1 [16]

ІТС, особливо в розумних містах, об'єднує системи, приносячи багато зручностей. Ці зручності додають комфортності життя суспільства. Крім того, надані переваги поширюються на всі системи розумного міста.

Таблиця 1.1. Інфраструктура ІТС

Інтелектуальна інфраструктура			
			
Вуличне управління	Управління автомагістралями	Запобігання аварій та безпека	Оповіщення про погодні ситуації
			
Експлуатація та утримання доріг	Електронні платежі	Інформація для пасажирів	Оповіщення про ДТП
			
Управління комерційними перевезеннями	Управління транзитними перевезеннями	Оповіщення про надзвичайні ситуації	Перевезення різними типами транспорту
Інтелектуальні засоби			
			
Уникнення зіткнень	Допомога водіям	Повідомлення про зіткнення	

Переваги додатків ІТС, які набули широкого поширення з розвитком технологій:

- Зменшення ДТП;
- Поліпшення якості життя людей;
- Використання доріг за пропускнуою здатністю;
- Скорочений час транспортування;
- Створення інфраструктури для підвищення мобільності;
- Зменшення заторів;
- Усунення інфраструктурних проблем;
- Розробка екологічно чистих систем;
- Підвищення орієнтації на громадський транспорт;
- Покращення безпеки водія та керування нещасними випадками;
- Визначення щільності руху;
- Інтеграція даних між різними системами;
- Покращення транспортного потоку та безпеки.

1.4. Вплив інноваційних технологій на інтелектуальні транспортні системи

ІоТ представляє мережеве об'єднання фізичних об'єктів за допомогою вбудованих датчиків, приводів та інших пристроїв, які можуть збирати та передавати інформацію про дії в мережі в реальному часі. Датчики ІоТ добре підходять для динамічної частини індустрії автономних транспортних засобів. Передбачено підвищення пропускнуої здатності доріг через автоматизовану систему магістралей. Сучасні досягнення в галузі електроніки стрімко поширюються на легкові та вантажні автомобілі [17].

Хмарні обчислення – це загальний термін для інформаційних послуг, які надають обчислювальні ресурси, які спільно використовуються між користувачами та завжди доступні для комп'ютерів та інших пристроїв в Інтернеті. За прогнозами, хмарні обчислення трансформують автомобільну промисловість, транспорт і

послуги. Розвиток технологій хмарних обчислень та IoT допоможе вирішити проблеми дорожнього руху, такі як затори та безпека транспортних засобів. В останні роки дослідники запропонували хмарні моделі, щоб покращити зв'язок між транспортними засобами та безпеку дорожнього руху [18].

Великі дані, на відміну від традиційних даних, – це великий набір даних, який потрібно збирати й аналізувати за допомогою нових технологій і алгоритмів. Іншими словами, йдеться про збір, зберігання, очищення, візуалізацію, аналіз та інтерпретацію великої кількості різноманітних та швидкозмінних даних із датчиків і наукових інструментів. Платформа великих даних має п'ять компонентів: різноманітність, швидкість, обсяг, перевірка та цінність. Великі дані, з їх високою швидкістю виробництва даних і високою мінливістю даних, дають змогу зрозуміти дані та оптимізувати процеси та великі обсяги інформації [19].

У розвинутих країнах проводяться дослідження з метою надання безпечніших, ефективніших і стійкіших транспортних послуг для використання штучного інтелекту для прогнозування поведінки транспортної системи, вирішення транспортних проблем, у процесі планування транспортування та найбільш прийнятним способом. У результаті досліджень автономних транспортних засобів, підключених транспортних засобів і розумних дорожніх систем у транспортному секторі відбулися зміни. Індустрія безпілотних транспортних засобів досягає швидкого прогресу завдяки таким додаткам, як машинне навчання, технології глибокого навчання, великі дані, виявлення в реальному часі, прогнозування трафіку та інтелектуальне прийняття рішень. Завдяки всім цим технологіям і попередньому аналізу сценаріїв дорожнього руху прогнозується, що аварійні ситуації можна буде виявити на ранній стадії та уникнути аварій [20].

Технологія блокчейн може створювати сучасні, узгоджені транзакції в режимі реального часу без центрального органу. Це забезпечить створення неспростовно безпечних записів про транспортний засіб і водія протягом усього життєвого циклу використання автомобіля. Працездатна та безпечна інформаційна система автомобіля буде створена шляхом вирішення проблем, пов'язаних із

цілісністю даних і узгодженням. У той же час система управління інформацією про транспортні засоби на основі блокчейну, яка працюватиме шляхом інтеграції з інтелектуальними наборами інструментів, отримуватиме надійні дані в режимі реального часу. Це забезпечить ефективне, безпечне та без втручання людини управління даними та комунікаційну платформу для зацікавлених сторін у широкій та інтегрованій екосистемі транспортних засобів, які не довіряють один одному [21].

Мобільні мережі покоління 5G сформують інфраструктуру мобільного зв'язку майбутнього. Він матиме набагато більшу ємність і меншу затримку, ніж існуючі системи 4,5G. Бездротова широкопasmово інфраструктура, яку ці мережі забезпечать зв'язок не лише для інтелектуальних транспортних послуг, але й для багатьох додатків Інтернету речей [22].

Квантові інформаційні технології готові зробити революцію в телекомунікаційному ландшафті, особливо в контексті мереж 6G. Наприклад, IoT зробив революцію в різних секторах, забезпечивши безперебійну взаємодію пристроїв. Однак поширення пристроїв IoT також викликало серйозні проблеми з безпекою та конфіденційністю. Традиційні заходи безпеки часто не можуть вирішити ці проблеми через унікальні характеристики мереж IoT, такі як неоднорідність, масштабованість і обмеження ресурсів. Квантові обчислення можуть покращити алгоритми шифрування, щоб зробити дані IoT більш безпечними для інтелектуальних додатків IoT. Ця синергія стає ще важливішою при інтеграції з високошвидкісними можливостями мереж 6G із малою затримкою, які можуть сприяти безпечній обробці даних у режимі реального часу та спілкуванню між багатьма пристроями IoT. Впровадження квантових інформаційних технологій у мережі 6G має величезний потенціал для підвищення безпеки, надійності та продуктивності, відкриваючи нову еру надбезпечної та ефективної телекомунікаційної інфраструктури [23].

Висновки за розділом 1

Проаналізовано основні компоненти ІТС та взаємодію між ними. Проведено огляд комунікаційних технологій, які можуть використовуватись при побудові ІТС. Наведено 4-рівневу архітектуру ІТС та описані функції її окремих рівнів. Також розглянуто вплив інноваційних технологій на ІТС.

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА РОЗУМНОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Роль датчиків IoT у підвищенні міської мобільності

Центральним для багатьох програм розумного міста є здатність відчувати та контролювати різноманітні об'єкти, починаючи від природного та антропогенного середовища до побутових та промислових процесів [24]. Коли справа доходить до визначення зовнішнього міського середовища, наприклад, якості повітря та стану дорожнього руху, поява мобільних датчиків уможливила широке просторово-часове охоплення за рахунок економічно ефективного використання людської мобільності [25].

Відповідно до типу хостів датчиків, мобільний краудсенсінг можна класифікувати як зондування спільноти і зондування проїзду, де перше використовує датчики, вбудовані в смартфони або носимі пристрої [26], а останній покладається на транспортні засоби, такі як таксі, автобуси, трамваї та безпілотні апарати [27]. Загалом зондування проїзду перевершує зондування спільноти з точки зору географічного масштабу, тривалості в часі, надійності, рентабельності та якості даних, і широко використовується в різних програмах розумного міста, таких як оцінка погодних умов, оцінка умов дорожнього руху, моніторинг шуму та перевірка стану інфраструктури [28-30].

У зондуванні під час руху датчики можуть перевозитися в таксі, транзитних транспортних засобах, таких як автобуси чи трамваї, службових транспортних засобах, такі як сміттєвози, спеціальних транспортних засобах або безпілотних апаратах [31, 32]. Зрозуміло, що просторово-часовий розподіл датчиків, а згодом і їхня продуктивність зондування як системи, залежать від моделей мобільності транспортних засобів-носіїв. Зрозуміло, що рух сторонніх транспортних засобів (таксі, автобусів, транспортних засобів логістики) обмежується їх визначеними маршрутами або операціями, орієнтованими на обслуговування, які конкретно не узгоджуються з цілями зондування. Таким чином, призначення датчиків таким транспортним засобам (стратегічним), а також їх повні або часткові маневри (тактичні чи оперативні) становлять важливий аспект транспортного

спостереження за містом. Багато таких проблем можна розглядати як проблеми оптимізації з різним ступенем просторово-часової деталізації, вирішення рішень, доступності інформації та уподобань користувача.

Розумний громадський транспорт є однією з основних складових розумного міста. Завдяки конвергенції технологій і міської мобільності в усьому світі використовують пов'язані системи та інтелектуальні рішення, які IoT надає в громадському транспорті. IoT включає датчики (наприклад, датчики присутності), комунікаційні пристрої (наприклад, Wi-Fi для пасажирів) і аналітику даних (наприклад, алгоритми оптимізації маршруту) у транспортні засоби та інфраструктуру для підвищення ефективності, безпеки та зручності громадського транспорту для пасажирів і постачальників послуг. Приклади використання IoT для громадського транспорту включають [33]:

Відстеження транспортних засобів у режимі реального часу: датчики IoT і технологія GNSS дозволяють відстежувати автобуси, поїзди та інші транспортні засоби в режимі реального часу. Ця інформація є безцінною для пасажирів, щоб отримати доступ до розкладу прибуття та оновлення маршруту через мобільні додатки або цифрові дисплеї на станціях і зупинках.

Прогнозне технічне обслуговування: датчики IoT, встановлені на автомобілях, можуть контролювати такі компоненти, як двигуни, гальма та двері, у режимі реального часу. Збираючи дані про продуктивність і знос, можна передбачити проблеми з техобслуговуванням до того, як вони спричинять збої в обслуговуванні, скоротивши час простою та підвищивши надійність автомобільного парку.

Інтелектуальне оформлення квитків і оплата проїзду: системи продажу квитків із підтримкою IoT спрощують процес оплати проїзду, дозволяючи пасажирам оплачувати тарифи за допомогою безконтактних смарт-карт, мобільних додатків або переносних пристроїв. Ці системи також надають операторам цінні дані про пасажиропотоки та оплату проїзду.

Підрахунок пасажирів і моніторинг заповненості: датчики IoT, встановлені всередині транспортних засобів, можуть точно підраховувати кількість пасажирів і

контролювати рівень заповнюваності в режимі реального часу. Ця інформація допомагає операторам оптимізувати планування маршруту, ефективно розподіляти ресурси та уникати перевантаженості в години пік.

Моніторинг навколишнього середовища: датчики IoT можуть вимірювати якість повітря, температуру, вологість і рівень шуму всередині та навколо транспортних засобів і станцій. Ці дані допомагають операторам визначати гарячі точки забруднення, оцінювати вплив транспорту на навколишнє середовище та впроваджувати заходи для покращення якості повітря та комфорту пасажирів.

Розумна інфраструктура: інфраструктура з підтримкою IoT, наприклад світлофори, вивіски та системи паркування, може обмінюватися даними з транспортними засобами, щоб оптимізувати транспортний потік, зменшити затори та підвищити безпеку. Наприклад, світлофори можуть визначати пріоритетність автобусів, щоб гарантувати, що вони дотримуються розкладу, і мінімізувати затримки.

Системи екстреного реагування: датчики IoT і комунікаційні пристрої, встановлені на транспортних засобах, дозволяють швидко реагувати на надзвичайні ситуації, такі як аварії, медичні інциденти або загрози безпеці. Ці системи можуть автоматично сповіщати органи влади та відправляти допомогу на місце, забезпечуючи безпеку та благополуччя пасажирів і персоналу.

Опитування відгуків клієнтів і задоволеності: термінали зворотнього зв'язку з підтримкою IoT або мобільні додатки дозволяють пасажиром у режимі реального часу залишати відгуки про свої враження від подорожей. Оператори можуть використовувати ці дані для визначення областей для вдосконалення, вирішення проблем клієнтів і підвищення загального рівня задоволеності.

Динамічна оптимізація маршруту: алгоритми на базі IoT аналізують дані про трафік, погоду та попит на пасажирів у реальному часі, щоб коригувати розклади маршрутів і динамічно оптимізувати транзитні операції. Це гарантує, що транспортні засоби працюють ефективно та адаптуються до мінливих умов, щоб мінімізувати затримки та підвищити надійність обслуговування.

Управління енергією та стійкість: датчики IoT можуть контролювати споживання енергії та викиди вуглецю транзитними транспортними засобами та інфраструктурою. Оператори можуть використовувати ці дані для впровадження заходів з енергозбереження, оптимізації використання палива та зменшення впливу на навколишнє середовище, сприяючи досягненню цілей сталого розвитку.

2.2. Вибір технологій для системи розумного громадського транспорту

Для розробки системи розумного громадського транспорту необхідно обрати технології, які будуть використовуватися в цієї системі. За результатами огляду літератури такі технології відносяться до наступних галузей:

- Технологія локації транспортних засобів (з урахуванням вимірювання швидкості);
- Технологія зв'язку між транзитними транспортними засобами та центром керування транспортом;
- Технологія, яка гарантує безпеку інформації, що передається між транспортними засобами та центром керування транспортом;
- Технологія для забезпечення безпеки між іншими модулями системи.

Систематичний огляд показав, що майже всі роботи з відстеження транспортних засобів використовували для позиціонування сервіси GNSS. В деяких випадках рекомендують використовувати бездротові технології короткого радіусу дії, але цей варіант потребує великої інфраструктури та не дозволяє безперервного відстеження, залишаючи GNSS найкращим варіантом. Технологія GNSS також дозволяє вимірювати швидкість, що є ключовим аспектом для системи, що розроблюється.

Технологія зв'язку, яка буде використовуватися між транспортними засобами та центром керування транспортом, є одним із основних рішень, які слід ретельно проаналізувати. У огляді [34] було проведено аналіз різних комунікаційних технологій, включаючи технологію стільникової мережі, Ubiquiti,

радіотранкінг, LPWAN, Bluetooth, ZigBee і WiFi. Розглядалися найважливіші параметри в системі зв'язку, такі як охоплення, витрати (впровадження та експлуатація), масштабованість (відповідна для зростання мережевої інфраструктури), низька затримка та частота. За результатами цього огляду LPWAN є найкращим рішенням. За посиланнями [35, 36] аналізуються різні технології LPWAN. Ці огляди визнають LoRa найбільш підходящим для зв'язку між транспортними засобами та центром керування транспортом через високий рівень покриття; низькі витрати на впровадження та експлуатацію; використання частот у промислових, наукових і медичних радіодіапазонах і низька затримка.

Специфікація LoRa [37] визначає широкосмуговий мережевий протокол малої потужності, призначений для бездротового підключення пристроїв, до регіональних, національних або глобальних мереж і орієнтований на основні вимоги до Інтернету, такі як двонаправлений зв'язок, наскрізна безпека, мобільність і послуги локалізації. Мережева архітектура LoRa розгортається в топології «зірка – зірка», в якій шлюзи ретранслюють повідомлення між кінцевими пристроями і центральним сервером. Шлюзи підключаються до мережевого сервера через стандартні IP-з'єднання і працюють як прозорий міст, просто перетворюючи радіопакети в IP-пакети і навпаки. Бездротовий зв'язок використовує переваги фізичного рівня LoRa, дозволяючи одностороннє з'єднання між кінцевим пристроєм і одним або декількома шлюзами. Всі режими здатні до двобічної зв'язку, і є підтримка груп багатоадресного доступу для ефективного використання спектра під час повідомлень масового поширення. Хоча специфікація визначає технічну реалізацію, вона не визначає будь-яку комерційну модель або тип розгортання (публічний, колективний, приватний, корпоративний), і тому пропонує галузі свободу інновацій та диференціації того, як вона використовується.

LoRa має три різних класи кінцевих пристроїв для задоволення різних потреб, відображених в широкому спектрі додатків:

- Клас А – двонаправлені кінцеві пристрої з найменшою потужністю і повністю асинхронною передачею;

- Клас В – двонаправлені кінцеві пристрої з певним часом очікування низхідного потоку, які синхронізуються з мережею з використанням періодичних маяків і відкривають «слоти для перевірки» низхідного потоку за розкладом;
- Клас С – двонаправлені кінцеві пристрої з найменшою затримкою, які постійно підтримують прийом на кінцевому пристрої, коли пристрій не передає.

Швидкість передачі даних коливається від 0,3 кбіт/с до 50 кбіт/с. Радіус дії приблизно 5 км у за умов з прямої видимості. Використовуються «вільні» частоти, для яких не потрібна ліцензія на використання спектру.

Безпека є основним завданням для будь-якого масового розгортання IoT, а специфікація LoRa визначає два рівня криптографії:

- Унікальний 128-розрядний ключ мережевого сеансу, яким користуються між кінцевим пристроєм та сервером;
- Унікальний 128-бітний ключ сеансу додатка, яким користуються на рівні додатку.

Алгоритми AES використовуються для забезпечення автентифікації і цілісності пакетів на мережевому сервері і наскрізного шифрування на сервері додатків. Надаючи ці два рівня, стає можливим реалізувати розраховані на багато користувачів загальні мережі без того, щоб оператор мережі мав видимість даних корисного навантаження користувачів. Ключі можуть бути активовані за допомогою персоналізації на виробничій лінії або при введенні в експлуатацію або ж можуть бути активовані «по повітрю» безпосередньо на місці підключення, що дозволяє при необхідності повторно підключати пристрої.

Щодо технології, яка гарантує безпеку інформації, що передається між транспортними засобами та центром керування транспортом, протокол LoRa є хорошим варіантом. Цей протокол також дозволяє шифрувати повідомлення «точка – точка», гарантуючи, що інформація не буде змінена чи прослухана можливими зловмисниками. Нарешті, це гарантує отримання лише інформації із зареєстрованих пристроїв, таким чином гарантуючи цілісність і конфіденційність інформації.

Система розумного громадського транспорту має різні модулі, які мають спілкуватися через мережу, тому весь зв'язок має здійснюватися через захищений протокол передачі гіпертексту (HTTPS), який гарантує, що інформація досягає лише призначеного одержувача, а його заголовки надсилають значення автентифікації з ключем. Так само для передачі даних використовується протокол безпечної передачі файлів (FTPS), а для гарантування безпеки доступу до інформації пропонується ієрархія користувачів з обмеженими правами на отримання даних.

2.3. Архітектура системи розумного громадського транспорту

Місцезнаходження транспортного засобу в системі громадського транспорту в основному здійснюється за допомогою технології GNSS. Хоча є докази використання інших технологій для визначення місця розташування (Bluetooth, WiFi, RFID), вони не дозволяють безперервно відстежувати місцезнаходження, виявляючи лише прибуття транспортного засобу на зупинках, наприклад, через обмежений радіус дії. Контроль швидкості транзитного транспортного засобу є важливим фактором для визначення ризиків ДТП, дотримання правил дорожнього руху та виявлення неадекватної поведінки за кермом. Використання технології GNSS для визначення місця розташування має додаткову перевагу вимірювання швидкості транспортного засобу на маршруті.

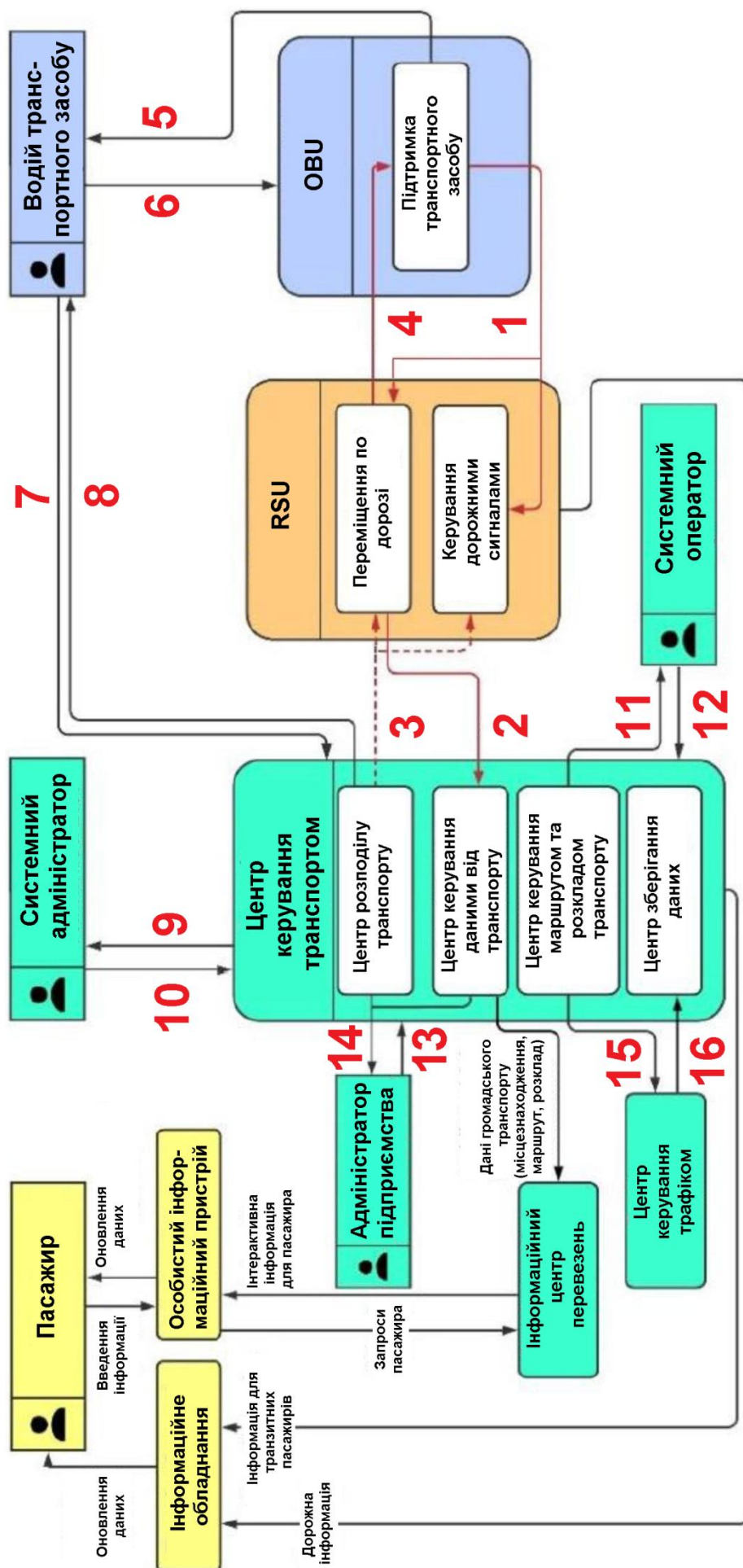
Комунікаційні технології для послуг мобільності, таких як управління автопарком, також повинні включати низькі витрати (через бюджетні обмеження, які мають місце при побудові подібних систем). Необхідно враховувати такі аспекти, як: робота в широкому діапазоні, достатня швидкість передачі даних, достатня пропускна здатність, ліцензування використовуваного частотного спектру та відповідний розмір пакета. Технологія LoRa задовольняє вимогам до технології зв'язку між транспортними засобами та центром керування транспортом.

При впровадженні подібних систем слід враховувати інформаційну безпеку, щоб гарантувати довіру та цілісність. Інформаційну безпеку в системі необхідно оцінювати з різних сторін: 1) цілісність та автентифікація між транспортними засобами та центром керування транспортом; 2) аутентифікація користувача для системних менеджерів; 3) обмін інформацією між модулями. Необхідно використовувати шифрування безпеки транспортного рівня. Протокол HTTPS також дозволяє інтегрувати заголовки автентифікації. Більшість реалізованих схем безпеки пов'язані зі зв'язком транспортного засобу та автентифікацією. Що стосується зв'язку транспортних засобів, деякі пропозиції покращують такі аспекти, як надійність, робочий діапазон, швидкість передачі та запобігання атакам. Під час автентифікації основна увага приділяється ідентифікації та доступу користувачів системи, що, у свою чергу, забезпечує достовірність інформації, яку вони передають і отримують.

Обмін даними між транспортними засобами та модулями керування системою повинен дозволяти транспортному засобу надсилати такі дані, як його місцезнаходження, прибуття на призначені зупинки та, у деяких випадках, кількість пасажирів. У свою чергу транспортний засіб має отримувати інформацію про призначений маршрут, зміни в цьому маршруті, оповіщення та призначені розклади.

На рис. 2.1 представлена архітектура системи розумного громадського транспорту. Ця архітектура містить низку підмодулів (функціональних об'єктів) для фізичних об'єктів центру керування транспортом і OBU. Також включено RSU із функціями для обладнання на дорозі. В архітектурі присутні окремі ролі для важливих учасників дорожнього руху:

- Водій транспортного засобу;
- Пасажир;
- Системний адміністратор;
- Адміністратор підприємства;
- Системний оператор.



Вона також включає кілька високорівневих функцій області управління громадським транспортом, таких як операційні функції, безперервний моніторинг, безперервний збір даних, маршрути, керування розкладом і надання інформації для пасажирів.

Щоб архітектура була повністю функціональною та масштабованою, комунікаційні повідомлення з іншими модулями визначені таким чином, щоб інформація могла обмінюватися між ними. Щоб відповідати вже згаданим вимогам безпеки, повідомлення, які проходять через складові системи, потребуватимуть рівні безпеки, щоб гарантувати конфіденційність, цілісність і доступність інформації.

Важливо підкреслити, що цю архітектуру можна узагальнити для інших міст, які обслуговують той самий контекст системи громадського транспорту. Використання адекватної архітектури дозволить місту забезпечити взаємодію з іншими системами, таким же чином, це полегшить інтеграцію нових послуг, які можуть бути реалізовані в системі через модулі та повідомлення.

Частину потоків інформації, яка стосується взаємодії з пасажирями, позначено безпосередньо на рис. 2.1. Інші потоки описано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Інформаційні потоки в архітектурі системи розумного громадського транспорту

Потік	Функція	Опис
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	Дані про місцезнаходження Інформація про транспортний засіб Показники розкладу руху громадського транспорту	Вимірювані параметри в транспортних засобах
2	Дані про місцезнаходження Інформація про транспортний засіб Показники розкладу руху громадського транспорту	Та сама інформація, зібрана OBU, перевіряється та передається до центру керування даними від транспорту

1	2	3
3	Публічна інформація про розклад Інформація про водія Маршрут Сповіщення	Інформація про призначення для служби підтримки транспортних засобів, включаючи ідентифікацію одержувача
4	Публічна інформація про розклад Інформація про водія Маршрут Сповіщення	Інформація про розклади та маршрути, призначені відповідному транспортному засобу, який її запитує
5	Дисплей водія транспортного засобу	Інформація про параметри роботи водія транспортного засобу, такі як присвоєний номер маршруту, розклади для цього маршруту та оповіщення
6	Контроль водія громадського транспорту	Ручна взаємодія для керування пристроєм OBU
7	Введення даних від водія громадського транспорту	Дані, які водій надсилає в систему
8	Призначення маршруту Призначення транспортного засобу Зміна сповіщень	Детальна інформація про параметри роботи водія транспортного засобу, а також детальні сповіщення про зміни параметрів роботи
9	Інформація про систему	Інформація генерується кожного разу, коли адміністратор робить запит до системи
10	Введення даних від системного адміністратора	Параметри доступу системного адміністратора та інформаційний запит

<i>I</i>	<i>I</i>	<i>I</i>
11	Статус поточного руху Попередження про дорожній рух Пропозиції	Інформація, пов'язана зі згенерованими сповіщеннями про дорожній рух, і пропозиціями щодо змін у маршрутах і розкладах
12	Введення даних від системного оператора	Введення або доступ до даних для оператора системи
13	Введення даних від адміністратора підприємства	Параметри доступу та інформація про запити для адміністратора підприємства
14	Інформація про підприємство Запити на зміну	Відповіді на звернення адміністратора підприємства
15	Дані громадського транспорту (швидкість і місцезнаходження) Стан громадського транспорту Поточна кількість пасажирів	Інформація, пов'язана з різними параметрами, виміряними та обробленими транспортними засобами
16	Зображення дорожнього руху Дорожня обстановка Аварії	Попередньо визначені повідомлення, які надсилаються центром керування транспортом для інформування про різні умови руху

2.4. Мережа зв'язку системи розумного громадського транспорту

Діаграма мережі з модулями, обраними для реалізації, і запропонованими технологіями зв'язку для архітектури представлено на рис. 2.2. Діаграма зосереджена на трьох основних модулях архітектури, представлених на рис. 2.1: центр керування транспортом, RSU і OBU.

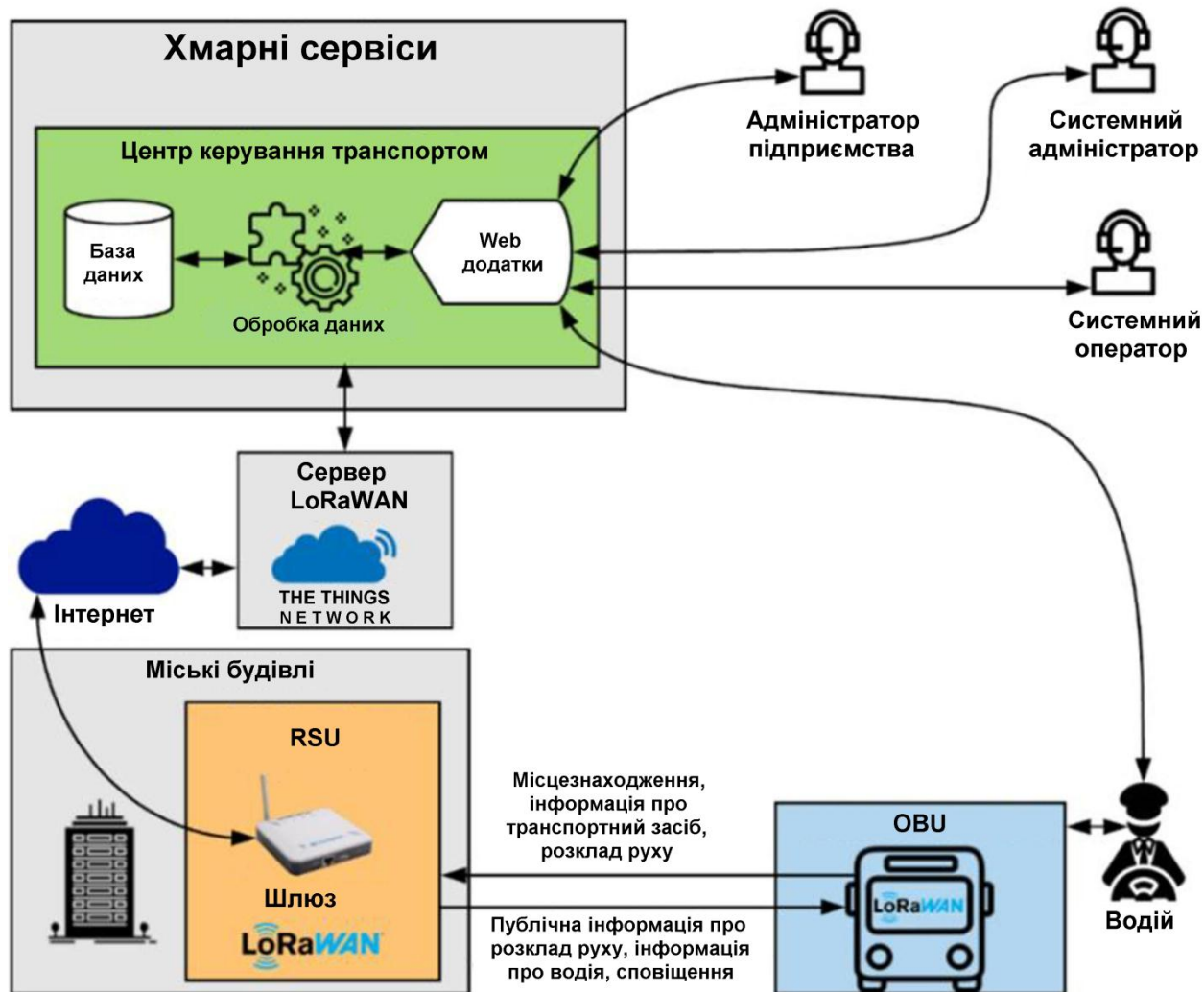


Рис. 2.2. Діаграма мережі зв'язку системи розумного громадського транспорту

На рис. 2.2 показано шлях, за яким слідує інформація між різними модулями, а також показано розташування модуля. OBU розташований у кожному транспортному засобі, який зв'язується з RSU, розташованими у міських будівлях, у яких є шлюзи.

Обраною технологією зв'язку між OBU та RSU була LoRa з використанням мережевого протоколу LoRaWAN. Цьому було віддано перевагу з двох причин. По-перше, LoRaWAN забезпечує адекватний рівень безпеки, інформація зашифрована, і пристрої повинні приєднатися до мережі за допомогою методу бездротової активації, щоб розпочати надсилання повідомлень. Операція приєднання має кілька параметрів автентифікації. Друга причина полягає в тому, щоб уникнути колізії пакетів на шлюзі, оскільки мережевий протокол LoRaWAN

сприяє динамічній зміні параметрів зв'язку LoRa, щоб мінімізувати ймовірність колізії пакетів.

Використання мережевого протоколу LoRaWAN вимагає використання сервера LoRaWAN, який відповідає за всі верхні рівні зв'язку. Запропонований варіант використовує платформу The Things Network [38].

The Things Network має глобальну мережу шлюзів LoRaWAN, створених спільнотою. Це означає, що можна використовувати наявні шлюзи замість того, щоб налаштовувати власні, значно зменшуючи початкові витрати та зусилля, необхідні для створення мережі IoT. Інфраструктура розподіленого шлюзу The Things Network дозволяє легко масштабувати мережу. У міру того, як розгортання IoT зростає, можна покладатися на існуючі шлюзи The Things Network або внести свій внесок, безперешкодно розширюючи покриття мережі. Створення та підтримка приватних шлюзів LoRaWAN може бути дорогим, особливо для невеликих проектів. Спільна інфраструктура The Things Network знімає тягар налаштування та обслуговування шлюзу, що робить його економічно ефективним варіантом, особливо для стартапів та експериментів.

Шлюзи, створені спільнотою The Things Network, забезпечують широке покриття в різних регіонах у всьому світі. Це може бути корисним, якщо додаток IoT вимагає широкого покриття без необхідності домовитися з кількома мережевими провайдерами. Використання існуючої інфраструктури The Things Network дозволяє швидко розгортати пристрої LoRaWAN і зосередитися на розробці програми IoT, а не займатися налаштуванням шлюзу та обслуговуванням мережі.

Однак важливо зазначити, що хоча The Things Network є чудовим варіантом для багатьох проектів IoT, можуть бути окремі випадки, коли приватна мережа LoRaWAN є більш підходящою. Наприклад, якщо потрібен повний контроль над конфігурацією мережі, безпекою або конкретними угодами про рівень обслуговування, приватна мережа LoRaWAN може бути кращою.

Висновки за розділом 2

Розглянуто використання датчиків та їх функції в системі розумного громадського транспорту. Обрано технології локації транспортних засобів, технологію зв'язку та технологію забезпечення безпеки передачі інформації в системі розумного громадського транспорту. Побудовано та описано архітектуру, а також діаграму мережі зв'язку системи розумного громадського транспорту.

РОЗДІЛ 3. ПЛАТФОРМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

3.1. Основні поняття

Існує багато різних програмних рішень, які забезпечують функції моніторингу транспортних засобів. Як правило, вони поділяються на web-платформи та ті, що встановлюються на комп'ютери користувачів. Найбільш зручною для кінцевого користувача є web-платформа, яка потребує лише наявності браузера на комп'ютері або смартфоні користувача. Важливою перевагою web-платформ є те, що інформація зберігається в дата-центрах, а їх дієздатність підтримують кваліфіковані фахівці. Якщо виникають якісь збої, завжди підключається резервна версія. Тому гарантується збереження інформації. Також подібні платформи автоматично реалізують архівацію всієї інформації користувачів, що забезпечує відновлення інформації у випадках випадкового або навмисного її видалення. Розглянемо можливості однієї з поширених платформ для моніторингу.

Wialon Hosting – це платформа для GNSS-моніторингу та IoT, яка зберігається та адмініструється в центрах обробки даних компанії Wialon [39]. Вона складається з системи моніторингу та системи управління. Система моніторингу призначена для кінцевих користувачів (без прав дилера) і дозволяє їм відстежувати транспортні засоби, обладнання, людей, домашніх тварин та інші агрегати. Загальний вигляд системи моніторингу Wialon Hosting наведено на рис. 3.1. Функції системи моніторингу:

- Створення блоків, геозон, маршрутів, водіїв, трейлерів та інших системних об'єктів;
- Відстеження розташування та переміщення підрозділів на карті;
- Перегляд прямих трансляцій з камер блоку;
- Моніторинг змін швидкості, рівня палива, температури та інших параметрів;
- Управління блоками за допомогою команд і завдань;

- Контроль водіїв і причепів (закріплення їх за ланками, реєстрація чергувань, виклик і розсилка SMS-повідомлень водіям);
- Моніторинг атракціонів створених маршрутів;
- Формування звітів (таблиць, діаграм, треків на карті) на основі інформації, отриманої від підрозділів, тощо.

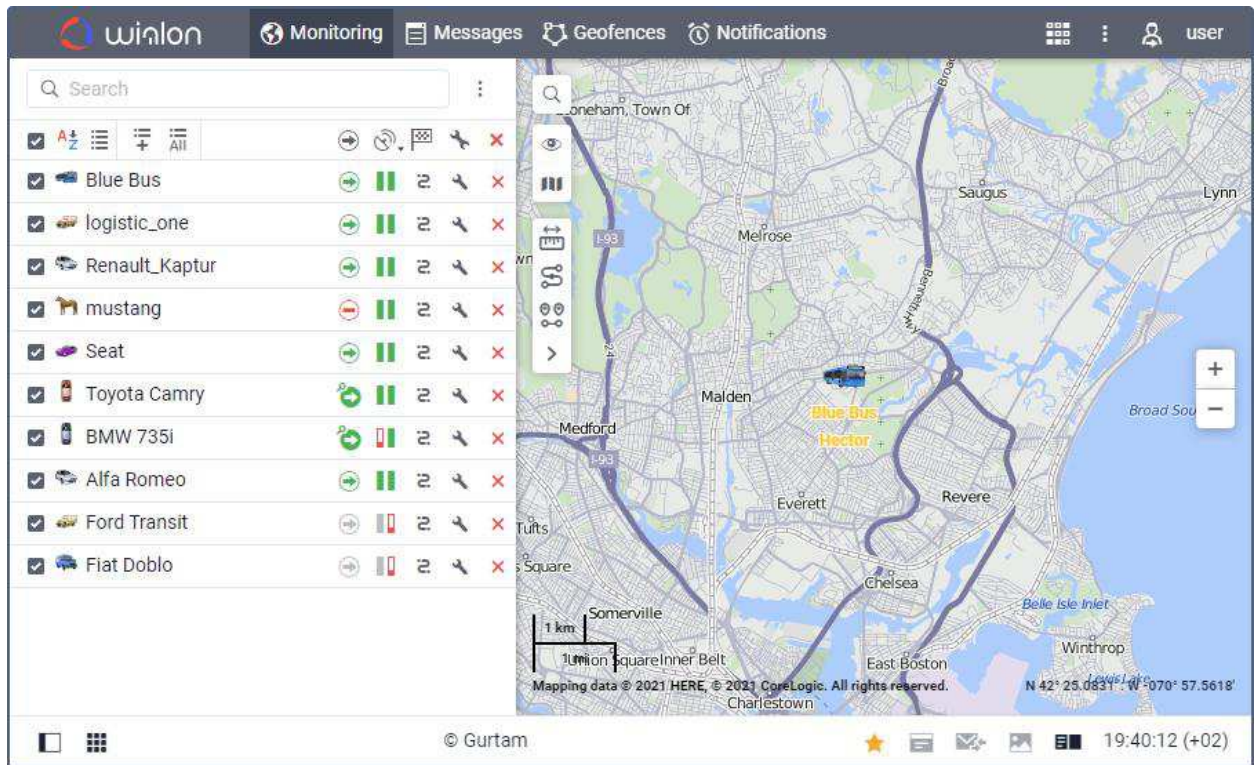


Рис. 3.1. Загальний вигляд системи моніторингу Wialon Hosting

Система управління призначена для топ-користувача і користувачів з дилерськими правами і дозволяє їм організовувати структуру обслуговування, керувати обліковими записами, ресурсами, користувачами, підрозділами та іншими об'єктами системи. Загальний вигляд системи управління Wialon Hosting наведено на рис. 3.2.

Функції системи управління:

- Створення та керування обліковими записами (надання їм доступу до об'єктів системи, контроль платежів, призначення тарифних планів, обмеження послуг та визначення їх вартості);

- Управління користувачами (надання їм доступу до об'єктів системи та інших прав, створення об'єктів від їх імені);
- Налаштування блоків і груп блоків і керування доступом до них;
- Ретрансляція даних, отриманих від блоків, на інші сервери та системи.

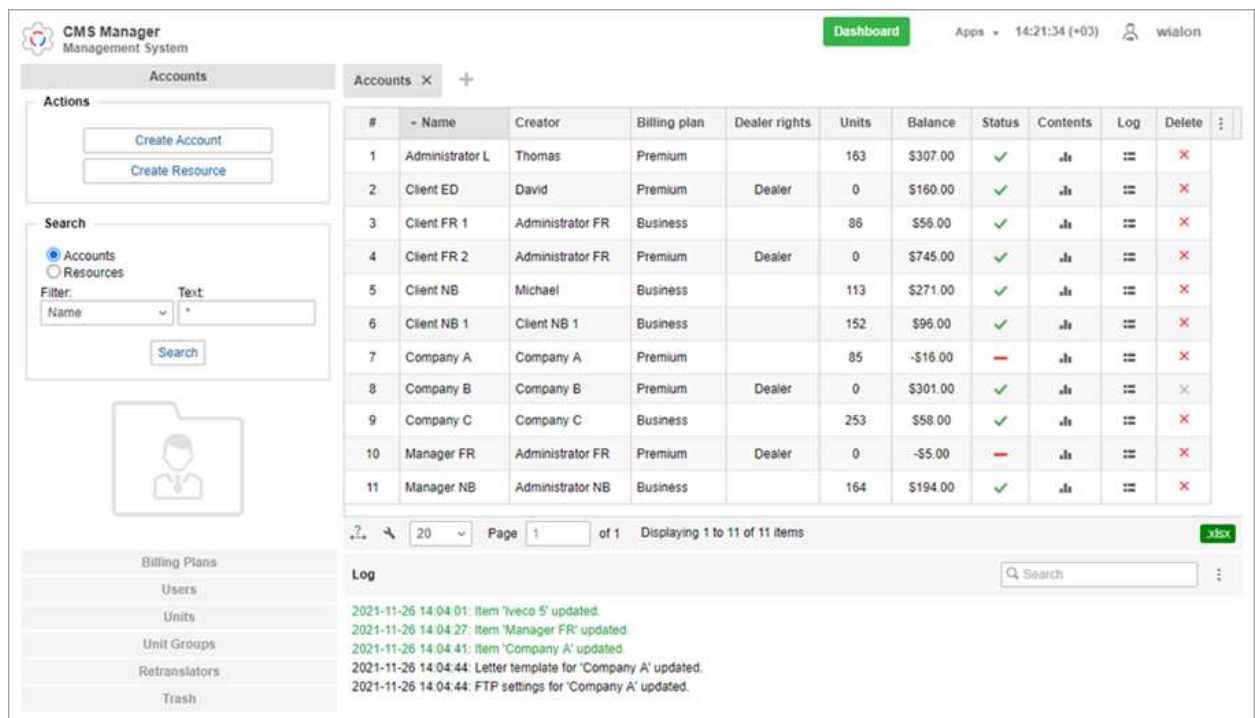


Рис. 3.2. Загальний вигляд системи управління Wialon Hosting

Усі системні об'єкти, які використовуються у Wialon, поділяються на мікро- та макрооб'єкти. До мікрооб'єктів належать:

- Геозони;
- Завдання;
- Сповіщення;
- Водії та групи водіїв;
- Причепи та групи причепів;
- Пасажири та групи пасажирів;
- Шаблони звітів;
- Замовлення.

Ці об'єкти завжди належать до певного ресурсу і є його невід'ємною частиною. З мікрооб'єктами можна працювати тільки в системі моніторингу.

Макрооб'єкти включають:

- Облікові записи та ресурси;
- Тарифні плани;
- Користувачі;
- Модулі;
- Групи;
- Ретранслятори;
- Маршрути.

Відмінними рисами макрооб'єктів є:

- Вони існують незалежно і не є частиною більшого об'єкта, такого як ресурс;
- Вони можуть містити менші об'єкти, які видаляються разом із макрооб'єктом, до якого вони належать;
- Властивості більшості макрооб'єктів (облікові записи, ресурси, користувачі, підрозділи, групи підрозділів) містять вкладку «Доступ», яка дозволяє керувати правами доступу до їх вмісту чи інших макрооб'єктів.

Управляти обліковими записами, ресурсами, тарифними планами і ретрансляторами можна тільки в системі управління. Користувачі, підрозділи та групи підрозділів доступні як у системі моніторингу, так і в системі управління. Маршрути доступні тільки в системі моніторингу.

Поняття обліковий запис і ресурс тісно пов'язані між собою, але між ними є істотні відмінності. Ресурс — це макрооб'єкт системи, який призначений для зберігання мікрооб'єктів (геозон, повідомлень, шаблонів звітів тощо). Ресурс створюється автоматично, коли ви створюєте обліковий запис, оскільки обліковий запис не може існувати без ресурсу. Ви також можете створити додаткові ресурси в обліковому записі вручну. Це може бути корисно, якщо необхідно, щоб різні користувачі мали доступ до різних об'єктів, оскільки ви можете надати доступ до всього ресурсу одночасно. Якщо ви вносите небажані зміни в ресурс, ви можете відновити деякі його об'єкти.

Обліковий запис – це макрооб’єкт системи, який складається з ресурсу, користувача та тарифного плану. При створенні облікового запису йому призначається тарифний план і одночасно створюється ресурс і користувач (якщо створювачем не обраний існуючий користувач). Обліковий запис може містити макрооб’єкти: інші облікові записи, користувачів, ресурси тощо. Облікові записи розташовані в ієрархії: усі вони мають батьківські облікові записи (крім топового) і можуть мати підпорядковані облікові записи. Бажано створювати окремі облікові записи для різних клієнтів. Завдяки тарифному плану, призначеному для кожного облікового запису, ви можете контролювати та обмежувати набір послуг, доступних користувачам.

Геозони – це певні області на карті, які використовуються для відстеження одиниць у цих областях або поза ними. Завдання – це набір дій, які виконуються автоматично за заданим розкладом. Ці дії включають надсилання команди, надсилання інформації про паливо, зміну прав доступу тощо. За допомогою сповіщень у системі моніторингу можна контролювати рух агрегату, показання датчиків, призначення водія та причепа тощо. Якщо спрацьовує сповіщення, можливі такі дії:

- Відправка мобільних повідомлень на Wialon і в додаток для Android/iOS;
- Відправка повідомлень електронною поштою, Telegram або SMS;
- Реєстрація подій у Wialon.

Модулі – це всі об’єкти, які можна відстежувати в системі моніторингу. Групи дозволяють об’єднувати модулі моніторингу за певними критеріями. Водії, причепа та пасажери можуть призначатися до модулів або відокремлюватись від них. Шаблон містить інформацію про те, які таблиці та діаграми будуть включені до звіту, який тип вмісту буде представлено в таблицях, порядок стовпців у таблицях і розділах у звіті, які графічні елементи відображатимуться на карті, і багато інших параметрів, які визначають вигляд кінцевого звіту. Маршрути складаються з контрольних точок, які модулі або групи повинні відвідати в певній або довільній послідовності згідно з заданим розкладом.

3.2. Система моніторингу Wialon Hosting

Система моніторингу [40] використовується кінцевими користувачами для відстеження своїх підрозділів (автопарк, обладнання, співробітники, домашні тварини тощо). Результати відстеження можна відобразити на екрані комп'ютера або експортувати у файли різних форматів. Відстеження модулів дозволяє здійснити:

- Визначення розташування груп і спостереження за їх переміщенням на карті;
- Спостереження за змінами різних параметрів модуля (швидкість, рівень палива, температура, напруга тощо) в режимі реального часу та за допомогою повідомлень;
- Управління групами (відправка команд і повідомлень, призначення завдань і маршрутів, налаштування сповіщень тощо), причепами та водіями (телефонні дзвінки, повідомлення, реєстрація робочих змін, закріплення за групою тощо);
- Відстеження групи, яка рухається за маршрутом з контрольними пунктами, які необхідно відвідати за розкладом;
- Інтерпретація інформації, отриманої від модуля, у різних видах звітів (таблиці, діаграми, треки руху, маркери подій, повна статистика тощо).

У Wialon використовуються різні методи обробки даних:

- Обробка даних у режимі реального часу;
- Обробка повідомлень з бази даних за запитом.

Обробка даних у реальному часі дозволяє швидко отримувати дані про поїздки, датчики, паливо, лічильники, перевищення швидкості та використовується:

- У повідомленнях про злив палива та повідомленнях про заправку палива та заряд акумулятора;
- На вкладці «Інформаційна панель»;
- У значеннях датчиків на вкладці «Моніторинг»;
- У таблиці звітів про перевищення швидкості, коли це можливо.

Дані, отримані в результаті такої обробки, прив'язані до часу і становлять часові інтервали. Якщо в якості методу виявлення руху вибрано датчик пробігу або відносний одометр, то при обробці даних у режимі реального часу пробіг розраховується за допомогою вибраного датчика. У цьому випадку не має значення, який тип лічильника пробігу налаштований для модуля. Якщо використовується інший метод виявлення руху, пробіг розраховується за допомогою GNSS.

Усі дані, надіслані трекерами, надходять до бази даних, яка зберігає їх у вигляді повідомлень. Кожного разу, коли користувач хоче отримати зведені дані (наприклад, при виконанні звітів або перегляді треків), запит направляється в базу даних і система обробляє всі повідомлення за вказаний проміжок часу. При зміні властивостей блоку перерахунок даних, оброблених в реальному часі, здійснюється автоматично через 5 хвилин. У разі обробки повідомлень з бази даних за запитом, зміни відображаються негайно.

На вкладці «Моніторинг» можна переглянути робочий список підрозділів і карту, на якій можна відстежувати їх переміщення в режимі реального часу. Тут ви можете знайти основні функції, пов'язані з блоками відстеження та їх параметрами.

Можна додати деякі або всі доступні модулі до списку завдань на вкладці «Моніторинг». Якщо модуль не додано до цього списку, ви не зможете використовувати його під час налаштування сповіщень, запуску звітів, запиту треків і виконання більшості інших дій на решті вкладок. Також у списку завдань модуля доступні властивості, які показані на рис. 3.3.

Властивості модуля включають до себе параметри моніторингу модуля, розширена інформація про модуль та міні карту. Параметри моніторингу дозволяють:

- Бачити рух і стан зв'язку модуля;
- Активувати опцію стеження за модулем, щоб він постійно перебував у видимій зоні карти;
- Дивитися показання датчиків і рівень заряду батареї модуля;

- Швидко отримувати трекі та створювати звіти;
- Відправляти команди та повідомлення на модуль;
- Записувати події тощо.

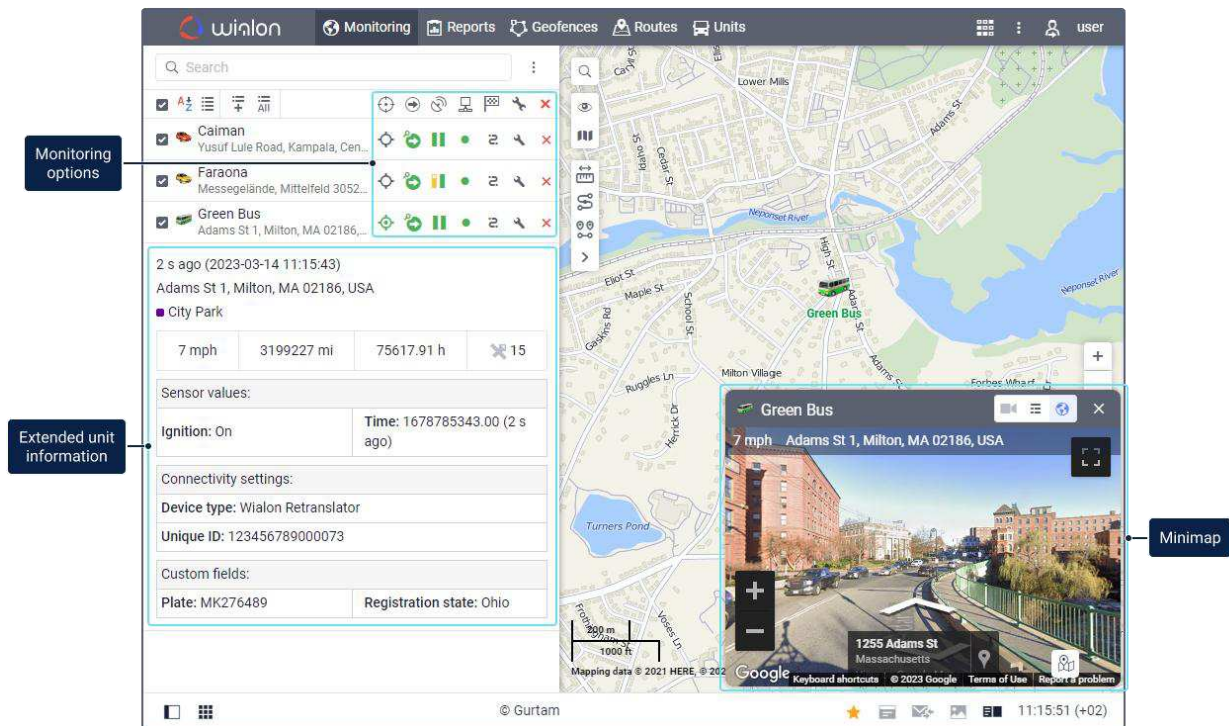


Рис. 3.3. Властивості модуля

За замовчуванням вкладка «Моніторинг» містить такі параметри:

- Адреса;
- Відстеження одиниць на карті;
- Втан руху;
- Актуальність даних;
- Стан підключення;
- Швидкий трек;
- Властивості.

Усі опції на вкладці «Моніторинг» умовно можна розділити на два типи. Опції інформації містять певну інформацію про поточний стан пристрою (рух/зупинка, значення датчика, стан підключення, актуальність даних). Щоб

отримати додаткову інформацію, перегляньте спливаючу підказку, яка з'являється, коли навести курсор на піктограму. Опції дій дозволяють виконати дії на модулі (реєстрація події, виконання команди або звіту, запит повідомлення, створення треку, редагування властивостей, видалення з робочого списку тощо). Як правило, усі подальші вказівки можна знайти у відповідних діалогових вікнах. Кнопки активних дій стають синіми, якщо на них навести курсор.

Команда – це запит, надісланий модулю для виконання певної дії: надсилання своїх координат на сервер, оновлення конфігурації, зупинка двигуна тощо. Команди створюються на вкладці «Команди» у властивостях пристрою. Є кілька способів відправлення команд модулям і їх групам:

- Вручну з вкладки «Моніторинг» ;
- Автоматично за допомогою завдання «Надіслати команду групам», що виконується за заданим розкладом;
- Автоматично за допомогою повідомлення з дією «Надіслати команду»;
- Вручну з програми для iOS або Android.

При відправці команд необхідно враховувати деякі особливості. Щоб надіслати команду групі, цю команду необхідно створити у властивостях кожного модуля та вказати для неї однакове ім'я та тип. Команди «Надіслати маршрут» і «Надіслати маршрутні точки» дозволяють надсилати лише вручну, оскільки вам слід вказувати параметри маршруту щоразу, коли ви надсилаєте команду, а не під час її створення. Команди «Завантажити конфігурацію» та «Завантажити мікропрограму», створені без вибору файлу, не можна надіслати за допомогою завдання чи сповіщення. Команду «Надіслати повідомлення водієві» можна надіслати до модуля не лише за допомогою методів, описаних вище, але також із вікна «Чат з водіями», у якому відображаються відповіді на ваші повідомлення.

3.3. Система управління Wialon Hosting

Для ефективної роботи з сервісом Wialon необхідно правильно організувати його структуру та правильно налаштувати ієрархію облікових записів [41]. Тип облікового запису залежить від ролі (або ролей), яку виконує користувач у системі. У Wialon є такі типи облікових записів:

- Топовий обліковий запис;
- Обліковий запис з правами дилера;
- Обліковий запис без прав дилера.

Топ-акаунт доступний власнику сервісу з моменту активації Wialon. Його ім'я служить глобальним ідентифікатором служби в системі. Однотарифний план, доступний власнику послуги, включає всі придбані функції. Це системний обліковий запис і план, тому власник служби не може редагувати їх без участі представників Wialon. Для топового облікового запису доступні спеціальні функції:

- Створення платіжних планів;
- Керування картами;
- Активація модулів;
- Додавання та налаштування програм.

Користувач облікового запису з дилерськими правами може створювати та керувати підлеглими обліковими записами (блокувати їх, змінювати права, контролювати платежі тощо). Для цього користувача також доступні всі функції облікового запису без дилерських прав.

Користувач облікового запису без прав дилера не може створювати підпорядковані облікові записи. Однак вони можуть створювати інших користувачів і надавати їм доступ до необхідних об'єктів в обліковому записі. Як і інші користувачі, користувач такого облікового запису працює з системою відповідно до своїх прав: контролює рух модулів, стежить за водіями та причепами, складає звіти тощо. Крім того, користувач без прав дилера може створювати одиниці у своєму обліковому записі, що не рекомендується в

обліковому записі з правами дилера та недоступно в обліковому записі верхнього рівня.

Рекомендується налаштувати ієрархію щонайменше з трьох рівнів (топовий обліковий запис, обліковий запис з правами дилера, облікові записи без прав дилера). Залежно від специфіки конкретного підприємства, може знадобитися більш глибока і розгалужена структура обслуговування.

При організації ієрархії враховуйте наступні правила:

- Підпорядкований обліковий запис не може мати більше прав і можливостей, ніж материнський;
- Коли об'єкти створюються в підпорядкованому обліковому записі, права на них автоматично надаються користувачам, зазначеним як творці у вертикальній ієрархії (рис. 3.4);
- Для кожного клієнта рекомендується створити окремий обліковий запис;
- Не рекомендується надавати доступ до верхнього облікового запису всім співробітникам;
- Не рекомендується збільшувати кількість рівнів і гілок в ієрархії без необхідності, оскільки це сповільнює роботу системи.

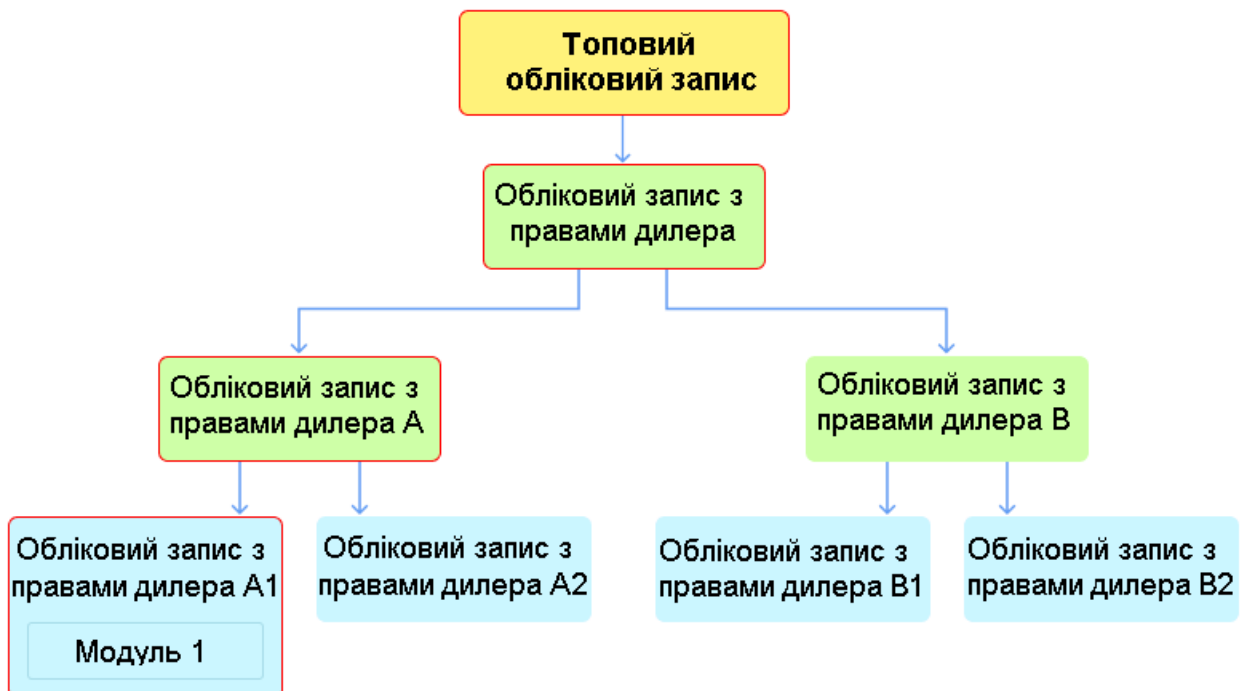


Рис. 3.4. Приклад організації ієрархії підприємства

На рис. 3.4 в обліковому записі без прав дилера A1 створено модуль 1. Усі користувачі, які вказані як творці та облікові записи яких мають червоний контур, отримали права доступу до цього модуля.

Право доступу – це можливість бачити певні об'єкти системи та виконувати з ними дозволені дії. Користувачі Wialon можуть мати права доступу до таких макрооб'єктів системи:

- Облікові записи та ресурси;
- Користувачі;
- Модулі;
- Групи;
- Маршрути.

Права доступу можуть бути надані користувачам усіх типів облікових записів і на будь-якому рівні ієрархії. Як правило, користувач вищого рівня надає права доступу користувачеві нижчого рівня. Надати або обмежити права доступу можна на вкладці «Доступ» у властивостях користувача або макрооб'єкта, на який користувач має отримати права.

Стандартні права – це права доступу, пов'язані з діями, які користувач може виконувати з усіма макрооб'єктами. Таких прав у системі 16, наприклад: «Переглянути об'єкт та його основні властивості», «Керувати доступом до цього об'єкта», «Видалити об'єкт» тощо. Спеціальні права – це права доступу, характерні лише для певного типу макрооб'єктів. Наприклад, користувачі можуть мати право доступу до пристрою на створення, редагування та видалення інтервалів обслуговування, право на дію від імені цього користувача для іншого користувача, право на створення, редагування та видалення геозон для ресурсу тощо.

Висновки за розділом 3

Розглянуто основні переваги web-платформ для моніторингу транспортних засобів. Обрано платформу Wialon Hosting. Описано основи роботи з системою моніторингу та системою управління Wialon Hosting. Розглянуто типові параметри, які часто використовуються в процесі роботи з платформою Wialon Hosting. Наведено приклад організації ієрархії підприємства при використанні даної платформи.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

4.1. Постановка проблеми

Міський електричний транспорт є складовою частиною транспортної мережі України. На сьогоднішній день парк рухомого складу нараховує декілька тисяч одиниць трамваїв та тролейбусів, більшість з яких відпрацювали свій ресурс, а в деяких містах цей показник досягає майже 100%. За останні півтора десяти років кількість рухомого складу міського електротранспорту України зменшився на третину, у зв'язку з чим в окремих містах України відбулося скорочення мережі трамвайних і тролейбусних ліній. При цьому потреби міського населення в перевезеннях необхідно задовольняти, адже в Україні міський електротранспорт обслуговує більше 50% внутрішньоміських пасажирських перевезень. Протягом року послугами міського електротранспорту користується приблизно 2000 млн. пасажирів, з них 50-60% – пільговики різних категорій. При цьому об'єми пасажирських перевезень міським електротранспортом з кожним роком зменшуються.

Тому необхідно розроблювати заходи з підвищення ефективності перевезення пасажирів за допомогою міського електричного транспорту. В якості приклада візьмемо електричний транспорт у місті Дніпро.

Для досягнення поставленого завдання необхідно вирішити такі задачі:

- Проаналізувати статистичні дані пасажирських перевезень міським електричним транспортом;
- Розробити модель оптимального розподілу рухомого складу на маршрутах міського електричного транспорту;
- Розв'язати задачу оптимізації та проаналізовано результати розв'язку.

Важливість якості обслуговування пасажирів збільшується в умовах формування ринкового середовища і розвитку конкуренції (між окремими видами транспорту). З розвитком ринку транспортних послуг у споживача (пасажира)

з'явилась можливість вибору найбільш якісного, зручного і безпечного виду перевезень. Пасажир буде обирати той вид транспорту, де якість обслуговування (гарантії ввічливості, доброзичливості, комфортності, швидкості, безпеки і т.д.) найвищі. Вибрані за такими критеріями транспортні підприємства будуть мати більші доходи, прибутки, будуть найбільш конкурентоспроможні.

Раціональне використання рухомого складу на маршрутах є основним показником ефективності роботи підприємств, адже це є і економічна ефективність роботи підприємства, і перевезення пасажирів в комфортних умовах, недопущення переповненості рухомого складу. Для вирішення такої задачі застосовується оптимізаційна задача з системами обмежень. Щоб створити таку задачу наближену до реальності, необхідно розглянути кожний маршрут окремо, а потім всю систему цілком.

Для визначення характеристик тролейбусних маршрутів було взято маршрути, які обслуговує тролейбусне депо №1 у місті Дніпро. Це маршрути: 2, 3, 7, 10, 12, 14, 15, 17, 20. Основні характеристики маршрутів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Основні характеристики тролейбусних маршрутів

№ маршруту	2	3	7	10	12	14	17	20
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Перша кінцева зупинка	вул. Глінки	вул. Холодильна	вул. Холодильна	пл. Соборна	вул. Глінки	вул. Глінки	ж/м Калиновський 6	ж/м Лівобережний 3
Друга кінцева зупинка	ж/м Парус 2	пл. Старомостова	вул. Глінки	ж/м Перемога 5	ж/м Перемога 5	ж/м Сонячний	вул. Глінки	вул. Глінки

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Максимальний пасажиропотік у годину «пік»	840	742	161	405	708	216	407	1208
Довжина прямого маршруту	6,14	5,67	4,32	3	4,57	2,2	4,7	6,1
Довжина зворотного маршруту	6,3	5,67	4,65	3,22	4,77	2,05	4,6	5,8
Довжина маршруту	12,44	11,34	8,97	6,22	9,34	4,25	9,3	11,9
Довжина прямої повітряної ділянки	10,36	6,91	7,12	4,37	6,08	2,42	6,41	7,55
Кількість зупинок прямого маршруту	19	17	14	13	18	6	15	19
Кількість зупинок зворотного маршруту	18	16	12	12	17	6	16	18

Схеми маршрутів наведено на рис. 4.1-4.8.



Рис. 4.1. Схема маршруту тролейбуса №2

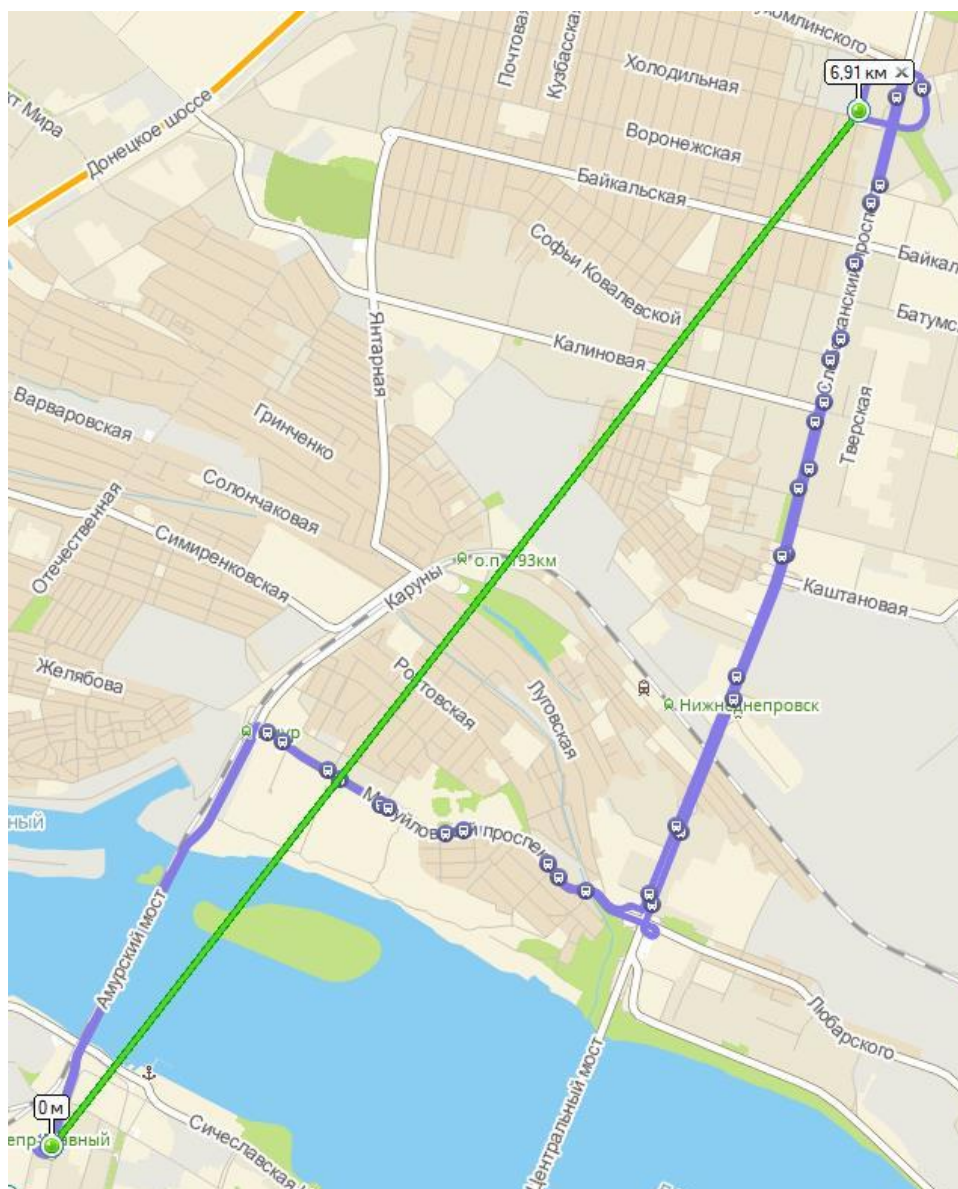


Рис. 4.2. Схема маршруту тролейбуса №3



Рис. 4.3. Схема маршрута тролейбуса №7

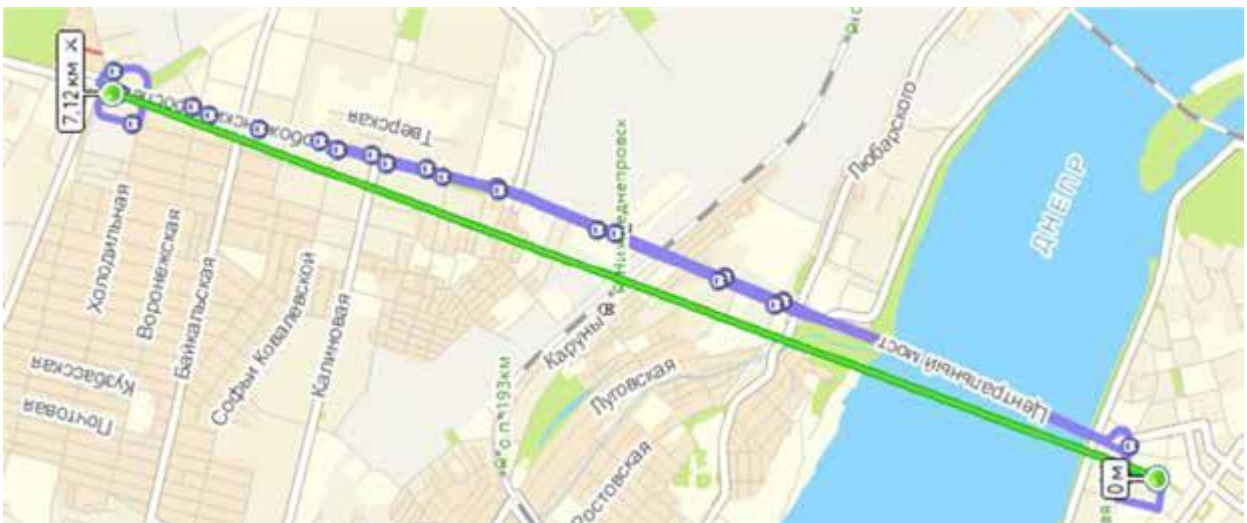


Рис. 4.4. Схема маршрута тролейбуса №10



Рис. 4.5. Схема маршрута тролейбуса №12

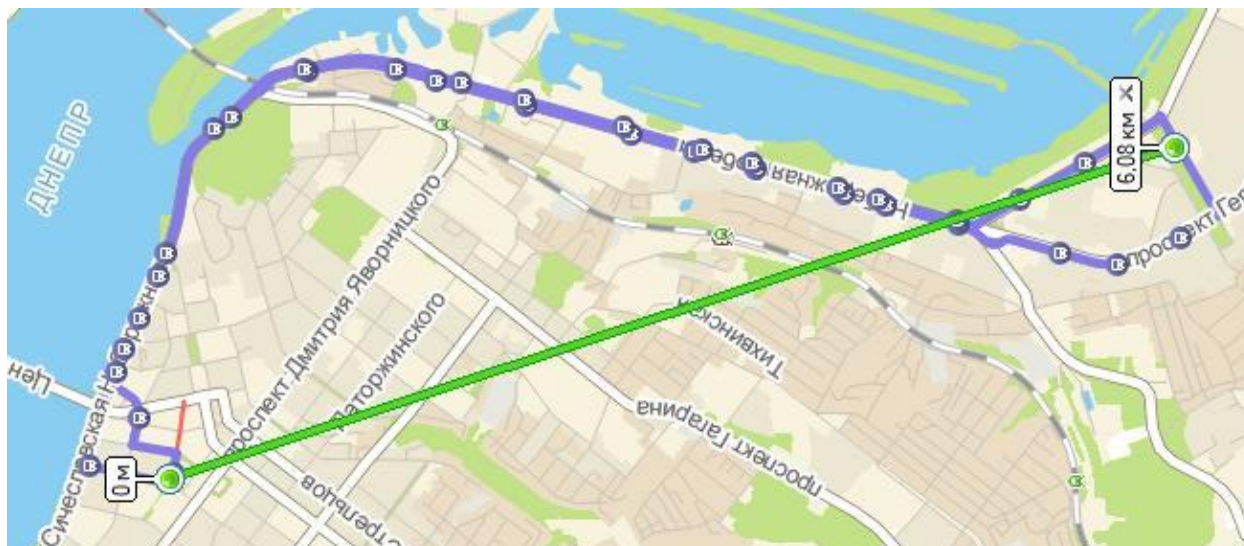


Рис. 4.6. Схема маршруту тролейбуса №14



Рис. 4.7. Схема маршруту тролейбуса №17

Отже, оптимізацію логістичних рішень слушно розглядати скоріше як циклічний процес, що постійно відновлюється, а не лише як окремий акт цього процесу. Знаходять розв'язок оптимізаційної логістичної задачі з використанням спеціальних математичних методів оптимізації, комп'ютерних програм та засобів обчислювальної техніки на основі належної вихідної інформації. Найчастіше оптимізаційні логістичні задачі є багатовимірними та в узагальненій формі мають вигляд:

$$y = f(x) \rightarrow \max(\min) \Big\}_{x \in X}, \quad (4.1)$$

де X – множина допустимих планів (альтернатив, дій, попередніх варіантів логістичних рішень);

f – числова функція, визначена на множині X , яка разом із вимогою максимізації або мінімізації називається цільовою функцією.

Розв'язок оптимізаційної логістичної задачі (4.1) утворює пара X^*, y^* , де X^* – множина оптимальних планів, y^* – оптимальне (максимальне або мінімальне – залежно від оптимізаційної спрямованості) значення цільової функції, що досягається нею на множині допустимих планів X .

До основних експлуатаційних характеристик маршруту належить:

1. Коефіцієнт непрямолінійності маршруту:

$$k_{\text{непр}} = \frac{L_{\text{м}}}{L_{\text{вп}}}, \quad (4.2)$$

де $L_{\text{м}}$ – довжина маршруту, км;

$L_{\text{вп}}$ – відстань між кінцевими пунктами по повітрю, км.

2. Час рейсу тролейбуса в прямому $t_{\text{р}}^{\text{пр}}$ та зворотному $t_{\text{р}}^{\text{зв}}$ напрямку розраховується за залежностями, хв:

$$t_{\text{р}}^{\text{пр}} = \frac{60 \cdot L_{\text{м}}^{\text{пр}}}{V_{\text{т}}} + n_{\text{пз}}^{\text{пр}} \cdot t_{\text{пз}} + t_{\text{кз}}, \quad (4.3)$$

$$t_p^{3B} = \frac{60 \cdot L_M^{3B}}{V_T} + n_{ПЗ}^{3B} \cdot t_{ПЗ} + t_{КЗ}, \quad (4.4)$$

де V_T – технічна швидкість тролейбуса, км/год;

$L_M^{ПР}, L_M^{3B}$ – довжина маршруту у прямому та зворотному напрямках, км;

$n_{ПЗ}^{ПР}, n_{ПЗ}^{3B}$ – кількість проміжних зупинок на маршруті у прямому та зворотному напрямках;

$t_{ПЗ}$ – час простою на проміжній зупинці, хв;

$t_{КЗ}$ – час простою на кінцевій зупинці, хв.

3. Час оборотного рейсу тролейбуса дорівнює, хв:

$$t_{об} = t_p^{ПР} + t_p^{3B}. \quad (4.5)$$

4. Час сполучення за оборотний рейс, хв:

$$t_c^{об} = t_{об} - 2 \cdot t_{КЗ}. \quad (4.6)$$

5. Експлуатаційна швидкість тролейбуса, км/год:

$$V_e = \frac{60 \cdot (L_M^{ПР} + L_M^{3B})}{t_{об}}. \quad (4.7)$$

6. Швидкість сполучення тролейбуса, км/год:

$$V_c = \frac{60 \cdot (L_M^{ПР} + L_M^{3B})}{t_c^{об}}. \quad (4.8)$$

7. Необхідна кількість тролейбусів A на маршруті у годину «пік»:

$$A = \frac{Q_{max} \cdot t_{об}}{60 \cdot q_H}, \quad (4.9)$$

де Q_{max} – максимальний пасажиропотік у годину «пік»;

q_n – номінальна пасажиромісткість тролейбуса (табл. 4.2).

8. Інтервал руху тролейбусів у годину «пік», хв:

$$I = \frac{t_{об}}{A}. \quad (4.10)$$

Таблиця 4.2. Параметри різних моделей тролейбусів

№ за списком	Модель	Пасажи- роміст- кість	Вартість години роботи, грн	Коефіцієнт комфорт- ності	Кількість тролейбусів в депо №1
1	ЮМЗ Т2	100	1187,9	1	45
2	Дніпро Т203	100	954,1	1,5	25
3	БКМ- 321	115	871,5	1,5	13
4	Дніпро Т103	108	1082,9	1,3	5
5	ЗіУ- 682Г	98	1085,7	1	3

Результати розрахунків основних експлуатаційних характеристик за формулами (4.2)-(4.10) для кожного маршруту наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3. Результати розрахунків основних експлуатаційних характеристик для кожного маршруту

№ маршруту	2	3	7	10	12	14	17	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$k_{непр}$	1,20	1,64	1,26	1,42	1,54	1,76	1,45	1,58
$t_p^{пр}$, хв	46,03	42,26	34,20	28,25	39,14	18,25	36,63	45,88

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
t_p^{3B} , хв	45,63	41,26	33,44	28,08	38,89	17,69	37,25	43,75
$t_{об}$, хв	91,65	83,53	67,64	56,33	78,03	35,94	73,88	89,63
$t_c^{об}$, хв	83,65	75,53	59,64	48,33	70,03	27,94	65,88	81,63
V_e , км/год	8,14	8,15	7,96	6,63	7,18	7,10	7,55	7,97
V_c , км/год	8,92	9,01	9,02	7,72	8,00	9,13	8,47	8,75
A , штук	7	7	3	6	9	3	4	14
I , хв	13,09	11,93	22,55	9,39	8,67	11,98	18,47	6,40

Відповідно до статистичних даних в табл. 4.4 наведені вартість години та коефіцієнт комфортності для кожного маршруту.

Таблиця 4.4. Вартість години роботи та коефіцієнт комфортності для кожного маршруту

№ маршруту	2	3	7	10	12	14	17	20
Вартість години роботи, грн	13406	11842	2570	6464	11300	3447	6496	19280
Коефіцієнт комфортності	12,1	9,5	2	7	9,1	4,1	4	14,6

Системи лінійних нерівностей представляють собою кількісні характеристики пасажиропотоків на маршрутах, місткість різних типів рухомого складу, їх комфортність, вартість години роботи. Для кожного маршруту будується окрема система лінійних нерівностей, виходячи з даних, а потім об'єднуються в одну. Цільова функція показує нам мінімізацію кількості рухомого складу тролейбусів на маршрутах у відповідності до заданих обмежень:

$$\begin{aligned}
& F = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \min, \\
& \left\{ \begin{aligned}
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{2,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{2,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{2,3} \end{cases} \\
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{3,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{3,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{3,3} \end{cases} \\
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{7,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{7,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{7,3} \end{cases} \\
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{10,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{10,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{10,3} \end{cases} \\
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{12,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{12,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{12,3} \end{cases} \\
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{14,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{14,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{14,3} \end{cases} \\
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{17,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{17,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{17,3} \end{cases} \\
& \begin{cases} a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 \geq z_{20,1} \\ b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 \leq z_{20,2} \\ c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \geq z_{20,3} \end{cases} \\
& 0 \leq x_1 \leq n_1; 0 \leq x_2 \leq n_2; 0 \leq x_3 \leq n_3; 0 \leq x_4 \leq n_4; 0 \leq x_5 \leq n_5 \\
& x \in Z
\end{aligned} \right. \quad .(4.11)
\end{aligned}$$

де x_i – кількість тролейбусів i -ої моделі, задіяних на маршрутах;

a_i, b_i, c_i – відповідно пасажиромісткість, вартість години роботи, коефіцієнт комфортності i -ої моделі (табл. 4.2);

n_i – кількість тролейбусів i -ої моделі, наявних в тролейбусному депо №1 (табл. 4.2);

$z_{j,1}, z_{j,2}, z_{j,3}$ – відповідно максимальний пасажиропотік (табл. 4.1), вартість години роботи (табл. 4.4), коефіцієнт комфортності (табл. 4.4) на j -ому маршруті;

Z – простір цілих чисел.

4.3. Розв'язання задачі оптимізації

Підставимо наявні дані у (4.12) та отримаємо економіко-математичну модель для оптимізації розподілу рухомого складу на обраних маршрутах міського електричного транспорту:

$$\begin{aligned}
 & F = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \min, \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 840 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 13406 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 12,1 \end{aligned} \right. \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 742 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 11842 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 9,5 \end{aligned} \right. \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 161 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 2570 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 2,6 \end{aligned} \right. \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 405 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 6464 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 7 \end{aligned} \right. \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 708 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 11300 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 9,1 \end{aligned} \right. \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 216 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 3447 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 4,1 \end{aligned} \right. \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 407 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 6496 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 4 \end{aligned} \right. \\
 & \left\{ \begin{aligned} & 100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 115 \cdot x_3 + 108 \cdot x_4 + 98 \cdot x_5 \geq 1208 \\ & 1187,9 \cdot x_1 + 954,1 \cdot x_2 + 871,5 \cdot x_3 + 1082,9 \cdot x_4 + 1085,7 \cdot x_5 \leq 19280 \\ & x_1 + 1,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3 + 1,5 \cdot x_4 + x_5 \geq 14,6 \end{aligned} \right. \\
 & 0 \leq x_1 \leq 45; 0 \leq x_2 \leq 25; 0 \leq x_3 \leq 13; 0 \leq x_4 \leq 5; 0 \leq x_5 \leq 3 \\
 & x \in Z
 \end{aligned}$$

Розрахунки проведено в середовищі MS Excel (рис. 4.9).

Коефіцієнти при					Задані обмеження	Маршрут
x1	x2	x3	x4	x5		
100	100	115	108	98	840	2
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	13406	
1	1,5	1,5	1,3	1	12,1	
100	100	115	108	98	742	3
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	11842	
1	1,5	1,5	1,3	1	9,5	
100	100	115	108	98	161	7
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	2570	
1	1,5	1,5	1,3	1	2	
100	100	115	108	98	405	10
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	6464	
1	1,5	1,5	1,3	1	7	
100	100	115	108	98	708	12
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	11300	
1	1,5	1,5	1,3	1	9,1	
100	100	115	108	98	216	14
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	3447	
1	1,5	1,5	1,3	1	4,1	
100	100	115	108	98	407	17
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	6496	
1	1,5	1,5	1,3	1	4	
100	100	115	108	98	1208	20
1187,9	954,1	871,5	1082,9	1085,7	19280	
1	1,5	1,5	1,3	1	14,6	
45	25	13	5	3	Обмеження кількості	

Рис. 4.9. Вихідні дані в середовищі MS Excel

Параметри розв'язувача наведені на рис. 4.10.

Оптимізувати цільову функцію: 

До: ☐ Максимум ☒ Мінімум ☐ Значення:

Змінюючи клітинки змінних: 

Підлягає обмеженням:

\$C\$40:\$G\$40 = ціле
\$C\$40:\$G\$49 = ціле
\$C\$50 <= 45
\$D\$50 <= 25
\$E\$50 <= 13
\$F\$50 <= 5
\$G\$50 <= 3
\$H\$10 <= \$I\$10
\$H\$11 >= \$I\$11
\$H\$12 >= \$I\$12
\$H\$13 <= \$I\$13
\$H\$14 >= \$I\$14
\$H\$15 >= \$I\$15

☒ Зробити необмежені змінні не від'ємними

Виберіть метод розв'язання: 

Метод розв'язання

Для розв'язання гладких нелінійних задач виберіть розв'язувач нелінійних задач за методом зведеного градієнта. Для розв'язання лінійних завдань виберіть розв'язувач за симплекс-методом, для негладких завдань виберіть розвиваний розв'язувач.

Рис. 4.10. Параметри розв'язувача в середовищі MS Excel

Після розв'язання задачі оптимізації результати зведено в табл. 4.5. Також в табл. 4.5 наведені дані про кількість тролейбусів до оптимізації з метою порівняння. Відносний розподіл різних моделей тролейбусів до [43] і після оптимізації наведено на рис. 4.11.

Таблиця 4.5. Кількість тролейбусів на маршрутах до і після оптимізації

№ маршруту	До/після оптимізації					
	ЮМЗ Т2	ДНІПРО Т203	БKM-321	ДНІПРО Т103	ЗіУ-682	Всього
2	3/0	6/8	3/2	0/1	0/0	12/11
3	5/1	2/0	0/4	2/3	0/0	9/8
7	2/0	0/1	0/0	0/0	0/1	2/2
10	1/1	3/0	0/3	0/0	0/0	4/4
12	2/0	3/5	0/0	0/0	1/1	6/6
14	0/0	2/3	0/0	1/1	1/0	4/4
17	6/3	0/0	0/2	0/0	0/0	6/5
20	9/2	3/8	3/2	0/0	0/1	15/13
Всього	28/7	19/25	6/13	3/5	2/3	58/53

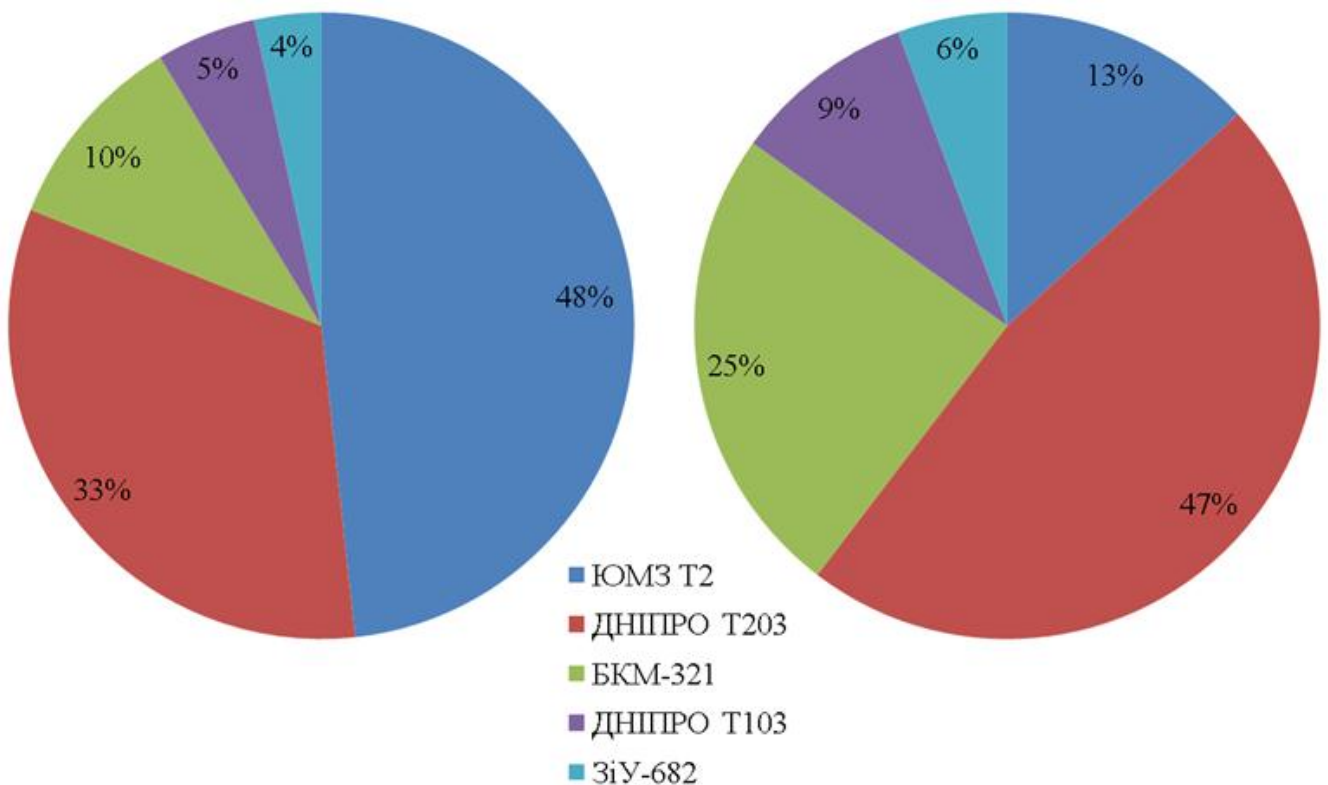


Рис. 4.11. Відносний розподіл різних моделей тролейбусів до і після оптимізації

Відповідно до отриманих значень кількості рухомого складу на кожному маршруті можна обчислити вартість години роботи та інтервал руху тролейбусів (табл.. 4.6).

Таблиця 4.6. Вартість години роботи та інтервал руху тролейбусів на маршрутах до і після оптимізації

№ маршруту	До оптимізації			Після оптимізації		
	Кількість	Вартість, грн	Інтервал, хв	Кількість	Вартість, грн	Інтервал, хв
2	12	13406	13,09	11	10459	14,28
3	9	11842	11,93	8	7923	13,42
7	2	2570	22,55	2	2040	22,55
10	4	6464	9,39	4	3802	9,39
12	6	11300	8,67	6	5856	8,67
14	4	3447	11,98	4	3945	11,98
17	6	6496	18,47	5	5307	22,16
20	15	19280	6,40	13	18144	7,38
Всього	58	74805	—	53	57476	—

Виходячи з розрахунків завдяки оптимізації на всіх маршрутах можна скоротити кількість рухомого складу на 5 одиниць (на 8,6%), вартість години роботи зменшити на 17329 грн (23%). Слід зазначити, що зменшення рухомого складу впливає на інтервал руху тролейбусів, але це зменшення в основному відбувається на маршрутах, де велика кількість рухомого складу, відповідно, зміна інтервалу не є суттєвою.

Виходячи з рис. 4.11-4.12 можна побачити, що до оптимізації старий рухомий склад (тролейбуси ЗиУ-682 і ЮМЗ Т2) складає 52%, за підсумками оптимізації маємо, що старий рухомий склад складає 19%, це означає, що новий рухомий склад необхідно випускати максимум, який наявний в депо, а старий

рухомий склад використовувати, як підмінний рухомий склад, якщо який тролейбус зламався або йому потрібні регламентні роботи.

Дана оптимізаційна модель дуже гнучка і може легко змінюватись у зв'язку з невизначеністю пасажиропотоків у місті (сезонність, дні тижня, карантинні обмеження), невизначеність економічної ситуації (зміна вартості енергоносіїв, зміна вартості імпортованих запчастин для рухомого складу, інфляційні процеси), що впливає на собівартість перевезень.

Висновки за розділом 4

Проаналізовано статистичні дані пасажирських перевезень міським електричним транспортом у місті Дніпро. Розроблено модель оптимального розподілу рухомого складу на маршрутах міського електричного транспорту. Розв'язано задачу оптимізації та проаналізовано результати розв'язку.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

5.1. Загальні положення

Основними статтями для обчислення економічної ефективності від упровадження нових алгоритмів управління системою міського електротранспорту є витрати на розроблення, впровадження і супровід автоматизованої системи управління (АСУ), а також прибуток, який отримується від упровадження досконалішої системи управління.

Для розрахунку економічної ефективності від упровадження АСУ переважно використовують такі методи:

- Якщо підприємство користується послугами сторонніх фірм-розробників, то, як правило, оцінюється майбутня робота виходячи зі складності проекту в нормо-годинах. Вартість нормо-години розраховується розробником виходячи з витрат на заробітну плату, машинний час, вартість амортизації, електроенергії, обладнання і т. д. У результаті між підприємством, на якому відбувається впровадження програмного забезпечення, і розробником укладається контракт із фіксованою сумою витрат;
- Якщо підприємство для розроблення й упровадження АСУ використовує свої сили, тоді економічний ефект можна розрахувати так:

$$E_p = B - E_H \times S_{\text{ПП}}, \quad (5.1)$$

де B – річна економія коштів, що витрачаються на розроблення програмного продукту в результаті його впровадження;

$S_{\text{ПП}}$ – одноразові капітальні витрати на розроблення програмного продукту;

E_H – нормативний коефіцієнт ($E_H = 0,25$).

Капітальні витрати на етапі розроблення програмного продукту $S_{\text{ПП}}$ складаються із: заробітної плати розробників Z_H ; витрат на використання комп'ютерів і оргтехніки S_M ; витрат на придбання витратних матеріалів (дисків, папіру, картриджів для принтерів і т. д.) $S_{\text{ВМ}}$; накладних витрат $S_{\text{НВ}}$.

Загалом витрати на розроблення програмного продукту будуть визначатися за формулою:

$$S_{\text{ПП}} = T_{\text{М}} \times c_{\text{М}} + S_{\text{ВМ}} + \sum_{j=1}^m Z_{j\text{Д}} T_{j\text{П}} \left[\left(1 + \frac{W_{\text{Д}}}{100\%} \right) \left(1 + \frac{W_{\text{С}}}{100\%} \right) + \frac{W_{\text{НВ}}}{100\%} \right], \quad (5.2)$$

де $T_{\text{М}}$ – машинний час, год.;

$c_{\text{М}}$ – вартість однієї години машинного часу;

m – кількість розробників;

$Z_{j\text{Д}}$ – денна заробітна плата j -го розробника;

$T_{j\text{П}}$ – кількість днів роботи j -го розробника;

$W_{\text{Д}}$ – відсоток додаткової заробітної плати (10–20%);

$W_{\text{С}}$ – відсоток відрахувань на соціальні потреби (ЄСВ 22,0% + військовий збір 1,5%);

$W_{\text{НВ}}$ – накладні витрати (100–200%).

5.2. Розрахунок економічної ефективності

Для розрахунку витрат на розроблення програмного продукту необхідно визначити тривалість кожної робочої операції – починаючи зі складання технічного завдання і закінчуючи оформленням документації (табл. 5.1). Тривалість етапу проектування $T_{\text{П}} = 16$ днів.

Таблиця 5.1. Тривалість робіт з впровадження АСУ

Найменування робіт	Виконавець	Тривалість робіт, днів	Машинний час, год.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Підготовка вихідних даних	Інженер	2,1	–
Розроблення технічного завдання	Начальник відділу	0,9	–
Аналіз технічного завдання	Інженер	1,0	–

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Затвердження технічного завдання	Начальник відділу	0,2	–
Вивчення довідкової літератури	Інженер	1,0	–
Розроблення основних етапів роботи	Інженер	1,1	–
Розроблення алгоритму програми	Інженер	0,8	–
Розроблення програми	Інженер	1,3	16,8
Налаштування програми	Інженер	0,7	14,8
Навчання персоналу	Інженер	1,0	4,5
Техніко-економічне обґрунтування	Інженер	1,7	2,9
Оформлення пояснювальної записки	Інженер	3,4	31,6
Виготовлення плакатів	Інженер	0,8	3,4
Всього		16	75

Усі дані для розрахунку витрат на розроблення програмного продукту наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2. Витрати на впровадження АСУ

Параметр	Позначення	Значення
Машинний час	T_M , год.	75
Вартість 1 години машинного часу	c_M , грн./год.	30
Заробітна плата розробника (інженера)	Z_I , грн.	35000
Заробітна плата начальника відділу	$Z_{НВ}$, грн.	45000
Кількість днів роботи інженера-розробника	T_I , днів	14,9
Кількість днів начальника відділу	$T_{НВ}$, днів	1,1
Витрати на придбання витратних матеріалів	$S_{ВМ}$, грн.	3200
Відсоток додаткової заробітної плати	W_D , %	20
Відсоток відрахувань із заробітної плати	W_C , %	23,5
Накладні витрати	$W_{НВ}$, %	200

За допомогою отриманих даних розраховуються витрати на розроблення програмного продукту:

$$S_{\text{ПП}} = 75 \times 30 + 3200 + \left[\left(\frac{45000}{22} \right) \times 1.1 + \left(\frac{35000}{22} \right) 14.9 \right] \times \\ \times \left[\left(1 + \frac{20}{100} \right) \times \left(1 + \frac{23.5}{100} \right) + \frac{200}{100} \right] = 95824 \text{ грн.}$$

Ця АСУ розроблялася з розрахунку на те, що в організації вже є комп'ютери та інші апаратні засоби і функціональна версія програмного продукту, а для обслуговування у штаті є співробітник. До експлуатаційних витрат включаються: витрати на заробітну плату персоналу; витрати на функціонування програми. Вирішення завдання з розподілу тролейбусів по маршрутам займало близько 0,5 години, а після впровадження АСУ, як, воно стало займати 0,1 години. Це завдання виконується 1 раз на день. Отже, у рік цей час становитиме:

$$T_A = 0,5 \times 365 = 182,5 \text{ години}; T_P = 0,1 \times 365 = 36,5 \text{ години.}$$

До впровадження запропонованих алгоритмів і модернізації програмного забезпечення в роботі був задіяний один працівник – диспетчер, заробітна плата Z_D якого становила 17 тис грн/міс.

Тому витрати на заробітну плату в рік (при 22 робочих дні в місяці) становили:

$$S_E = Z_D T_a \left[\left(1 + \frac{W_D}{100\%} \right) \left(1 + \frac{W_C}{100\%} \right) + \frac{W_{\text{НВ}}}{100\%} \right] = \\ = \left(\frac{17000}{22 \times 8} \right) \times 182,5 \times \left[\left(1 + \frac{20}{100} \right) \times \left(1 + \frac{23.5}{100} \right) + \frac{200}{100} \right] = 61380 \text{ грн.}$$

Після впровадження АСУ для обслуговування програмного продукту необхідний диспетчер із заробітною платою 17 тис грн/міс. Для обслуговування розробленої методики і одного комп'ютера витрачалося 10% робочого часу інженера із заробітною платою 35 тис грн/міс. Тому витрати на заробітну плату в рік становлять:

$$\begin{aligned}
S_p &= T_M \times c_M + [Z_d \times T_M + Z_I \times T_M \times 0,1] \times \left[\left(1 + \frac{W_d}{100\%}\right) \left(1 + \frac{W_c}{100\%}\right) + \frac{W_{HB}}{100\%} \right] = \\
&= 36,5 \times 30 + \left[\left(\frac{17000}{22 \times 8}\right) \times 36,5 + \left(\frac{35000}{22 \times 8}\right) \times 36,5 \times 0,1 \right] \times \\
&\times \left[\left(1 + \frac{20}{100}\right) \times \left(1 + \frac{23,5}{100}\right) + \frac{200}{100} \right] = 15898 \text{ грн.}
\end{aligned}$$

Річна економія коштів від впровадження АСУ визначається за формулою:

$$B = S_E - S_p = 61380 - 15898 = 45482 \text{ грн.}$$

Звідси, річний економічний ефект становить:

$$E_p = B - 0,25 \times S_{III} = 45482 - 0,25 \times 95824 = 21526 \text{ грн.}$$

Висновки за розділом 5

Розглянуто типи витрат на розроблення, впровадження і супровід АСУ, а також прибуток, який отримується від впровадження досконалішої системи управління. Визначена тривалість всіх етапів роботи з впровадження АСУ та заробітні плати їх виконавців. Проведено розрахунок основних параметрів. Розраховано річний економічний ефект від впровадження АСУ.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Правове регулювання охорони праці в Україні

Поняття охорони праці визначається в ст. 1 Закону України від 14 жовтня 1992 р. «Про охорону праці». Охорона праці – система забезпечення здоров'я й життя особи під час трудової діяльності. До поняття включаються правові, соціально-економічні, організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші подібні заходи. До трактовки поняття охорони праці також включаються всі інші заходи, що спрямовані для полегшення праці людей вагітних, неповнолітніх або з вадами здоров'я.

Нагляд за додержанням норм праці лежить на плечах двох органів: прокуратури та соціальних спілок. Також контроль за безпекою праці проводиться державних та відомчих спеціалізованих інспекцій.

В соціальній політиці охорона праці та здоров'я є однією з основних напрямків. Так, Конституція України одним з основних соціальних прав громадян визначає право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці, встановлює, що використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється.

Конституція України, Закони України "Про охорону праці", "Про охорону здоров'я", "Про пожежну безпеку", "Про використання ядерної енергії та радіаційний захист", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності", кодекс законів про працю України.

6.2. Значення охорони праці у роботі фахівців з інформаційних технологій

Комп'ютери вже давно увійшли в повсякденне життя, а норми роботи з ними вже давно вкоренилися в зарубіжних ІТ-компаніях, проте на території України цей процес все ще триває, хоч і підходить до завершальної стадії. Така складна апаратура, як комп'ютери вже стала частиною повсякденного життя, й зарубіжні компанії з легкістю адаптувались до нових умов роботи з ними. Україна все ще в процесі адаптації до цієї зміни, хоча й близька до фінішу. По цій причині на території будь-якого міста України це питання залишається актуальним, хоча в обласних центрах це питання має значно більш приємний відтінок.

З першого погляду – робота перед комп'ютером безпечна, розробник не підпадає ні під які критерії що загрожують його життю або здоров'я, але це не так, адже фахівці згаданої сфери мають бути нерухомими досить довгий час, далеко не завжди знаходячись в комфортному положенні, також це сфера пов'язана з значними розумовими напруженнями.

Розробники настільки залучені, що навіть відволікаючись від роботи над проектом, продовжують думати про рішення, що їм потрібно реалізувати на роботі. Часто відпочинком для такого типу людей є паралельна зміна діяльності, вивчення мов програмування, читання технічної літератури й інше. Нажаль, мозок не може безкінечно приймати корисну інформацію, що розробник прагне направляти в русло особистісного та професійного зростання. Адже мозок людини не машина: він не може нескінченно зберігати і переробляти дані практично не втрачаючи продуктивності. Людина програє комп'ютеру за багатьма показниками, тому для підтримки працездатності вимагає певних умов.

По цій причині ІТ-компанії обладнують свої офіси різноманітними кімнатами й послугами, що, на здивування, відволікають робітників від роботи, адже це знижує психічне навантаження і сприяє росту продуктивності. Окремим робочим столом з ноутбуком вже давно нікого не здивуєш. Тому, в бажанні підвищити продуктивність працівників, компанії змагаються, перетворюючи нудні одноманітні офіси в креативні простори, де нові ідеї народжуються без

титанічних зусиль. Наприклад, робочі місця співробітників компанії Google в Цюриху нагадують гігантські вулики, а офіс шведського інтернет-провайдера Bahnhof розташувався в бомбосховищі часів холодної війни і походить на підземний притулок землян після глобальної катастрофи. А щоб співробітників не тягнуло додому, роботодавці створюють і можливість відпочинку поряд з робочими місцями, обладнавши басейни, ігрові кімнати та спортзали. Адже можна цілий день просидіти біля монітора, а у вечорі відчути страшну втому, як від важкої фізичної праці. Однак це почуття помилкове і боротися з ним допоможе спорт. Активний відпочинок відмінно бадьорить, розганяє кров, додає сил. Чимало програмістів відчувають потребу в активному відпочинку на підсвідомому рівні, вибираючи спорт як хобі для проведення вільного часу. При цьому не варто забувати, що умови праці програмістів також характеризуються можливістю впливу на них наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів: шуму; тепловиділень, причому шкоди організму можуть завдати не тільки високі, але і низькі температури; іонізуючих і неіонізуючих випромінювань: рентгенівське, інфрачервоне, високочастотне електромагнітне випромінювання; статичної електрики; недостатнє штучне та природнє освітлення; візуальні фактори: яскравість, контрастність, мерехтіння зображення, відблиски тощо. За таких умов зростає роль та значення охорони праці, як системи правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Адже в кінцевому рахунку плоди науково-технічного прогресу можуть бути ефективними лише в тій мірі, в якій вони забезпечують людині безпеку, комфортність і зручність трудової діяльності.

Критична ситуація в Україні у сфері безпеки праці проявляється високим рівнем виробничого травматизму і професійної захворюваності, незадовільними умовами праці та санітарним станом підприємств, внаслідок чого держава втрачає кваліфікованих працівників, а натомість отримує десятки тисяч осіб, які потребують повноцінного соціального захисту.

6.3. Інформаційна культура як важлива складова в управлінні охорони праці

Для підвищення ефективності системи управління охорони праці дуже важлива роль належить формуванню і розвитку інформаційної культури фахівців ІТ-технологій, яка впливає на удосконалення інформаційного контуру сучасних підприємств, дозволяє створювати надійні прогнози щодо стану умов праці, показників здоров'я та працездатності, виробничого травматизму і професійної захворюваності, визначати політику розвитку підприємств, установ та організацій на основі різноманітних стратегій охорони праці. Поряд з інформаційною культурою важливо використовувати в рамках системи управління охорони праці «трикутник» її складових: правову, організаційну, управлінську. В управлінні охороною праці потрібно реалізувати основні положення, окремі теоретико-методологічні підходи інформаційного менеджменту. Головну роль та відповідальність за стан системи управління охорони праці мають нести фахівці служби охорони праці сучасного підприємства. Сучасне суспільство називають постіндустріальним, постекономічним, інформаційним, оскільки йдеться про багатосторонні і кардинальні зміни у розвитку цивілізації. Інформаційне суспільство передбачає докорінну зміну, яка полягає у перетворенні інформації і знань у головний професійно-виробничий потенціал особистості, соціуму і держави. На постіндустріальному етапі розвитку суспільства вирішальним фактором стає інформація. Її домінування ініціювала науково-технічна революція, яку ще іменують інформаційною, оскільки нею охоплена будь-яка інтелектуальна діяльність, починаючи з інформаційних образів штучного інтелекту у нових технологіях, економіки, і продовжуючи інформатизацією суспільства в умова світової глобалізації науки й освіти тощо. Інформаційні технології розглядаються як потужний важіль економічного зростання України. Для цього необхідні значні стратегічні інвестиції у комп'ютерну та комунікаційну інфраструктуру, програми досліджень і розробок, освітню галузь. Під інформаційною культурою розуміють сукупність, складову новітні інформаційні технології, технологічну, правову, психологічну, соціологічну та ергономічну

підсистеми, що сприяють спрямованому впливу на протікання соціальних процесів у суспільстві, колективі і вихованню свідомого відношення людини до праці, виконання прав та обов'язків. Поняття інформаційної культури виникло в процесі активізації дослідницької уваги до механізмів інформаційного обміну у зв'язку зі значним підвищення ролі інформації в соціокультурних процесах суспільства, яке розглядають як інформаційне суспільство знань, де в центрі знаходяться інформаційні технології. Робота з інформацією та інформаційна культура в цілому є одним з найважливіших компонентів спроб компанії управляти змінами. Є три принципові причини, в силу яких сьогодні необхідно дбати про інформаційну культуру компанії. По-перше, вона все більше і більше стає найважливішою частиною загальної організаційної (корпоративної) культури компанії. Все більше компаній розуміють необхідність перетворень, орієнтованих на задоволення очікувань споживача. Щоб сьогодні впливати на майбутнє, потрібно уявляти собі на що вона буде схожа. А для цього потрібно працювати з різноманітною діловою, професійною, технологічною, соціальною, ринковою та політичною інформацією. По-друге, інформаційні технології роблять можливим створення в компаніях комп'ютерних мереж, за допомогою яких йде спілкування між менеджерами, але важливо знати, як люди використовують цю інформацію. Саме по собі створення такої мережі з усіма її робочими станціями і мультимедійними можливостями не гарантує того, що інформація буде використовуватися більш розумно і більш ефективно. По-третє, для різних функціональних служб, підрозділів та робочих груп сучасних підприємств в сфері охорони праці інформаційна культура різна, а це означає відмінність методологічних підходів до процесів усвідомлення, збору, організації, обробки, поширення і використання інформації. Тому багато менеджерів погодяться з тим, що корпоративна інформаційна культура важлива для вироблення різних стратегій охорони праці та запровадження відповідних заходів з її вдосконалення. Для деяких галузей, таких як розробка програмного забезпечення, інформаційна культура є необхідною умовою виживання, тому що зміна технологій в розробці програмного забезпечення відбувається кожні 6-8 місяців, а інвестиції на

підготовку персоналу і освоєння нової технології величезні і у великих компаніях варіюються від 1,5 до 2 млрд. доларів на рік. Аналіз свідчить, що інформатизація та інтеграція комунікаційного простору України сприяє різкому підвищенню інформаційної та професійної компетентності, ділової активності, стимулюванню конкуренції, створенню інноваційних підприємств та організацій, нових робочих місць, зниженню витрат на утримання управлінського апарату.

Слід розуміти, що комп'ютерні технології, а особливо їх мережі істотно впливають на життєдіяльність людини, припускаючи глобалізацію і технократизацію суспільства. Але в ще більшій мірі цей вплив поширюється безпосередньо на центральну нервову систему, яка звикає працювати в дуже інтенсивному режимі багатозадачності, де вже переважають не тривалі логічні роздуми, а інтуїтивно-реактивні ланцюжки розумових формулювань у зв'язку з величезним обсягом оброблюваної щодня інформації, кількість якої зростає за експоненціальною швидкістю. Виникає припущення, що саме збільшення обсягу інформації та прискорення її обробки людиною може згубно вплинути на розвиток розумових здібностей людини. Аналіз продуктивності розумової праці в найбільших за чисельністю фахівців ІТ-фірм показав, що велике значення з точки зору впливу на її результати має організаційна (корпоративна) культура. В цьому напрямі влаштовуються різні тимблдинги, заходи, тренінги для розвитку персоналу. Також кожен керівник повинен добре розуміти свого співробітника, що саме для нього важливо, що його мотивує. Важливо відвести потрібну роль відповідному співробітнику, щоб він виконував ті завдання, які йому цікаві. На подібних тренінгах в тому числі повинна розглядатися інформаційна культура працівника, в освоєнні, володінні, мотивуванні, застосуванні, перетворенні інформації із застосуванням сучасних інформаційних технологій і використанням цих умінь в навчанні з охорони праці і в подальшій професійній діяльності. Особливо вони будуть корисні, як доповнення до існуючих інструктажів з охорони праці на підприємстві, або як контроль психологічного стану та взаємовідносин у колективі. Інформаційна культура як інтегративне утворення абсолютно не зводиться до розрізнених знань, вмінь та навичок роботи за

комп'ютером. Вона передбачає інформативну спрямованість цілісної особистості, яка володіє мотивацією до застосування і засвоєння нових даних. Інформаційну культуру можна розглядати, як одну з граней особистісного розвитку промислових робітників. Це шлях універсалізації якостей людини. Оволодіння інформаційною культурою сприяє реальному розумінню особистістю свого місця, себе і своєї ролі у виробничому колективі. Вона має сприяти формуванню нового покоління фахівців інформаційного суспільства, який повинен володіти наступними навичками: виділення релевантної, значущої інформації, диференціації вихідних даних, розробки інформативних критеріїв її оцінки інформації.

6.4. Вдосконалення охорони праці фахівців з інформаційних технологій

Поява та впровадження нових інформаційно-комунікаційних технологій зумовлює необхідність подальшого вдосконалення охорони праці фахівців ІТ-індустрії. З метою належного правового забезпечення необхідно розширити та доповнити перелік основних професій комп'ютерної галузі у національному класифікаторі ДК-003-2010, а також підготувати відповідний випуск у кваліфікаційному довіднику посад фахівців ІТ-індустрії, що сприятиме вирішенню питань їх соціального захисту, пенсійного забезпечення, атестації робочих місць основних професій за умовами праці на предмет подальших певних видів пільг та компенсацій за важкі шкідливі і небезпечні умови праці. Важливим напрямом стосовно визначення професійної придатності фахівців з інформаційних технологій є проведення психофізіологічної експертизи відповідно до 5 статті Закону України «Про охорону праці». Робота з комп'ютерами нового покоління характеризується певним психофізіологічними перенавантаженнями, втому зорового аналізатора, гіпокінезією, відсутність диференційованих норм праці при роботі з новою комп'ютерною технікою в залежності від віку, статі, категорії зорової роботи, режимів праці і відпочинку (протягом робочого дня, тижня, щорічного режиму відпусток). Все це потребує

розробки нових нормативно-правових актів з регламентації праці та відпочинку фахівців IT-індустрії і стандартів підприємств, центрів комп'ютерної техніки, центрів інформаційних технологій, сучасних комп'ютерних класів. Особлива роль з точки зору збереження та відновлення здоров'я працюючих в комп'ютерній галузі належить попереднім та періодичним наглядам з подальшої психофізіологічної експертизи і встановленням професійної придатності при роботі з комп'ютерами нового покоління, який супроводжується виникненням певних факторів професійного ризику електротравматизму при їх ремонті та обслуговуванні. За результатами експертизи повинні прийматися рішення про відповідність комп'ютерів нормам безпеки, терміни чергової експертизи, оформлюються протоколи вимірювань і випробувань, проведені у разі потреби розрахунки та експертний висновок. Для підвищення розумової працездатності то зорової роботи повинна здійснюватися ергономічна оптимізація в рамках системи «оператор-термінал», яка сприятиме результативній фізичній та інтелектуальній працездатності і відновленню психосоматичного здоров'я фахівців IT-індустрії. Заслуговує на увагу зарубіжний досвід створення у приміщеннях та в зоні їх розміщення на територіях підприємств спеціальних візуальних комфортних умов та забезпечення вимог виробничої естетики, дотримання норм рівнів виробничого шуму та акустичної тиші за межами офісу. Також дуже важливим є використання в офісних приміщеннях та кабінетах психофізіологічного розвантаження функціональної музики, яка сприяє попередженню перевтоми і підтриманню необхідного рівня розумової працездатності фахівців комп'ютерної галузі. В цьому напрямі заслуговує на увагу створення при великих центрах інформаційних технологій кімнат (кабінетів) психофізіологічного розвантаження працівників галузі (на 5 місць). Такий підхід дозволяє зняти надлишкове психофізіологічне перевантаження, підвищити працездатність центральної нервової системи, попередити перевтому зорового аналізатора. Показана ефективність проведення різноманітних за своєю спрямованістю вправ робітників цієї галузі (приблизно на 5-30%). Всі наведені заходи щодо вдосконалення охорони праці фахівців IT індустрії повинні контролюватися службою охорони

праці та комісією з охорони праці підприємства. Особливе значення у соціальному захисті цієї категорії працівників належить прийняття комплексного договору, який може забезпечити фахівців додатковими пільгами та компенсаціями

6.5. Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища – це система заходів, спрямованих на забезпечення сприятливих та безпечних умов довкілля та життєдіяльності людини. Найважливіші чинники довкілля — атмосферне повітря, вода, ґрунт. Охорона навколишнього середовища передбачає збереження та відновлення природних ресурсів з метою попередження прямого та непрямого негативного впливу результатів діяльності людини на природу та здоров'я людей. В умовах науково-технічного прогресу та інтенсифікації промислового виробництва проблеми охорони навколишнього середовища стали одним із найважливіших загальнодержавних завдань, вирішення яких нерозривно пов'язане з охороною здоров'я людей. Довгі роки процеси погіршення довкілля були оборотними, тому що торкалися лише обмежені ділянки, окремі райони і носили глобального характеру, тому ефективні заходи захисту довкілля практично не приймалися. В останні 20-30 років у різних районах Землі почали з'являтися незворотні зміни природного середовища або виникати небезпечні явища. У зв'язку з масованим забрудненням довкілля питання його охорони з регіональних, внутрішньодержавних зросли міжнародну, загальнопланетарну проблему. Усі розвинені держави визначили охорону навколишнього середовища одним із найважливіших аспектів боротьби людства за виживання. Передові промислові країни виробили низку ключових організаційних та науково-технічних заходів щодо охорони навколишнього середовища. Вони полягають у наступному: визначення та оцінка основних хімічних, фізичних та біологічних факторів, що негативно впливають на здоров'я та працездатність населення, з метою вироблення необхідної стратегії зниження негативної ролі цих факторів; оцінка

потенційного впливу токсичних речовин, що забруднюють довкілля, для встановлення необхідних критеріїв ризику щодо здоров'я населення; розробка ефективних програм попередження можливих виробничих аварій та заходів щодо зниження шкідливих наслідків аварійних викидів на навколишнє середовище. Крім того, особливе значення в охороні навколишнього середовища набуває встановлення ступеня небезпеки забруднення навколишнього середовища для генофонду, з точки зору канцерогенності деяких токсичних речовин, що містяться у промислових викидах та відходах. Для оцінки ступеня ризику масових захворювань, викликаних збудниками, які у навколишньому середовищі, необхідні систематичні епідеміологічні дослідження. При вирішенні питань, пов'язаних із охороною навколишнього середовища, слід враховувати, що людина від народження і протягом усього свого життя піддається впливу різних факторів (контакт з хімічними речовинами в побуті, на виробництві, вживання ліків, потрапляння в організм хімічних добавок, що містяться в харчових продуктах, та інше). Додатковий вплив шкідливих речовин, що надходять у навколишнє середовище, зокрема з промисловими відходами, може негативно вплинути на стан здоров'я людей. Серед забруднювачів довкілля (біологічних, фізичних, хімічних та радіоактивних) одне з перших місць займають хімічні сполуки. Відомо понад 5 млн. хімічних сполук, у тому числі понад 60 тис. перебуває у постійному користуванні.

При виробництві пристрою певні етапи є складними і небезпечними хімічними процесами, які є джерелами забруднення навколишнього середовища. До таких етапів можуть належати: створення друкованих плат (хімічна металізація отворів, нанесення провідного покриття, гальванічне сповільнення, травлення, нанесення захисного покриття, паяння тощо); створення корпусів пристроїв із пластиків різної токсичності. Для мінімізації шкоди навколишньому середовищу під час виробництва необхідно використовувати екологічно безпечні технології виготовлення друкованих плат, а також очищення та утилізації хімічних розчинів необхідних під час виробництва. Неправильна утилізація відходів та розчинів може призвести до забруднення ґрунтів, наземних та

підземних вод. Під час паяння в повітря потрапляють пари важких металів та флюсу, наприклад, свинцю, що може призвести до забруднення атмосфери. Звичайно ж, потрібно враховувати масштаби виробництва. Але навіть на малому підприємстві ця проблема не повинна залишатися поза увагою. Якісна вентиляція з багатоступінчастою системою очищення дозволить значно знизити або прибрати концентрацію небезпечних речовин у повітрі. На виробництві повинен бути чітко розписаний план дій при витоку будь-якої небезпечної речовини.

Висновки за розділом 6

Розглянуто різноманітні позиції по відповідності норм охорони праці в ІТ сфері. Розглянуто ризики, що можуть мати ІТ спеціалісти в відношенні свого здоров'я. Проведено огляд впливу ІТ сфери на загальну картину охорони праці в світі. Розглянуто різноманітні рішення, що сприяють продуктивності роботи ІТ спеціалістів. Розглянуто основні питання з охорони навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано основні компоненти ІТС та взаємодію між ними. Проведено огляд комунікаційних технологій, які можуть використовуватись при побудові ІТС. Наведено 4-рівневу архітектуру ІТС та описані функції її окремих рівнів. Також розглянуто вплив інноваційних технологій на ІТС.

Розглянуто використання датчиків та їх функції в системі розумного громадського транспорту. Обрано технології локації транспортних засобів, технологію зв'язку та технологію забезпечення безпеки передачі інформації в системі розумного громадського транспорту. Побудовано та описано архітектуру, а також діаграму мережі зв'язку системи розумного громадського транспорту.

Розглянуто основні переваги web-платформ для моніторингу транспортних засобів. Обрано платформу Wialon Hosting. Описано основи роботи з системою моніторингу та системою управління Wialon Hosting. Розглянуто типові параметри, які часто використовуються в процесі роботи з платформою Wialon Hosting. Наведено приклад організації ієрархії підприємства при використанні даної платформи.

Проаналізовано статистичні дані пасажирських перевезень міським електричним транспортом у місті Дніпро. Розроблено модель оптимального розподілу рухомого складу на маршрутах міського електричного транспорту. Розв'язано задачу оптимізації та проаналізовано результати розв'язку.

Розглянуто питання техніко-економічного обґрунтування, охорони праці та навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Katanalp, B.Y.; Yildirim, Z.B.; Eren, E.; Uz, V.E. An Evaluation on Intelligent Transportation Systems. *ISAS 2018 : Proceedings of the Second International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies*, Samsun, Turkey, 30 November – 2 December 2018. SETSCI, 2018. P.743-749.
2. Javed, M.A.; Ben Hamida, E.; Al-Fuqaha, A.; Bhargava, B. Adaptive Security for Intelligent Transport System Applications. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*. 2018. No. 10. P. 110-120.
3. Hamida, E.B.; Noura, H.; Znaidi, W. Security of Cooperative Intelligent Transport Systems: Standards, Threats Analysis and Cryptographic Countermeasures. *Electronics*. 2015. No. 4, P.380-423.
4. Cyber Security for Consumer Internet of Things. *ETSI*: official web-site. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303600_303699/303645 (дата звернення 08.10.2024).
5. An, S.; Lee, B.-H.; Shin, D.-R. A Survey of Intelligent Transportation Systems. *Communication Systems and Networks : Proceedings of the 2011 Third International Conference on Computational Intelligence*, Bali, Indonesia, 26-28 July 2011. IEEE Computer Society, 2011. P.332-337.
6. Dovis, F.; Ruotsalainen, L.; Toledo-Moreo, R.; Kassas, Z.Z.M.; Gikas, V. Recent advancement on the use of global navigation satellite system-based positioning for intelligent transport systems. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*. 2020. No. 12. P.6-9.
7. Bangui, H.; Buhnova, B. Recent advances in machine-learning driven intrusion detection in transportation: Survey. *Procedia Computer Science*. 2021. No. 184. P.877-886.
8. Cheek, E.; Alghodhaifi, H.; Adam, C.; Andres, R.; Lakshmanan, S. Dedicated short range communications used as fail-safe in autonomous navigation. *Unmanned System Technology*. 2020. No. 11. P. 159-177.

9. Choy, J.L.C.; Wu, J.; Long, C.; Lin, Y.-B. Ubiquitous and low power vehicles speed monitoring for intelligent transport systems. *IEEE Sensors*. 2020. No. 20. P.5656-5665.
10. Gu, F.; Niu, J.; Jiang, L.; Liu, X.; Atiquzzaman, M. Survey of the low power wide area network technologies. *Network Computer Application*. 2020. No. 14. P.102-107.
11. Cooperative Intelligent Transport Systems and Services. *CAR 2 CAR Communication Consortium*: official web-site. URL: <https://www.car-2-car.org/about-c-its> (дата звернення 08.10.2024).
12. Zhang, H.; Lu, X. Vehicle communication network in intelligent transportation system based on Internet of Things. *Computer Communication*. 2020. No. 160. P.799-806.
13. Liébana-Cabanillas, F.; Molinillo, S.; Ruiz-Montañez, M. To use or not to use, that is the question: Analysis of the determining factors for using NFC mobile payment systems in public transportation. *Technological Forecasting and Social Change*. 2019. No. 139. P.266-276.
14. Zhu, J.; Xu, W.; Sun, H.; Zhu, H. Research on optimization of shared bicycle real-time multimedia interactive dispatching system for intelligent transportation system. *Multimedia Tools Application*. 2019. No. 82. P.22-29.
15. Vanni, P.R.M.; Jaimes, L.M.S.; Mapp, G.; Moreira, E. Ontology-driven reputation model for VANET. *AICT 2016 : Proceedings of the Twelfth Advanced International Conference on Telecommunications*, Valencia, Spain, 22-26 May 2016. IARIA: Barcelona, Spain, 201.; P.14-19.
16. Port-Based Adaptable Multi-Agent Architecture: Intelligent Transportation Systems (presentation). Carnegie Mellon University: official web-site. URL: https://www.cs.cmu.edu/~pb3a/presentations/aml_ferreira/ (дата звернення 15.10.2024).
17. Humayun, M.; Jhanjhi, N.; Hamid, B.; Ahmed, G. Emerging smart logistics and transportation using IoT and blockchain. *IEEE Internet Things Magazine*. 2020. No. 3. P.58-62.

- 18.Ferdowsi, A.; Challita, U.; Saad, W. Deep learning for reliable mobile edge analytics in intelligent transportation systems: An overview. *IEEE Vehicle Technology Magazine*. 2019. No. 14. P.62-70.
- 19.Çelik, U. Intelligent Transportation Systems and Big Data. *BANU-ITCC'18 : Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent Transportation Systems*, Bandırma, Balıkesir, Turkey, 19-21 April 2018. BATDY, 2018. P. 912-920.
- 20.Fatemidokht, H.; Rafsanjani, M.K.; Gupta, B.B.; Hsu, C.-H. Efficient and secure routing protocol based on artificial intelligence algorithms with UAV-assisted for vehicular ad hoc networks in intelligent transportation systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2021. No. 22. P.4757-4769.
- 21.Mollah, M.B.; Zhao, J.; Niyato, D.; Guan, Y.L.; Yuen, C.; Sun, S.; Lam, K.-Y.; Koh, L.H. Blockchain for the Internet of Vehicles Towards Intelligent Transportation Systems: A Survey. *IEEE Internet Things Journal*. 2021. No. 8. P.4157-4185.
- 22.Guevara, L.; Auat Cheein, F. The role of 5G technologies: Challenges in smart cities and intelligent transportation systems. *Sustainability*. 2020. No. 12. P.64-69.
- 23.Akbar, M.A.; Khan, A.A.; Hyrynsalmi, S. Role of quantum computing in shaping the future of 6G technology. *Information and Software Technology*. 2024. No. 170. P.107-112.
- 24.Chan, V.W.S. Internet of Things and Smart Cities. *IEEE Communications Magazine*. 2021. No. 59. P.4-6.
- 25.Zhang, D., Wang, L., Xiong, H., Guo, B. 4W1H in mobile crowd sensing. *IEEE Communications Magazine*. 2014. No. 52. P.42-48.
- 26.SM, S. N., Yasa, P. R., Narayana, M. V., Khadirnaikar, S., Rani, P. Mobile monitoring of air pollution using low cost sensors to visualize spatio-temporal variation of pollutants at urban hotspots. *Sustainable Cities and Society*. 2019. No. 44. P.520-535.
- 27.Sanchez, L., Muñoz, L., Galache, J.A., Sotres, P., Santana, J.R., Gutierrez, V., Ramdhany, R., Gluhak, A., Krco, S., Theodoridis, E., Pfisterer, D.

- SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks*. 2014. No. 61. P.217–238.
- 28.Song, J., Han, K., Stettler, M.E.J. Deep-MAPS: Machine learning based mobile air pollution sensing. *IEEE Internet of Things Journal*. 2021. No. 8. P.7649-7660.
- 29.Guo, S., Qian, X., Dasgupta, S., Rahman, M., Jones, S. Sensing and monitoring of urban roadway traffic state with large-scale ride-sourcing vehicles. *The Rise of Smart Cities : Proceedings of the Advanced Structural Sensing and Monitoring Systems*, New York, USA, 12-15 April, 2022. Elsevier, NY, 2022. P.551-582.
- 30.Malekjafarian, A., Corbally, R., Gong, W. A review of mobile sensing of bridges using moving vehicles. *Progress to date, challenges and future trends. Structures*. 2022. No. 44. P.1466-1489.
- 31.Kang, L., Poslad, S., Wang, W., Li, X., Zhang, Y., Wang, C. A Public Transport Bus as a Flexible Mobile. *Smart Environment Sensing Platform for IoT : Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Environments*, London, United Kingdom, 14-16 September, 2016. IEEE, London, 2016. P.101-108.
- 32.Anjomshoaa, A., Duarte, F., Rennings, D., Matarazzo, T.J., deSouza, P., Ratti, C. City Scanner: Building and Scheduling a Mobile Sensing Platform for Smart City Services. *IEEE Internet of Things Journal*. 2018. No. 5, P.4567-4579.
- 33.IoT in public transportation: How innovation is transforming urban mobility. Ignitec: official web-site. URL: <https://www.ignitec.com/insights/iot-in-public-transportation-how-innovation-is-transforming-urban-mobility/> (дата звернення 15.10.2024).
- 34.Palacios Ibarra, M.A. Analysis of Radio Technologies for the Transmission of Information to the User of a Fleet Control System: Bachelor 's Thesis / Universidad del Cauca. Popayán, Colombia, 2019. 68 p.
- 35.Qadir, Q.M.; Rashid, T.A.; Al-Salihi, N.K.; Ismael, B.; Kist, A.A.; Zhang, Z. Low Power Wide Area Networks: A Survey of Enabling Technologies, Applications and Interoperability Needs. *IEEE Access*. 2018. No. 6. P.745–751.

- 36.Raza, U.; Kulkarni, P.; Sooriyabandara, M. Low Power Wide Area Networks: An Overview. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2017. No. 19. P.855-873.
- 37.About LoRaWAN. LoRa Alliance: official web-site. URL: <https://loralliance.org/about-lorawan> (дата звернення 15.10.2024).
- 38.The Things Network. The Things Network: official web-site. URL: <https://thethingsnetwork.org/> (дата звернення 15.10.2024).
- 39.Wialon Hosting – cloud-based monitoring system. Wialon: official web-site. URL: <https://wialon.com/en/hosting> (дата звернення 22.10.2024).
- 40.Wialon Hosting – monitoring system. Wialon: official web-site. URL: <https://help.wialon.com/help/wialon-hosting/en/user-guide/monitoring-system> (дата звернення 22.10.2024).
- 41.Wialon Hosting – management system. Wialon: official web-site. URL: <https://help.wialon.com/help/wialon-hosting/en/user-guide/management-system> (дата звернення 22.10.2024).
- 42.Леснікова І.Ю., Халіпова Н.В, Кузьменко А.І., Разгонов С.А., Новицький Є.М., Лесніков П.В, Чіхун Д.А., Шевчук К.А., Єрмакова Л.П., Горуля М.М., Черніков Д.О. Розробка методики розрахунку техніко-економічних показників роботи електротранспорту на маршруті. *Грааль науки*. 2023. № 33. С. 221-243.
- 43.Статистика транспорту Дніпра. URL: <http://kstat.pp.ua/dpstat/> (дата звернення 22.10.2024).