

Міністерство освіти і науки України  
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
 (освітня заклад вищого навчального закладу)

КОМП'ЮТЕРНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ТА ПРОГРАМНО-ІНЖЕНЕРІЯ  
 (назва факультету)

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ  
 (назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

МАГІСТР

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Методи та засоби передавання інформації в системі  
Резонансний гнучкий перехід

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи СІІ-62

спеціальності (напрямку підготовки) 123

Комп'ютерна інженерія

(номер і назва спеціальності (напрямку підготовки))

[Підпис] Володимир Р.П.  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник [Підпис] Осуювська Г.М.  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль [Підпис] Тиса Е.В.  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент [Підпис] Мацюк О.В.  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(колишнє Київське вище технічне училище імені Івана Пулюя)

Факультет Комп'ютерна-інформаційних систем та програмної інженерії  
Кафедра Комп'ютерних систем та мереж  
Навчальний ступінь магістр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(номер і назва)  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(номер і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри КС  
Осцивська ГМ  
« 30 » 09 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Волоцькому Роману Петровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Методи та засоби передавання інформації в системі розподіленого обчислення

Рівень роботи доцент кафедри КС Осцивська Галина Михайлівна  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

Затверджені наказом по університету від « 27 » 09 2019 року № 417-д/У

Термін подання студентом роботи 26.12.2019

Вихідні дані до проекту роботи методи та засоби передавання інформації, архітектура програмних машин, розподілені обчислення

Вміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

- 1. Аналіз методів передавання інформації в системі розподіленого обчислення.
- 2. Передавання інформації в системі розподіленого обчислення.
- 3. Реалізація системи розподіленого обчислення.
- 4. Обчислення ефективності системи.
- 5. Аналіз методів передавання інформації в системі розподіленого обчислення.
- 6. Ефективність.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

- Схема електричної принципи роботи «Волоцького перекладача».
- Схема електричної принципи роботи «Волоцького перекладача».
- Порівняльний аналіз методів передавання інформації в системі розподіленого обчислення.
- Блок-схема алгоритму роботи системи розподіленого обчислення.
- Алгоритм роботи системи розподіленого обчислення.
- Структурна схема передавання інформації в системі РПТ.
- Висновки, висновки, мета роботи, наукова новизна.



## АНОТАЦІЯ

Методи та засоби передавання інформації в системі «Розумний пішохідний перехід» // Дипломна робота // Волянський Роман Петрович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІМ-62 // Тернопіль, 2019 // с. – 112, рис. – 40, додат. – 3.

Ключові слова: МЕТОДИ, ЗАСОБИ, ПЕРЕДАВАННЯ, ІНФОРМАЦІЇ, СИСТЕМА, РОЗУМНИЙ, ПІШОХІДНИЙ, ПЕРЕХІД.

Дипломна робота складається з шести розділів.

Перший розділ дипломної роботи носить теоретичний характер. В ньому здійснено аналітичний огляд існуючих рішень, виокремлено їх переваги та недоліки. Оцінивши переваги і недоліки існуючих рішень запропоновано власний варіант реалізації проекту.

У другому розділі, мною було проаналізовано протоколи та мережеві технології, які потенційно могли б використовуватись для побудови системи «Розумний пішохідний перехід».

В третьому розділі, враховуючи обгрунтовані методи передавання інформації, розроблено структурну схему системи «Розумний пішохідний перехід». На основі запропонованої структурної схеми, розроблено схему електричну принципову комп'ютерної системи «Розумний пішохідний перехід». Для забезпечення повноцінного функціонування комп'ютерної системи запропоновано алгоритм роботи системи та розроблено програмне забезпечення.

Також було здійснено економічні розрахунки, розглянуто та описано вимоги з охорони праці та техніки безпеки. Розглянуто поставлені питання екології, які стосуються магістерської роботи.

## ANNOTATION

Methods and tools of information transfer in the system “Smart zebra crossing”  
// Master thesis // Volianskyi Roman // Ternopil Ivan Puluj National Technical  
University, faculty of computer information system and software engineering, CIm-62  
// Тернопіль, 2019 // p. – 112, fig. – 40, add. – 3.

Keywords: METHODS, TOOLS, TRANSFER, INFORMATION, SYSTEM,  
SMART, ZEBRA, CROSSING.

The thesis consists of six sections.

The first section of the thesis is theoretical. It provides an analytical review of existing solutions, highlighting their advantages and disadvantages. Assessing the advantages and disadvantages of existing solutions, we propose our own version of the project.

In the second section, analyzed the protocols and networking technologies that could potentially be used to build the system “Smart zebra crossing”.

In the third section, taking into account sound methods of information transmission, a block diagram of the system “Smart zebra crossing” is developed. On the basis of the proposed structural scheme, the scheme of electrical principle computer system was developed. To ensure the proper functioning of the computer system, a system algorithm was proposed and software was developed.

Also made economic calculations and occupational health and safety requirements were reviewed and described. The questions of ecology concerning the master's work are considered.

## ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	13
1.1. Існуючі рішення	13
1.1.1. Проект The Starling Crossing	14
1.1.2. Проект Unilight	16
1.1.3. Система In-Roadway Warning Light (IRWL)	19
1.2. Переваги та недоліки існуючих рішень	22
1.3. Висновки до розділу	23
РОЗДІЛ 2 ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД»	24
2.1. Аналіз стандартів зв'язку для системи «Розумний пішохідний перехід»	26
2.1.1. Стандарт LoRaWAN	26
2.1.2. Стандарт SigFox	29
2.1.3. Стандарт NB-IoT	30
2.1.4. Стандарт Bluetooth Low Energy	32
2.1.5. Стандарт ZigBee	33
2.1.6. Стандарт Weightless-P	35
2.1.7. Стандарт Wi-Fi	37
2.2. Порівняння стандартів зв'язку для системи «Розумний пішохідний перехід»	39
2.3. Висновки до розділу	44
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД	45
3.1 Структура системи «Розумний пішохідний перехід»	48
3.2 Схема електрична принципова системи «Розумний пішохідний перехід»	50
3.3 Алгоритм роботи комп'ютерної системи «Розумний пішохідний перехід»	59

3.4 Програмне забезпечення комп'ютерної системи «Розумний пішохідний перехід»	61
3.5. Висновки до розділу	64
<b>РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</b>	<b>66</b>
4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	66
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи	68
4.3. Розрахунок витрат на електроенергію	73
4.4. Розрахунок витрат на матеріали	73
4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	74
4.6. Обчислення накладних витрат	75
4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	75
4.8. Розрахунок ціни НДР	76
4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень	77
4.10. Висновки до розділу	78
<b>РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>79</b>
5.1. Охорона праці	79
5.2. Відновлення роботи інженерно-технічного комплексу цеху, заводу в НС	81
5.3. Мінімізація радіоактивного ураження та втрат серед промислово виробничого персоналу у випадку застосування наземних ядерних вибухів під час надзвичайних ситуацій воєнного часу	84
5.4. Висновки до розділу	91
<b>РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ</b>	<b>92</b>
6.1. Радіоекологія – один з новітніх розділів загальної екології	92

6.2 Статистична оцінка екологічного стану навколишнього природного середовища та закономірностей його розподілу	95
6.3 Висновки до розділу	99
ВИСНОВКИ	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	102
Додаток А Тези конференцій	104
Додаток Б Перелік елементів знака «Пішохідний перехід»	111
Додаток В Перелік елементів знака «Попередження про «Пішохідний перехід»».	112



## ВСТУП

**Актуальність теми роботи.** Велика кількість випадків дорожньо-транспортних пригод з тяжкими наслідками все ще залишається однією із проблем, яку потрібно вирішувати. При чому значна частина аварій відбувається на ділянках автомобільних доріг, які проходять через малонаселені пункти (села та селища). Причиною таких ситуацій досить часто є перевищення водіями швидкості руху, необлаштованість пішохідних переходів, а також погана видимість ситуації на дорозі, особливо у вечірній та нічний час доби.

Останнім часом розумні пішохідні переходи почали облаштовувати як за кордоном, так і в Україні, зокрема в таких містах як Вінниця та Київ. Більшість таких переходів, в основному, передбачають забезпечення додаткового «розумного» освітлення, створення «розумної зебри» та модернізацію самого знаку. В основному всі вони призначені для використання у мегаполісах.

Дослідженнями, які стосуються впровадження сучасних технологій в інфраструктуру розумного міста, зокрема безпеки на автошляхах займалось багато зарубіжних та вітчизняних науковців, серед яких: А.Грінфілд, М.Вестерлунд, Д.Гілл, Т.Тукіайнен, Л.Голліс, К.Макфі, К.Куртіт, С.Лемін, К.Матті, А.Мііму, С.Пула та ін. Але в їх роботах мало уваги приділено методам та засобам передавання інформації в системі “розумний пішохідний перехід” з метою попередження учасників дорожнього руху про можливу небезпеку.

Саме тому актуальним завданням є розробка такої системи, якою можна було б облаштовувати пішохідні переходи на різних ділянках автомобільних доріг, і яка б вирішила питання не тільки їх освітлення, але й оповіщення як водія, про наявність переходу, так і пішохода про наближення транспортного засобу та його швидкість.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є вдосконалення системи “розумний пішохідний перехід” шляхом модернізації попереджувальних

дорожніх знаків для оповіщення учасників дорожнього руху про можливу небезпеку.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1) Здійснити огляд літературних джерел, щодо облаштування пішохідних переходів на різних ділянках автомобільних доріг, з метою вдосконалення таких переходів, врахувавши необхідність попередження учасників дорожнього руху про можливу небезпеку.

2) Проаналізувати існуючі методи та засоби передавання інформації з метою вибору найоптимальнішого варіанту для системи “Розумний пішохідний перехід”.

3) Запропонувати, на базі обґрунтованих рішень, можливу модернізацію попереджувальних дорожніх знаків для системи “Розумний пішохідний перехід”.

4) Розробити структурну та електричну принципову схему системи «Розумний пішохідний перехід» на основі вибраного методу передавання інформації.

5) Запропонувати конструкцію, принципи дії та основні характеристики складових комп’ютерної системи «Розумний пішохідний перехід» на базі запропонованих рішень.

6) Здійснити програмно-апаратну реалізацію системи «Розумний пішохідний перехід» на основі проведеного аналізу та запропонованих рішень.

**Об’єкт дослідження:** процес передавання інформації в системі “Розумний пішохідний перехід”.

**Предмет дослідження:** методи передавання інформації в системі “Розумний пішохідний перехід”.

**Методи дослідження** базуються на основі використання методів теорії телекомунікаційних систем, системного аналізу, а також математичного та комп’ютерного моделювання.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- Вперше запропоновано використання технології LoRaWAN для передавання інформації в системі “Розумний пішохідний перехід”, що дало змогу здійснити модернізацію попереджувальних дорожніх знаків для оповіщення учасників дорожнього руху про можливу небезпеку.

- Вперше, на основі проведеного аналізу методів та засобів передавання інформації в системі «Розумний пішохідний перехід», запропоновано програмно-апаратну реалізацію такої системи.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати можуть бути використані для побудови систем “Розумний пішохідний перехід”, що дозволить зменшити аварійність на дорогах.

**Апробація.** Результати дослідження апробовано на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів (16-17 листопада 2017 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, VII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (11-12 грудня 2019 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та XXXVIII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Світовий розвиток науки та техніки» (23 грудня 2019 р.) у вигляді тез конференцій.

**Структура роботи.** Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається із вступу, шести розділів, висновків, список використаних джерел та додатків. Обсяг роботи: пояснювальна записка – аркушів формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

#### 1.1. Існуючі рішення

Безпека на дорогах є одним із пріоритетних завдань, які намагаються вирішити в різних країнах. Регулювання дорожнього руху здійснюють за допомогою як дорожніх знаків, дорожньої розмітки, так і дорожнього обладнання та світлофорів. В наш час інтенсивного розвитку інформаційних технологій не обійшлося і без їх впровадження в системи керування дорожнім рухом. Перші спроби централізованого управління світлофорами робилися в США і Канаді ще в далеких 60-х роках минулого століття. На даний момент система «Розумний світлофор» повсюдно впроваджується в усіх розвинених Західних країнах (США, Великобританія, Данія та ін.). У Копенгагені навіть планується встановити близько 400 розумних світлофорів, які на перехрестях давали б перевагу велосипедистам і громадському транспорту. На це планується виділити близько \$9 млн. Бюджетних коштів. За підрахунками міської влади, подібне рішення дозволить велосипедистам і міському транспорту пересуватися по Копенгагену на 10 і 5-20% швидше відповідно [2].

На ринку спеціалізовані рішення для розумних світлофорів пропонують ряд фірм, серед них: IBM, SCOOT, SCATS, RHODES, UTOPIA та ін. У 2010 році компанія IBM навіть планувала зробити патент, який дозволяв би віддалено відключати двигуни автомобілів, що проїжджають на червоне світло.

В Україні перші розумні світлофори з'явилися в Києві. Випробування пройшли близько 10 років тому на дослідній ділянці протяжністю 7,5 км. Розташовані уздовж доріг датчики контролювали щільність транспортного потоку і передавали цю інформацію в єдиний центр управління, який, на основі отриманих показань, оптимізував роботу світлофорів на перехрестях. На початок 2015 року до автоматизованої системи управління дорожнім рухом (АСКДР) вже

була підключена значна частина столичних світлофорних об'єктів. На початку 2016 року з'явилася інформація про те, що магістральні світлофори в столиці стали контролювати не тільки щільність руху. Стали також враховуватися погодні умови і ДТП [3].

1.1.1. Проект The Starling Crossing. Група архітекторів, дизайнерів та творчих технологів, спільно відомих під назвою Umbrellium на замовлення страхової компанії Direct Line, розробила сучасне бачення знайомого для всіх пішохідного переходу [4]. Проект The Starling Crossing спрямований на створення «розумних» пішохідних переходів, які допомагають людям переходити дорогу, малювати зебру в реальному часі, а також стоп-лінії та вказівки для водіїв, які підказують, коли потрібно знизити швидкість та зупинитися.

Прототип системи вже був тимчасово встановлено в північній частині Лондона (див. рис. 1.1).



Рис. 1.1. Прототип проекту The Starling Crossing

Вся зона переходу контролюється камерами, зображення з яких попадають в нейронну мережу, здатну визначити місцезнаходження пішоходів, велосипедистів і транспортних засобів. Мережа також може визначити місце і швидкість всіх членів дорожнього руху, що дозволить спрогнозувати їх наступні кроки.

Поверхня дороги в зоні пішохідного переходу виконана так, щоб витримувати вагу будь-яких транспортних засобів, а також перешкоджати ковзанню навіть при сильному дощі. В поверхню дороги вбудовані світлодіоди, світло яких видно з усіх боків в будь-який час дня. Вони і малюють розмітку на дорозі, як показано на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Розмітка побудована світлодіодами

Система може бути запрограмована так, що буде працювати тільки тоді, коли помітить пішохода, або ж може збільшувати свою ширину, щоб впоратися з великим пішохідним трафіком.

Варто відзначити, що зебра малюється системою в останню чергу, що змушує пішоходів почекати, поки всі автомобілі зупиняться.

Для пішоходів, хто дивиться в екран смартфона, придумана окрема функція. Система буде малювати попереджувальні знаки навколо них. Це

допоможе повернути уважність пішоходам і забезпечить їм безпечний перетин дороги. Камери також реагують на надзвичайні ситуації, наприклад, дитину, яка вискочила за м'ячем на дорогу: червоні стрілки вкажуть водіям місце, де дитина може потрапити на проїжджу частину (див рис.1.3.).



Рис. 1.3. Приклад надзвичайної ситуації

1.1.2. Проект Unilight. Unilight - це унікальний програмно-апаратний комплекс, що дозволяє значно збільшити безпеку пішоходів і знизити ймовірність наїзду автомобілів в зоні нерегульованого пішохідного переходу (див. рис. 1.4). Комплекс розроблено компанією російською компанією ТОВ «АйТи Умный город» [5].

Система може успішно застосовуватися на всіх об'єктах підвищеного ризику зіткнення з пішоходами, такими як:

- місця, де передбачена зупинка громадського транспорту;

- заміські траси;
- житлові зони.

Такий програмно-апаратний комплекс складається з:

- 2-ох світильників керованих модулями Unilight;
- 2-ох датчиків руху, що фіксують перебування пішохода на переході;
- 2 табла зі світлодіодною підсвіткою, починаючою блимати при появі пішохода;
- шафа збору і обробки інформації;
- програмне забезпечення Unilight.

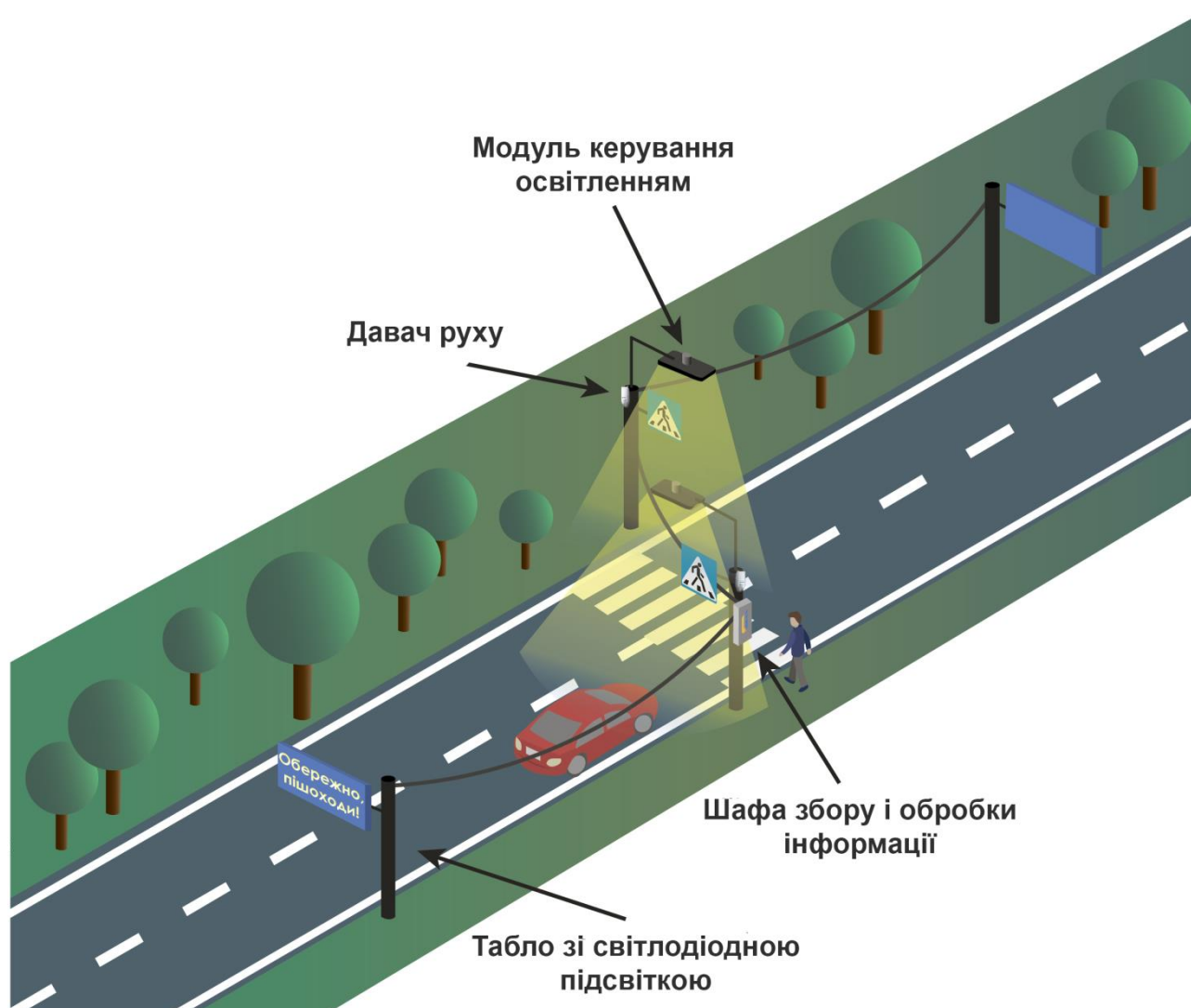


Рис. 1.4. Системний комплекс Unilight



Шафа збору і обробки інформації призначена для:

- автоматичного, ручного або дистанційного керування мережами вуличного освітлення та освітлювальними установками виробничих будівель, споруд, територій будь-яких об'єктів з будь-якими джерелами світла (лампами розжарювання, лампами ДРЛ, ДРІ, ДНаТ, люмінесцентними та ін.);
- автоматичного контролю та обліку електроенергії;
- автоматичної передачі даних в диспетчерський пункт.

В комплект поставки входить:

- контролер керування Unilight (див рис.1.4.);
- лічильник електричної енергії;
- силове обладнання;
- GSM-антена.



Рис. 1.4. Контролер керування Unilight

Контролер керування Unilight призначений для моніторингу стану лічильника і дискретних низьковольтних входів, а також управління контакторами, що відповідають за включення і виключення будь-якого навантаження.

Контролер має автономне живлення, малий час реагування на команди диспетчера з АРМ, можливість підключення зовнішніх розширювальних модулів, можливість роботи з двома SIM-картами різних операторів.

Контролери управління можуть входити до складу шафи збору і обробки інформації «Unilight» або працювати на наявному силовому обладнанні. Функціонування по протоколу MQTT, дає можливість гнучко вбудовуватися в різні системи.

Функціональні можливості:

- збір даних приладу обліку електроенергії, датчиків;
- можливість управління об'єктами за розкладом або по команді диспетчера;
- передавання даних про стан елементів щита управління;
- сповіщення диспетчерського персоналу про аварійні та інші важливі події в звуковому вигляді, графічному вигляді, по електронній пошті або за допомогою SMS повідомлень;
- підтримка до 6-ти незалежно керованих контакторів;
- моніторинг станів до 27 дискретних входів;
- два інтерфейси RS-485 для взаємодії із зовнішніми пристроями (лічильник електричної енергії, датчик освітленості та ін.);
- вбудований GSM модем. підтримка 3G;
- дистанційне оновлення програмного забезпечення.

1.1.3. Система In-Roadway Warning Light (IRWL). Система IRWL розроблена американською компанією Light Guard Systems і складається із таких компонентів (див. рис. 1.5):

- 9X LightStar IRWL світильники;
- міцні композитні або сталеві опорні плити;
- датчики руху або кнопки активації;
- сонячні панелі або А/С джерело живлення;

- системний контролер із резервною батареєю та захищеною від зовнішнього впливу шафою;
- світлодіодна підсвітка попереджувальних знаків для пішоходів.

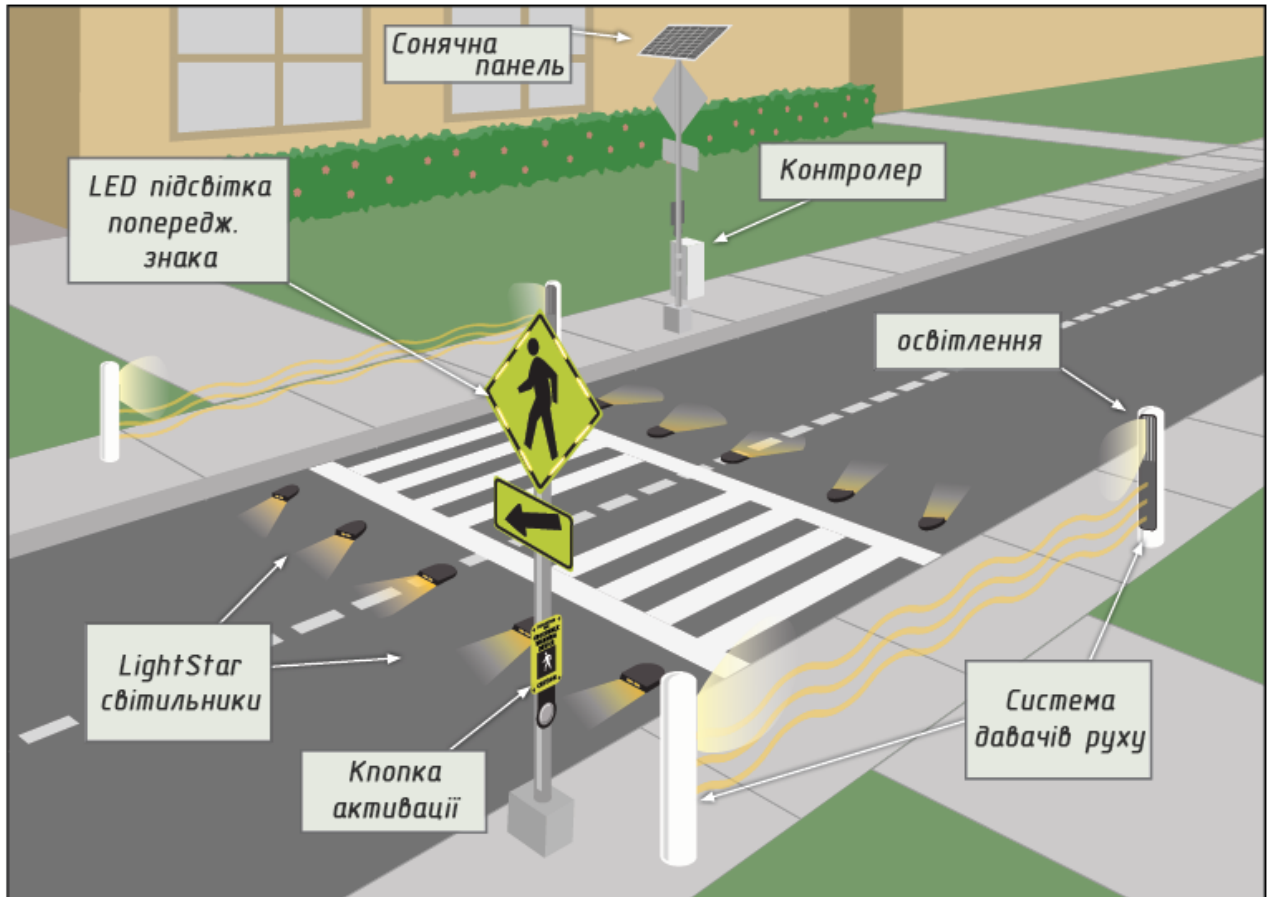


Рис. 1.5. Система In-Roadway Warning Light

Кількість необхідних світильників 9X LightStar™ IRWL залежить від кількості смуг на проїжджій частині. Типова проїжджа частина з двома смугами потребує п'яти освітлювальних елементів, вбудованих у проїжджу частину з кожної сторони пішохідного переходу - загалом десять (див. рис.1.6)

Освітлювальні елементи на проїжджій частині дороги повернені в сторону, назовні від центру пішохідного переходу, щоб сповістити водіїв автомобіля у будь-якому напрямку.



Рис. 1.6. Розміщення освітлювальних елементів

Аналогічно, для типової проїзної частини на чотири смуги потрібно сім освітлювальних елементів, спрямованих назовні у кожную сторону, загалом чотирнадцять.

Система In-Roadway Warning Light активується одним із двох способів: автоматично, за допомогою двонаправлених інфрачервоних датчиків, які пасивно спрацьовують, коли пішохід потрапляє на пішохідний перехід з будь-якої сторони, або за допомогою кнопки вручну.

Кожен метод активації має свої переваги. Однак, щоб забезпечити оптимальну безпеку, рекомендується поєднання як датчиків, так і кнопки, оскільки датчики не завжди можуть спрацьовувати в непередбачуваних ситуаціях.

Інфрачервоні датчики встановлені всередині набору стоячих стовпців, які встановлені на обох кінцях пішохідного переходу. На додаток до забезпечення безпеки для пішоходів, стовпці також мають легко впізнавану візуальну точку входу, яка освітлення NightGuide, яке м'яко освітлює вхід на пішохідний перехід та «запрошує» пішохода перейти вулицю в найбезпечнішому місці.

## 1.2. Переваги та недоліки існуючих рішень

Перевагою розумного пішохідного переходу від компанії Umbrellium є інтерактивність розмітки, яка дає можливість малювати розмітку в будь-якому місці дії системи, а ще змінювати її під час різних нестандартних ситуацій. Ще однією перевагою є використання нейронних мереж, що дозволяє спрогнозувати небезпечні ситуації та краще забезпечити безпеку руху.

Недоліком такого варіанту виконання пішохідного переходу є видимість розмітки, яку не видно на невеликій відстані, що не зовсім підходить для використання поза межами населеного пункту. А також погана видимість під час дуже яскравого сонячного освітлення. Ще одним суттєвим недоліком можна вважати і дороговизну такого дорожнього полотна зі світлодіодами та всього необхідного обладнання.

Перевагами використання системи Unilight є використання власного контролера керування і програмного забезпечення, які спеціально призначені для цього. Вбудований GSM-модем, який дає змогу використовувати 3G для моніторингу системи в реальному часі без підключення дротового інтернету. Інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс системи засвоюється в короткий час і дозволяє скоротити витрати на навчання персоналу.

Недоліком системи є попередження не всіх учасників дорожнього руху, а тільки тих, які знаходяться за кермом автомобіля.

Всі описані розумні переходи реалізують в межах міст, а також при переході через залізничне полотно. На жаль, велика кількість випадків дорожньо-транспортних пригод з тяжкими наслідками відбувається на ділянках автомобільних доріг, які проходять через малонаселені пункти (села та селища), для яких поки що не передбачено встановлення розумних світлофорів, в першу чергу через не врахування специфіки саме таких ділянок дороги, високу вартість, а також можливу малу увагу відповідних органів влади. Також недоліком обох систем є відсутність альтернативного джерела живлення у випадку непередбачуваних ситуацій.

### 1.3. Висновки до розділу

В процесі проведення огляду літературних джерел встановлено, що облаштування пішохідних переходів на різних ділянках автомобільних доріг для попередження учасників дорожнього руху про можливу небезпеку є актуальною задачею.

В результаті аналізу існуючих рішень щодо облаштування пішохідних переходів запропоновано здійснити модернізацію дорожніх знаків з метою попередження учасників дорожнього руху про можливу небезпеку.

Встановлено, що запропонована система «Розумний пішохідний перехід» має бути автономною, простою в реалізації, недорогою, щоб була можливість її встановлення на ділянках автомобільних доріг, які проходять через малонаселені пункти (села та селища).

## ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД»»

Одним із важливих факторів, який необхідно враховувати при побудові будь-якої системи є комунікування її компонентів між собою. Система РПП складається з двох знаків, розміщених на певній відстані. Тому вибір методів передавання інформації в такій системі є важливим завданням. Звичайно, що існує безліч можливих варіантів і вибір, зазвичай, залежить від особливостей системи та її призначення.

Передавання інформації між двома знаками «Пішохідний перехід» і «Попередження про «Пішохідний перехід» в КС РПП доцільно здійснювати за допомогою радіомодулів.

Загальна структура системи передавання інформації між двома знаками «Пішохідний перехід» і «Попередження про «Пішохідний перехід» представлена рис. 2.1 [1], де зображено два функціональні блоки, які складаються з власних давачів, ілюмінації, як знаків, так і самого ПП. До конструкції першого блоку входять такі елементи: давач освітленості, внутрішня підсвітка знака, обрамлення знака по контуру квадрата жовтими діодами (функція жовтого мигаючого світлофора) та мікроконтролерний блок і радіомодуль. Конструкція іншого функціонального блоку складається із двох давачів відстані, які розташовані під знаком та направлені на кут 30 градусів в обидва боки від перпендикуляра до проїжджої частини, а також - ілюмінації знаку. Між блоками знаходиться ЛЗ, по якій відбувається передавання інформації між обома мікроконтролерами.

Доцільно в другий знак вмонтувати давачі, які визначають, чи автомобіль, який рухається в сторону ПП, їде з дозволеною швидкістю, якщо ж водій порушує правила, тоді ця інформація, за допомогою радіозв'язку, передаватиметься безпосередньо на сам ПП і тоді вмикатиметься попереджувальний сигнал для пішохода.

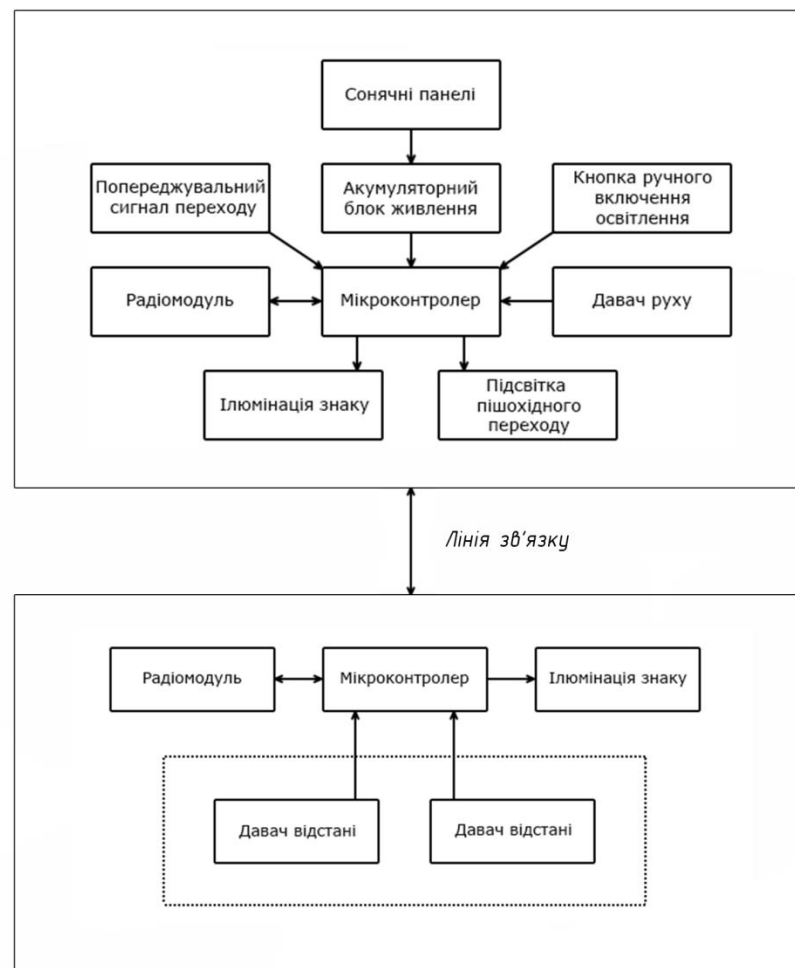


Рис. 2.1. Загальна структура системи передавання інформації між двома знаками «Пішохідний перехід» і «Попередження про «Пішохідний перехід»»

При виборі стандартів мережевого підключення для КС РПП необхідно враховувати такі основні аспекти:

- безпека;
- дальність;
- частота;
- швидкість передавання даних;
- енергоживлення.

### 2.1. Аналіз стандартів зв'язку для системи «Розумний пішохідний перехід»



Для передавання інформації в системі РПП потрібно, щоб стандарт відповідав усім п'яти основним аспектам, а також мав хорошу завадостійкість. Для цього було здійснено аналіз та проведено порівняння таких стандартів:

- LoRaWAN;
- GSM/LTE;
- NB LTE і NB CIoT;
- Bluetooth Low Energy;
- Wi-Fi;
- ZigBee;
- Z-Wave;
- SigFox.

Детальніше розглянемо ці стандарти з метою вибору найоптимальнішого для системи РПП.

2.1.1. Стандарт LoRaWAN. Передавання інформації в системі РПП може здійснюватися відповідно до стандарту зв'язку LoRaWAN, який характеризується низькою швидкістю, але, поряд з цим, має велику дальність та невелике енергоспоживання. Це відкритий стандарт, тому будь-який користувач може вільно використовувати протокол на власному обладнанні. Стандарт використовує безкоштовний ISM діапазон, дальність дії становить 2км - 5км в місті, та до 45км поза містом.

LoRaWAN має три різні класи давачів і радіопередавачів для виконання різних задач, які використовуються у широкому спектрі застосувань (рис. 2.2) [6].

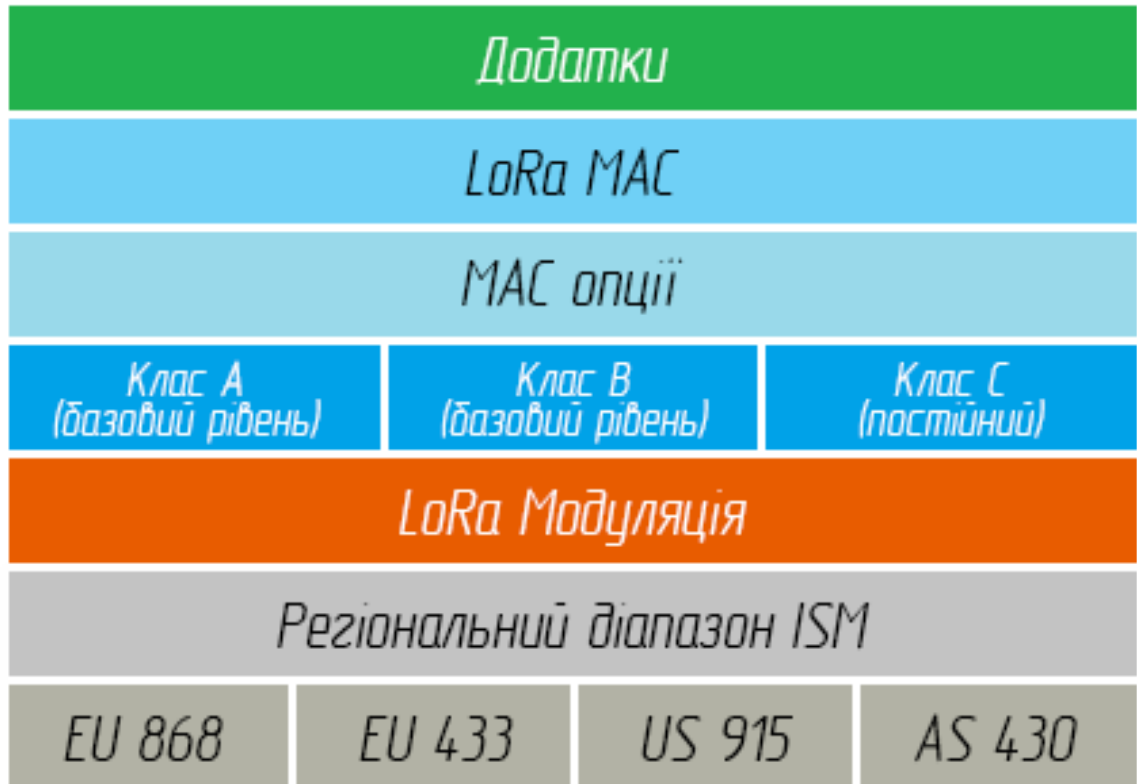


Рис. 2.2. Класи давачів в мережах LoRa

Клас А характеризується найменшою потужністю. Це клас – за замовчуванням, він підтримує всі кінцеві пристрої (давачі, радіопередавачі) LoRaWAN, зв'язок класу А є повністю асинхронним. Кожне передавання інформації висхідної лінії може бути надіслане в будь-який момент і супроводжується в той же час двома відкритими для передавання інформації проміжками часу по низхідній ЛЗ, яка надає можливість для створення двостороннього зв'язку, або, якщо необхідно, створення команд управління мережею.

Давачі мають здатність переходити в режим сну, використовуючи низьку потужність доти, доки це визначено власною програмою: для періодичних пробуджень немає вимог до мережі. Саме тому клас А – є класом з найнижчою потужністю в під час роботи, але, також, це все дозволяє здійснити зв'язок висхідної лінії в будь-який час.

Оскільки передавання інформації по низхідній ЛЗ повинно завжди йти після передавання висхідної ЛЗ за допомогою графіка, який визначається додатком кінцевого пристрою, а передавання інформації по низхідній лінії повинно бути буферизоване на мережевому сервері і готовим до наступного передавання інформації по висхідній ЛЗ.

До класу В відносяться давачі з детермінованою затримкою передавання інформації по низхідній ЛЗ.

Крім ініційованих вікон прийому класу А давачі класу В синхронізуються в мережу зв'язку за допомогою періодичних "маяків", а також відкривають в низхідній лінії "слоти для пінгу" у певний період часу. Ця здатність надає мережі можливість надсилати інформацію по комунікаційних каналах низхідної ЛЗ з певною детермінованою затримкою, але за рахунок цього потрібно додаткове енергоспоживання в давачах. Затримка може програмуватися в діапазоні часу до 128секунд для задоволення вимог різних програм, а додаткове споживання електроенергії є невисоким, що підходить для пристроїв із акумулятором.

Клас С - характеризується давачами з найнижчою затримкою. Крім звичайної структури класу А, тобто висхідної ЛЗ з двома вікнами двостороннього зв'язку низхідній лінії, клас С додатково зменшує затримку передавання інформації по низхідній ЛЗ, маючи приймач давача завжди відкритим, навіть тоді, якщо пристрій нічого не передає (напівдуплекс). Виходячи з цієї особливості, шлюз має здатність ініціювати передавання по низхідній лінії протягом будь-якого періоду за умови, що приймач давача відкритий, тому немає затримок. Цей варіант є компромісом і підходить для застосувань, де доступна постійна потужність (до ~ 50мВт).

Для давачів, що мають власний акумулятор, можливий тимчасовий режим, який виконує перемикання між класами А і С, він корисний для переривчастих завдань, наприклад, таких як, оновлення програмного забезпечення «по повітрю».

2.1.2. Стандарт SigFox. Технологія SigFox дозволяє здійснити передавання інформації на великі відстані при малій потужності передачі дачача та при малій ємності батареї. Така мережа добре підходить для простих і автономних пристроїв, які передають невелику кількість даних у цій мережі. Технологія SigFox схожа на мобільну інфраструктуру (GSM та LTE), але вона енергоефективніша, а також менш затратною. SigFox використовує ультра-вузьку частотну смугу UNB на основі 29адіо передаванн для під'єднання пристроїв до глобальної мережі інтернет. Використання ультра-вузької частоти – основний фактор у забезпеченні низького рівня потужності передавача інформації, який використовується під час підтримки з'єднання надійних даних. На рис. 2.3. показано топологію мережі SigFox [7].



Рис. 2.3. Топологія мережі SigFox

В SigFox вузли використовуються в двох варіантах конфігурації:

- режим P2P – режим прямого зв'язку між вузлами (LAN Інтерфейс);
- гібридний режим – SigFox або P2P (P2P+GW в мережі SigFox).

Мережа SigFox працює в 29адіо передаван існуючих діапазонах (ISM) і співіснує в цих частотах разом з іншими технологіями передавання інформації без проблеми перекриття різних мереж або проблеми поганої пропускної

здатності. В Європі ця технологія використовує діапазон 868,8МГц, а в США – 915МГц.

Дальність дії мережі SigFox становить орієнтовно 30км-50км поза межами населених пунктів і трохи менше – в міських умовах. Зазвичай, де багато заводів і шумів, діапазон знижується до 10км.

Стандарт SigFox має ряд значних переваг в порівнянні з іншими технологіями 3Gадіо передавання даних, зокрема:

- велика зона покриття;
- дуже низьке споживанням енергії (до 20 років роботи датчиків від двох батарейок AA);
- висока проникаюча здатність;
- низька собівартість.

Але, як і всі технології, мережа SigFox, також має і певні недоліки, серед них:

- низька швидкість передавання даних;
- обмежена заводостійкість;
- залежність від стільникового інфраструктури.

2.1.3. Стандарт NB-IoT. Стандарт був специфікований угодою 3GPP в Release13 (LTE Advanced Pro) і з 2016 року по теперішній час проходить тестування. NB-IoT, або стандарт LTE-Cat.M2, має ряд переваг таких, як: широка зона охоплення, швидка модернізація існуючої мережі, низьке енергоспоживання, яке гарантує 10-річний термін служби акумулятора, низьку вартість, технологія Plug And Play, підвищена надійність і висока якість безпеки. NB-IoT ідеально відповідає вимогам ринку LPWAN, дозволяючи розширити його використання в таких системах як інтелектуальні системи обліку, відеоспостереження, систем «Розумного міста», системи електронної охорони здоров'я та ін.

Розгортання NB-IoT в смугах частот, таких як 700МГц, 800МГц і 900МГц має ряд переваг, оскільки він підтримує давачі та радіопередавачі багатьох провідних світових компаній. Існує дуже багато комерційних мереж UMTS і LTE, які в даний час працюють в діапазоні частот 900МГц.

Для розгортання LPWAN NB-IoT3GPP були запропоновані такі три сценарії: Guard Band (захисна смуга), In Band (в смузі частот) і Standalone (автономний).

Мережа може бути розгорнута як автономний носій Standalone з використанням будь-якого доступного спектра більше 180кГц. Крім того, мережа може бути в розподілі LTE спектра, в рамках ширшої несучої LTE In-Band, або в LTE Guard Band - захисній смузі [8]. Ці різні сценарії розгортання показані на рис. 2.4.

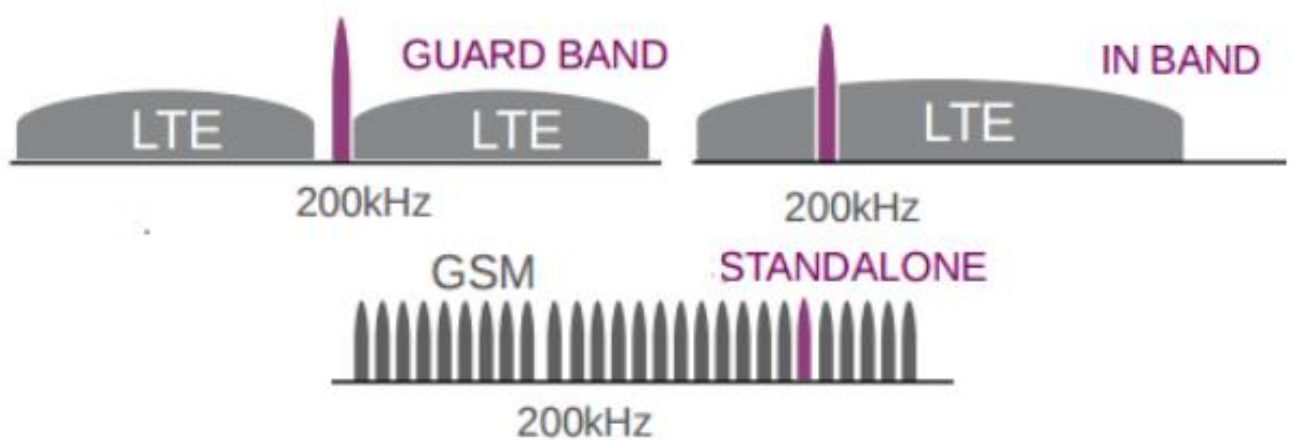


Рис. 2.4. Сценарії розгортання NB-IoT

Перший сценарій NB-IoT Guard Band служить в якості робочого діапазону, використовуючи захисний інтервал для технологій LTE.

Другий - In-Band (внутрішньо-смуговий) - це найменш оптимальний режим. У цьому сценарії витрачаються ресурси дозволеного спектру LTE-частот.

Третій режим отримав назву Standalone. Тут дозволений спектр знаходиться поза зоною дозволених частот традиційних технологій 3GPP UMTS/LTE.

Таким чином, мережа NB-IoT може бути розгорнута в частотних діапазонах, в яких в даний час функціонує стандарт GSM, після їх перетворення в LTE, або в «захисних» інтервалах між мережами GSM і LTE. Швидкість передавання даних в NB-IoT досягає 200 кбіт/с, що є достатнім для пристроїв, які періодично передають однотипні дані невеликого обсягу.

2.1.4. Стандарт Bluetooth Low Energy. Це новий стандарт, розроблений спільнотою Bluetooth SIG. Цей стандарт має ряд переваг, зокрема, таких як низьке енергоспоживання, малий час встановлення з'єднання, надійність і захист переданих даних. Bluetooth Low Energy споживає в 10-20 разів менше енергії і здатний передавати дані в 50 разів швидше, ніж класичні Bluetooth-рішення [7].

Bluetooth Low Energy орієнтований на нові перспективні програми та ринки: здоров'я і спорт, споживча медична електроніка, енергозбереження, промислова автоматизація та безпеку.

Технологія адаптивної стрибкоподібної зміни частоти, яка використовується в Bluetooth Low Energy, дає їм змогу швидко змінювати робочу частоту в широкому діапазоні робочих частот. Це не тільки дозволяє знизити інтерференцію, а й зменшити або повністю уникнути переповнення в робочому частотному діапазоні. Поряд з широкомовним режимом, Bluetooth Low Energy пропонує спосіб передачі даних, орієнтований на встановлене між окремими пристроями з'єднання.

Захищеність переданих даних завжди була однією з пріоритетних проблем при розробці нових технологій бездротової передачі даних. Технологія Bluetooth Low Energy розроблена таким чином, щоб об'єднати в собі безліч механізмів для

забезпечення безпеки: аутентифікація, авторизація, шифрування і алгоритми для боротьби з перехопленням даних.

Технологія Bluetooth Low Energy розроблена спільнотою Bluetooth SIG за принципом відкритого стандарту. Така технологія, завдяки дотриманню вимог по кваліфікаційним випробувань і тестуванню на електромагнітну сумісність направлена на те, щоб розробники програмно-апаратного забезпечення могли скористатися всіма перевагами цієї технології, а користувачі - отримували максимум комфорту від використання пристроїв з підтримкою Bluetooth Low Energy, незалежно від виробника.

Технологія Bluetooth Low Energy, заснована на відкритих для вільного використання радіохвилях 2.4ГГц, може бути використана будь-де в загальносвітовому масштабі.

Давачі Bluetooth Low Energy є двох типів:

- Давачі Single-mode, які підтримують тільки технологію Bluetooth Low Energy, а також оптимізовані для додатків зі зниженим енергоспоживанням, низькою вартістю і малими габаритами.
- Давачі Dual-mode - підтримують технологію Bluetooth Low Energy і класичну технологію Bluetooth для забезпечення зворотної сумісності з усіма попередніми версіями специфікації Bluetooth.

2.1.5. Стандарт ZigBee. ZigBee - відкритий глобальний стандарт бездротової технології, розроблений для використання цифрових радіосигналів з низьким енергоспоживанням. Це популярний протокол зв'язку, який досить часто використовується в системі Smart home, для комунікації смарт-пристроїв один з одним. Їх може бути декілька: Bluetooth, Zwave, Wi-Fi, а вибір залежить вимог, які висуваються до системи.

Wi-Fi і Bluetooth - відмінні технології, але вони не дуже добре підходять для роботи малопотужної бездротової мережі, наприклад, Інтернету речей. Оскільки протокол Zigbee - це варіант Wi-Fi з низьким енергоспоживанням і



додатковими функціями домашньої автоматизації, він найкраще відповідає вимогам швидкого і безпечного об'єднання пристроїв з низьким енергоспоживанням.

Основні характеристики протоколу ZigBee:

- підтримка кілька мережевих топологій («точка-точка», багатоточкові, деревоподібні мережі);
- низький робочий цикл, збільшуючи термін служби батареї;
- низька затримка відгуку;
- забезпечення спектру поширення прямої послідовності (DSSS);
- можливість підтримувати одночасну взаємодію 65 000 мережевих вузлів;
- шифрування 128-bit для безпечних підключень до даних;
- запобігання зіткнення, повторні спроби, підтвердження.

Ключовим компонентом протоколу ZigBee є можливість підтримки мережі mesh. Кожен пристрій є підмережею, невеликою частиною більш великої комірчастої (mesh) мережі. Принцип комірчастої топології працює як послідовне з'єднання. Замість того, щоб просто відправляти та отримувати, вузли починають повторювати сигнали, створюючи один великий mesh.

З'єднання між вузлами при цьому динамічно оновлюються і оптимізуються за допомогою складної вбудованої таблиці маршрутизації. Це дуже ефективний спосіб відправки сигналів. Таким чином, вузли відображають сигнали один від одного, збільшуючи діапазон дії і приєднуючи до роботи всі наявні пристрої і давачі.

Вся техніка ZigBee керується «домашньою базою» - концентратором, який зазвичай підключається за допомогою «домашнього з'єднання» Wi-Fi або спеціальних додатків смартфона.

Однак, не всі пристрої ZigBee, що мають різних виробників, працюють гармонійно. Протокол, який має відкритий вихідний код, може бути змінений будь-яким виробником. Таким чином, розумна побутова техніка одного

виробника може зазнавати труднощів при спілкуванні з технікою інших виробників. Однак, подальший розвиток технологій «Розумного будинку» все більш розширює діапазон управління в поєднанні з невеликою кількістю інтелектуальних концентраторів.

Перевагами ZigBee є:

- простота використання;
- високий рівень захисту даних;
- висока завадостійкість;
- використання неліцензованих частот;
- низьке енергоспоживання.

Недоліки ZigBee:

- мала швидкодія роботи;
- невисока проникаюча здатність в умовах міста;
- більшість трафіку витрачається на передавання адресної інформації, даних для синхронізації і т.д.

2.1.6. Стандарт Weightless-P. Наступним стандартом, який міг би бути використаний для КС РПП є Weightless-W. Це відкритий стандарт, призначений для роботи в частотах телевізійного діапазону (TVWS). Weightless-W ідеально підходить для використання в нафтовій і газовій галузі.

Weightless-N робить акцент на надзвичайно широку зону покриття замість високих швидкостей передавання даних. Хоча обмежується одностороннім рухом зв'язку. Він підтримує більший діапазон і низьке енергоспоживання, ідеально підходить для сенсорних мереж, які призначені для реєстрації температури, контролю рівня рідини в резервуарі та інших вимірювань .

Weightless-P - це вузькосмуговий варіант технології LPWAN для IoT-рішень, що вимагають високої щільності кінцевих пристроїв, довгострокову службу батареї, і двосторонній зв'язок. Особливостями цієї технології є масштабованість, оптимізація висхідній і низхідній ЛЗ, широка зона покриття,

тривалий термін служби батареї, а також захист інформації даних які передаються в мережі. Він використовує вузький діапазон груп модуляцій, пропонуючи можливість двохстороннього зв'язку для забезпечення хорошої якості обслуговування (QoS). На відміну від Weightless-H і -W, Weightless-P не вимагає температурної компенсації кварцового генератора (ТСХО) через використання широкого діапазону електромагнітного випромінювання (ДМВ).

Weightless-P є наймасштабованішою субгігагерцовою технологією LPWAN, в якій одна базова станція Weightless-P підтримує більше пристроїв, ніж будь-яка інша технологія LPWAN в субгігагерцовому діапазоні. Висока ємність базових станцій мінімізує витрати на розгортання.

Можна виділити такі основні характеристики Weightless-P:

- технологія вузькосмугова (12,5кГц на канал);
- оптимізація підтримки планових і позапланових трафіків (в стандарті TDMA/FDMA);
- спектрально-ефективна модуляція OQPSK;
- працює по всьому діапазону ліцензійних вільних від суб-ГГц ISM смугах частот для глобального розгортання: 169/433/470/780/868/915/923МГц;
- роумінг;
- 2км в міському середовищі;
- невеликий час синхронізації базових станцій для ефективного використання ресурсів;
- можливість спільного використання мобільної інфраструктури;
- адаптивна швидкість передавання даних: 200біт/с - 100кбіт/с;
- контроль потужності передавання для низхідній ЛЗ і висхідній ЛЗ для того, щоб зменшити перешкоди і збільшити пропускну здатність мережі.

Ресурси в суб-гігагерцовому неліцензованому спектрі обмежені і трафік від інших технологій неухильно зростає. Тому Weightless-P використовує вузькосмуговий 12,5кГц канал, що дає можливість передавати в сім разів більше

даних, ніж SigFox, і в дев'яносто вісім разів більше даних, ніж LoRaWAN в міських умовах.

Технологія активно використовується в різних смарт-системах, для вимірювання даних, автомобільних системах спостереження, відстеження активів, в “розумних автомобілях”, для діагностики і модернізації транспортних засобів, моніторингу стану здоров'я, давачах руху, розумних приладах, смарт-інфраструктурі електронних платежів та ін.

Weightless-P - повністю двосторонній стандарт, який підтримує основні діапазони SRD/ISM, і є найпродуктивнішим серед аналогічних варіантів, має багато додаткових можливостей, зокрема, таких як роумінг, адаптоване кодування та ін. Через ці причини він має меншу дальність дії і більш високе енергоспоживання.

2.1.7. Стандарт Wi-Fi. Wi-Fi - безпроводниковий мережевий стандарт, яка дозволяє пристроям підключатися до мережі з використанням частот 2,4ГГц і 5ГГц в неліцензованому ISM діапазоні, який розвивається на базі стандарту IEEE802.11.

Стандарт розроблявся для локального зв'язку. Сучасні точки доступу із декількома антенами забезпечують дальність передавання інформації до 100м без завад. Також бувають варіанти точок доступу з використанням підсилювача і напівпараболічної антени, радіусом дії більше 20км.

Даний стандарт постійно розвивається. Одна з технологій стандарту - Wi-Fi Direct дозволяє пристроям підключатися на пряму до мережі без точки доступу, наприклад як передавання інформації між знаками в системі Пристрої мають можливість з'єднатися між собою або з декількома пристроями одночасно. Для підключення Wi-Fi Direct потрібно або два NFC-сумісних пристрої, або з підключитись з введенням ПІН-коду. Для захисту, всі пристрої які з'єднані через Wi-Fi напряду захищені WPA2.

Wi-Fi не відрізняється високою завадостійкістю, а багато точок доступу 2,4ГГц 802.11b і 802.11g працюють на однакових каналах, тому можуть бути завади і зменшена швидкість передавання інформації при наявності схожих пристроїв в радіусі дії точки доступу. Це може стати проблемою в місцях з високою щільністю пристроїв, таких як офісні будівлі, торгові центри, багатоквартирні будинки з багатьма Wi-Fi точками доступу. Крім того, пристрої інших стандартів використовують діапазон 2,4ГГц: мікрохвильові печі, ZigBee, Bluetooth, мобільні телефони, відеонаяні, що також може викликати значні завади. Додатково виникає ще одна проблема, коли державні установи або інші великі об'єкти (наприклад, університети) мають на меті збільшити зону покриття Wi-Fi. Але, при використанні в системі РПП, яка знаходиться поза населеним пунктом, ці недоліки не є значною проблемою.

Старіші пристрої використовують стандарт шифрування WEP, який через слабку стійкість алгоритму, навіть при правильній конфігурації може бути легко зламаний. Сучасні пристрої підтримують WPA і WPA2 - досконаліші протоколи шифрування даних. Багато організацій можуть використовувати додаткове шифрування для власного захисту від вторгнення. На даний момент, для злому WPA2 основним методом є брутфорс (підбір пароля), тому рекомендується використовувати паролі, які складаються буквенно-цифрової конфігурації. Крім того, стандартами Wi-Fi у відкритих мережах шифрування переданих даних не передбачено. Це означає, що дані, які передаються в мережі через відкрите бездротове з'єднання, можуть бути перехоплені зловмисниками за допомогою сніферів. Тому, під час використанні безкоштовних точок доступу, не варто передавати через мережу Інтернет важливі дані.

Перевагами Wi-Fi є:

- висока надійність передавання даних;
- хороша швидкість передавання даних;
- гарантована сумісність.

Недоліки Wi-Fi:

- невисока завадостійкість;
- висока енергоємність;
- деякі проблеми з безпекою;
- низька проникаюча здатність в умовах міста;
- в різних країнах - різний діапазон і обмеження.

## 2.2. Порівняння стандартів зв'язку для системи «Розумний пішохідний перехід»

В попередньому підрозділі було проаналізовано декілька найпоширеніших стандартів зв'язку, які використовуються для побудови IoT мережі. Було розглянуто як стандарти, які підходять для локальної мережі, так і стандарти для мереж з великим радіусом дії. Детально описано кожен з них, їхнє призначення та складову. Їхні технічні характеристики зібрано і систематизовано в таблицях 2.1 - 2.2 [10]. На основі аналізу даних стандартів зв'язку, враховуючи ключові аспекти, такі як дальність, швидкість передавання даних, частота, безпека, енергоспоживання, а також їхні переваги та недоліки для використання в системі РПП було прийнято рішення використовувати LoRaWAN.

В стандарті LoRa описується тип модуляції, тобто перший рівень моделі OSI. Протокол канального рівня називається LoRaWAN. Загальна система буде використовувати LoRaWAN на канальному рівні, а LoRa на фізичному рівні.

LoRaWAN працює таким чином: базова станція прослуховує ефір в заданому користувачем діапазоні частот, коли поступає запит від одного з використовуваних пристроїв, то посилає йому відповідь на тій же ж частоті. Ширина каналу при такій взаємодії становить 125кГц, а максимальна допустима швидкість - понад 5кб/с. Заданий стандарт IoT не призначено для перегляду потокового відео.

*Таблиця 2.1*

### Технічні характеристики стандартів зв'язку

Технічні характеристики	Bluetooth Low Energy (BLE)	GSM/LTE	NB-CIoT	NB-LTE
1	2	3	4	5
Дальність	80м	35км GSM, 200км LTE	-	-
Частота	2,4ГГц	8-900МГц GSM 7- 900МГц LTE	7-900МГц	7-900МГц
Швидкість передачі	< 1Мбіт/с	70кбіт/с GSM до 1Мбіт/с LTE	UL 1- 32кбіт/с DL 1- 20кбіт/с	UL 1- 144кбіт/с DL 1- 200кбіт/с
Енергоспоживання	Низьке	Середнє	Низьке	Низьке
Аутентифікація	Проблематично	Високий рівень безпеки	Високий рівень безпеки	Високий рівень безпеки
E2E шифрування	Так	Так	Так	Так
Діапазон ISM	Так	Ні	Ні	Ні
Робота при значній забудові	Ні	Покращена	Так	Так

Повна двонаправленість	Так	Так	Так	Так
Стандарт	Bluetooth 4.0	GSM Rel.13; LTE-M Rel.13	3GPP Rel.13	3GPP Rel.13

Таблиця 2.2

## Технічні характеристики стандартів зв'язку

Технічні характеристики	LoRaWAN	SigFox	Wi-Fi	ZigBee
1	2	3	4	5
Дальність	2-5км в місті, до 45км за містом	10км в місті, до 50км поза містом	до 100м	100м/Mesh
Частота	до 1ГГц	Частотно- незалежна мережа, 868/902 МГц	2,4ГГц, 5ГГц	915МГц 2,4ГГц
Швидкість передачі	0,3-50кбіт/с, адаптивно	10-1000біт/с	максимально 7Гбіт/с	250кбіт/с
Енергоспоживання	Низьке	Низьке	Високе	Низьке
Аутентифікація	Так	Так	Так	Так
E2E шифрування	Так	Так	Так	Так
Діапазон ISM	Так	Так	Так	Так



Робота при значній забудові	Так	Ні	Так	Так
Повна двонаправленість	Так	Ні	Так	Так
Стандарт	LoRaWAN	Немає	IEEE802.11	ZigBee на основі IEEE802.15.4
Масштабування	Так	Так	Так	Так

На рис.2.5. наведено принцип роботи LoRaWAN, на базі якого розроблена система РПП [11].

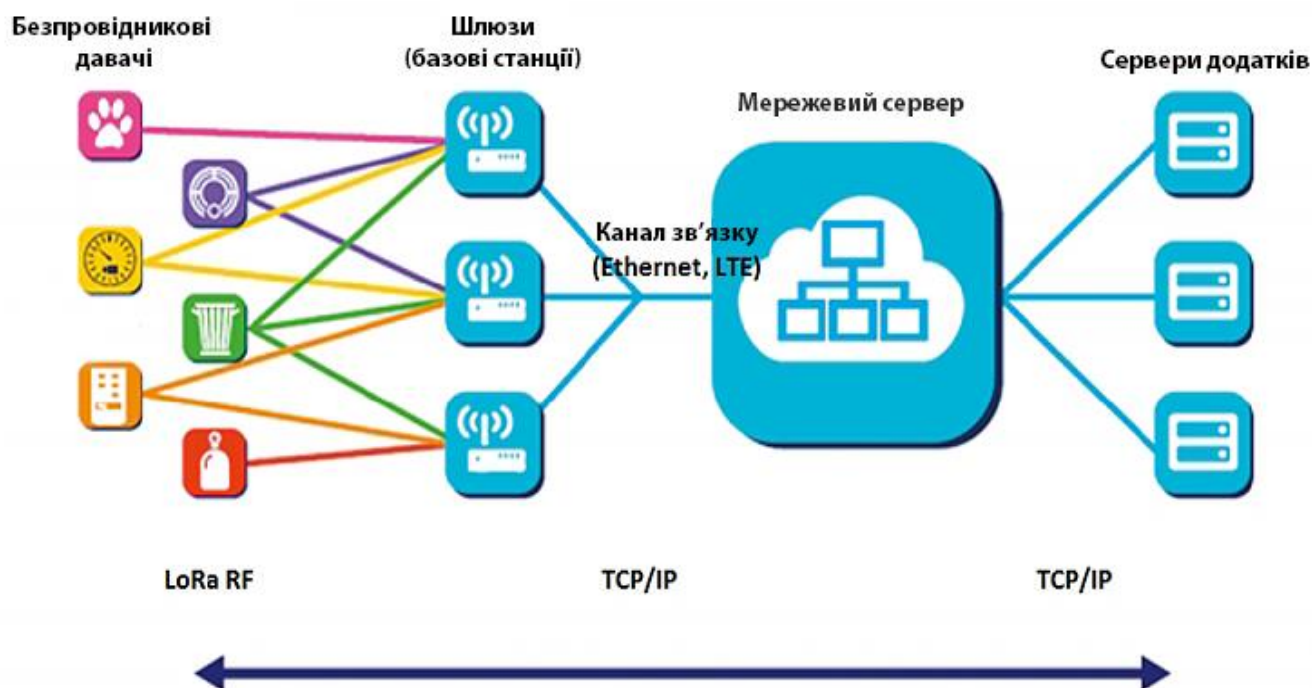


Рис. 2.5. Принцип роботи LoRaWAN

В залежності від умов радіопередачі вибирається найкращий набір параметрів зв'язку. За цей вибір відповідає коефіцієнт SF (spreading factor) – за допомогою якого вибираються параметри приймання і передавання. SF - це ціле число, за замовчуванням він становить від 7 до 12. Чим більший SF, тим краща завадостійкість лінії передачі зв'язку, але в той же час - менша швидкість і передача займає більше часу в ефірі.

Максимальна завадостійкість становить SF=12. За такої умови - час пакета в ефірі - 2,5сек, а швидкість - 290біт/сек. Проте чим більше дачів будуть відправляти дані на базову станцію, тим довше в ефірі вони перебуватимуть. Тому, при хороших умовах радіопередачі, SF не досягатиме максимального значення. Якщо зростатиме швидкість – відповідно зменшуватиметься час передавання.

Пакети даних приймаються базовою станцією (шлюзом), але обробляє їх мережевий сервер. Мережевий сервер керує усіма шлюзами, він вирішує за допомогою якого шлюза прийматимуться дані дача (якщо дач комунікує з декількома шлюзами), а також встановлює ряд важливих параметрів. Проте обробляє корисну інформацію, яка надходить з пакетів на мережевий сервер. Цим займається сервер додатків. На сервері додатків відбувається дешифрування даних, які надходять від дачів, вже тоді ці дані, в потрібній формі, потрапляють в білінг, або в UI (інтерфейс користувача), або в інше визначене місце.

Причин для використання LoRaWAN в системі РПП декілька:

- LoRaWAN використовує такий частотний діапазон, який дозволений для використання в Україні. Деякі системи LoRa використовують діапазон 433МГц, але в нас найчастіше використовуються частоти з діапазону 868МГц. Також може використовувати частоти не ліцензованого спектра: 863-865МГц і 867-869МГц. У інтервалі 863-865МГц є обмеження в часі використання передавача ефіру ( $< 0,1\%$ ), а також по потужності ( $< 25\text{мВт}$ ). У іншому інтервалі - тільки по потужності (також  $< 25\text{мВт}$ ). Ширина каналу LoRaWAN - 125кГц. У специфікації стандарту передбачено 250 і 500, проте в Україні їх зазвичай не

використовують. Тому в діапазоні 1,5МГц розміщено 8 основних частот, а також одну резервну (RX2, інший канал, який використовується, якщо зв'язок по основному каналу неможливий).

- LoRaWAN розроблялася для потужності менше 25мВт. Тому через такий низький рівень - технологія працює нижче рівня шуму.

- LoRaWAN являється відкритим стандартом. Чіпи для давачів та радіопередавачів у вільному продажі, вся документація відкрита для будь-якого користувача. Давачі і радіомодулі під цей стандарт виготовляють безліч компаній по всьому світі. Тому, навіть якщо один з виробників перестане виготовляти давачі для даного стандарту, залишаться інші.

- В стандарті LoRaWAN - хороший радіус передавання інформації, він може як приймати так і передавати інформацію від давачів навіть в підвалі будинку або радіусі навіть декількох кілометрів від шлюза. Максимальна відстань на якій він може приймати інформацію від давачів становить 4 кілометрах за умови міста. Але за таких умов страждає стабільність і завадостійкість і починається втрата пакетів.

- Давачі LoRaWAN мають великий термін працездатності, вони можуть працювати від батарейки як мінімум рік, а в деяких випадках і більше. Це залежить від класу давача (А, В або С). Найбільш довготривалий А-клас - може працювати від однієї батарейки декілька років.

### 2.3. Висновки до розділу

Проаналізовано протоколи та мережеві технології, які потенційно могли б використовуватись для побудови системи «Розумний пішохідний перехід», зокрема: LoRaWAN; GSM/LTE; NB LTE і NB Clot; Bluetooth Low Energy; Wi-Fi; ZigBee; Z-Wave; SigFox.

Враховуючи переваги та недоліки розглянутих технологій, основні їхні технічні характеристики: частотний діапазон, радіус передавання сигналів,

енергоефективність давачів, запропоновано, як найоптимальніший варіант для передавання даних в системі РПП, використання технології LoRaWAN.

### РОЗДІЛ 3

#### РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД

В результаті проведеного аналізу методів передавання інформації в системі «Розумний пішохідний перехід» доцільно здійснити модернізацію ПП за межами населених пунктів і у населених пунктах, через які прокладено дороги міжнародного та місцевого значення, шляхом введення програмно-апаратних засобів, які б дозволили передавати інформацію для оповіщення учасників дорожнього руху.

Технічна реалізація системи РПП повинна забезпечувати такі можливості:

- освітлення переходу в той момент часу коли є пішохід;
- сповіщення про ПП усіх учасників руху;
- забезпечення безпеки для пішоходів.

Запропонована система РПП передбачає передавання інформації про наявність чи відсутність потенційної небезпеки учасникам дорожнього руху.

В першу чергу необхідно здійснити освітлення ПП, але також потрібно враховувати потребу в яскравості такого освітлення. Доцільно у нормальних умовах (відсутність пішохода на переході) освітлення здійснювати тільки на 10%

від загальної потужності, як показано на рис. 3.1, що дозволяє забезпечити економне використання електроенергії.

Знаки запропоновано облаштувати світлодіодною підсвіткою, яка, на попереджувальному знакові за 50 метрів до переходу, горить завжди, а на знакові над переходом, за нормальних умов, виключена. В свою чергу опору дорожнього знаку потрібно оснастити:

- датчиком руху, який ідентифікує людину;
- кнопкою (у разі несправності датчика руху);
- екраном, який повідомляє людину про те чи можна переходити дорогу (в разі перевищення швидкості - показувати заборону переходу дороги).



Рис. 3.1. Пішохідний перехід за відсутності пішохода

При фіксації пішохода датчиком руху, попереджувальний знак “зчитує” чи немає автомобіля з перевищеною швидкістю, та засвічує зелене світло на екрані, тоді знак над переходом починає мигати, а світло над переходом - плавно збільшує свою потужність до 100%. Вигляд ПП при появі пішохода показано на рис. 3.2.

Після того як людина перейшла дорогу - все переходить у нормальний режим роботи.



Рис. 3.2. Пішохідний перехід при появі пішохода

Попереджувальний знак, який знаходиться за декілька метрів до ПП обладнаний давачем, який зчитує інформацію про швидкість автомобіля, що наближається та передає її на контролер, розміщений на опорі біля переходу. Якщо ж попереджувальний знак фіксує автомобіль з перевищеною швидкістю, тоді екран світиться червоним кольором, тим самим - забороняючи перехід дороги.

Вигляд ПП при перевищенні швидкості автомобілем показано на рис.3.3.



Рис. 3.3. Пішохідний перехід при перевищенні швидкості автомобілем

Оскільки доцільно живлення запропоновано здійснювати за допомогою сонячних панелей разом із акумуляторними блоками, то однією із основних переваг такої системи є автономність її роботи, іншою перевагою - є простота встановлення (монтаж). Передаванням даних та синхронізацію між знаками «Пішохідний перехід» (5.35 ПДР) «Попередження про «Пішохідний перехід» (1.32 ПДР) доцільно здійснювати за допомогою вбудованих радіомодулів.

### 3.1 Структура системи «Розумний пішохідний перехід»

Конструкцію знаків «Пішохідний перехід» (5.35 ПДР) запропоновано модернізувати шляхом встановлення датчиків освітленості, внутрішньої підсвітки знака, обрамленням знака по контуру квадрата жовтими діодами (функція “жовтого мигаючого світлофора”), мікроконтролерним блоком керування і радіомодулем. Над знаком запропоновано встановити освітлення тротуарної частини із вмонтованим датчиком руху, а також – світлодіодну підсвітку ПП.

Структурно знак «Пішохідний перехід» (5.35 ПДР) складається з таких модулів: мікроконтролерний блок, радіомодуль, давач руху, кнопка ручного ввімкнення освітлення, у разі поломки давача, ілюмінація знака, освітлення самого переходу, а також акумуляторний блок живлення в яких надходить електроенергія в тому числі з сонячних панелей.

На рис. 3.4. показано структурну схему знака «Пішохідний перехід» в системі РПП.

Принцип роботи полягає у наступному: з давача руху на мікроконтролер надходять дані, про те чи поблизу переходу є пішохід, контролер аналізує інформацію і якщо є пішохід вмикає освітлення ПП на 100%, а також жовту ілюмінацію знака. З радіомодуля також поступають дані із знака «Попередження про пішохідний перехід», про наявність автомобіля, а також чи він порушує швидкісний режим, якщо так то вмикається попереджувальний сигнал переходу. Мікроконтролер, давачі, а також ілюмінація бере живлення з акумуляторного блоку, джерелом електрики для якого служать сонячні панелі.

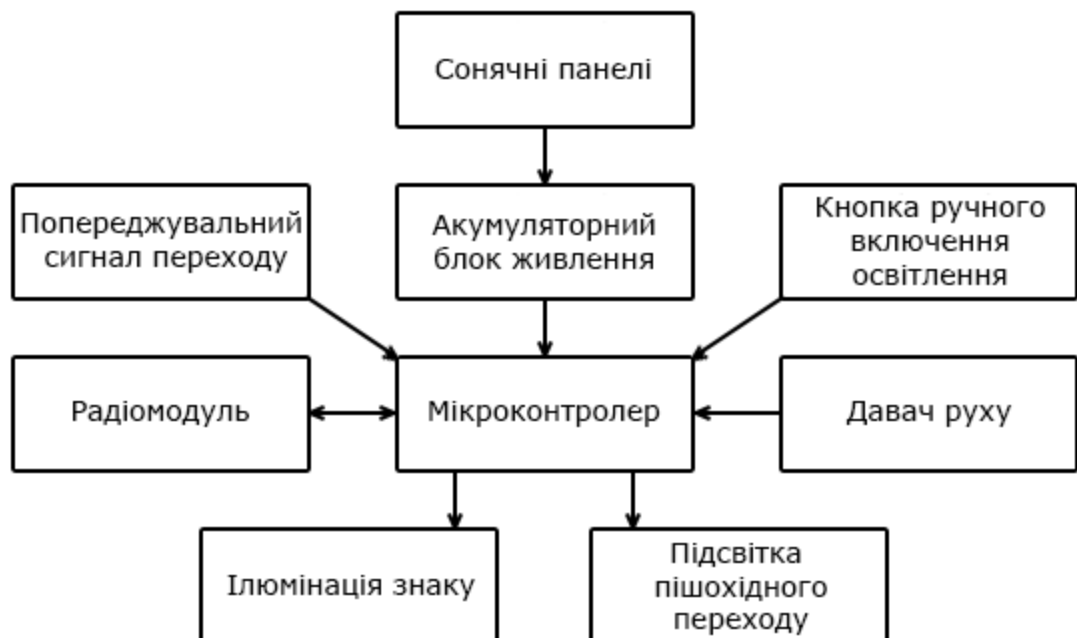


Рис. 3.4. Структурна схема знака «Пішохідний перехід»



Конструкція знака «Попередження про «Пішохідний перехід» (1.32 ПДР) складається із мікроконтролера, радіомодуля, блоку ілюмінації знаку, а також із двох датчиків відстані, які розташовані під знаком та направлені на кут 30 градусів в обидва боки від перпендикуляра до проїжджої частини,

Структурна схема знаку «Попередження про «Пішохідний перехід» показана на рис. 3.5.

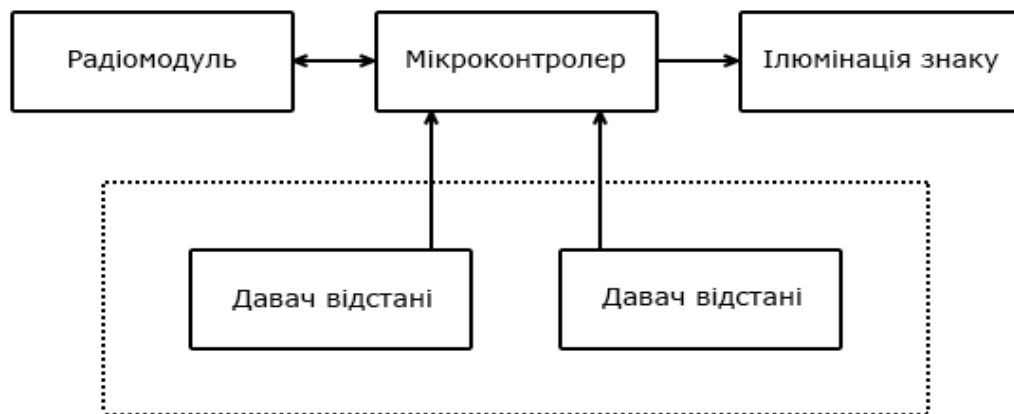


Рис. 3.5. Структурна схема знака «Попередження про «Пішохідний перехід»

Також до конструкції знака входить обрамлення по контуру трикутника діодами жовтого кольору (функція жовтого мигаючого світлофора), невеликого сонячного блоку (сонячні панелі і акумулятори), мікроконтролерний блок керування та радіомодуль.

### 3.2 Схема електрична принципова системи «Розумний пішохідний перехід»

З метою аналізу запропонованих рішень, зокрема протоколів та мережевих технологій, що використовуються для побудови КС РПП, було розроблено макет системи. Для реалізації схеми електричної принципової, на базі якої розроблений макет, обрано такі компоненти: плата Arduino UNO на базі мікроконтролера

Atmega328P, датчик руху HC-SR501, два датчики відстані HC-SR04, радіомодуль SX1278, сенсорна кнопка Catalex, світлодіоди.

Для реалізації макету знаку «Пішохідний перехід», які мікроконтролерний блок керування використано Atmega328P.

Для вибору мікроконтролера проведено порівняння основних типів контролерів Atmega. Загальними їхніми відмінностями є розмір пам'яті, підтримка завантажувача та розміром переривання вектора [12].

Результати проведеного порівняльного аналізу мікроконтролерів показано в таблиці 3.1.

*Таблиця 3.1*

#### **Порівняння мікроконтролерів Atmega**

Мікроконтролер	Flash пам'ять	EEPROM	ОЗП
Atmega48A	4Кб	256б	512б
Atmega88A	8Кб	512б	1Кб
Atmega88PA	8Кб	512б	1Кб

*Продовж. табл. 3.1*

#### **Порівняння мікроконтролерів Atmega**

Мікроконтролер	Flash пам'ять	EEPROM	ОЗП
Atmega168A	16Кб	512б	1Кб
Atmega168PA	16Кб	512б	1Кб
Atmega328	32Кб	1Кб	2Кб
Atmega328P	32Кб	1Кб	2Кб

АТmega328P - це 8-розрядний мікроконтролер CMOS невеликої потужності, який побудовано на основі архітектури RISC. Основні характеристики контролера вказано в табл. 3.2.

Такий мікроконтролер, виконуючи складні задачі протягом одного тактового циклу, досягає пропускну здатності близько одного мільйона інструкції на 1МГц, що дозволяє здійснити оптимізацію використання електроенергії відносно швидкодії роботи.

*Таблиця 3.2*

### Основні характеристики АТmega328P

Робоча напруга	5В
Рекомендована вхідна напруга	8-12В
Цифрові входи/виходи	20
Аналогові входи/виходи	6
Постійний струм на входах/виходах	40мА
Постійний струм на виході 3,3В	50мА
Флеш - пам'ять	32Кб
SRAM	2Кб
Тактова частота	16МГц

Макет системи РПП виготовлено за допомогою енергонезалежних технологій Microchip високої точності. Flash пам'ять дозволяє перепрограмувати пам'ять програми в In-System не через послідовний інтерфейс SPI, а звичайним

енергонезалежним програматором пам'яті або програмою On-chip Boot, що працює на ядрі AVR.

На рис. 3.6 зображено вузол мікроконтролера Atmega328P в складі плати Arduino Uno на схемі електричній принципів системи РПП.

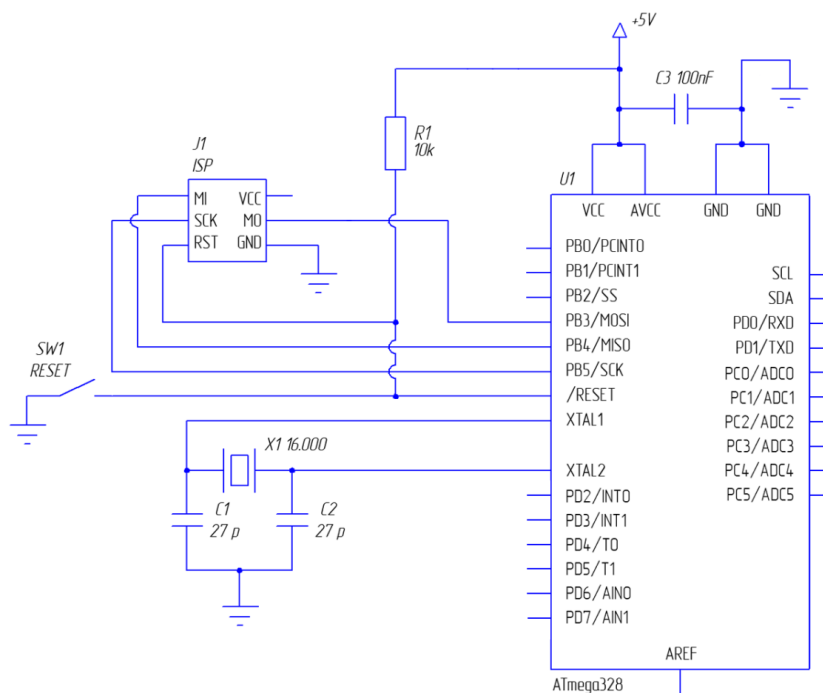


Рис. 3.6. Зображення вузла Atmega328P на схемі електричній принципів в системі РПП

Завантажувальна програма може використовувати будь-який інтерфейс для завантаження прикладної програми у флеш-пам'яті.

Програмне забезпечення в режимі Boot Flash продовжує працювати під час оновлення Flash пам'яті, підтримуючи операцію читання-записування. Поєднання 8-розрядного процесора RISC із вбудованою Flash пам'яттю являє собою потужний мікроконтролер, який забезпечує дуже гнучке і економічно ефективно рішення для багатьох вбудованих програм управління.

В ATmega32P AVR підтримується повним набором програми та системи інструментів для розробки, включаючи: компілятори C, програматори, налагоджувачі програми, симулятори, емулятори та набори для оцінювання.

Передавання інформації між знаками в системі РПП відбувається за допомогою радіомодуля SX1278 (рис.3.7) який працює за стандартом LoRaWAN. Радіомодуль SX1278 має функцію LoRa модему широкого діапазону, який забезпечує ультра-широкий діапазон передавання інформації та високу завадостійкість та зменшене споживання електроенергії.

Завдяки використанню технології модуляції LoRa, яка запатентована компанією Semtech, радіомодуль SX1278 має велику чутливість, значення якої становить більш ніж 148дБм. Висока чутливість, разом із вбудованою потужністю підсилювача +20дБм, становить оптимальний вибір для будь-якої реалізації, що вимагає дальності дії або високої надійності.

LoRa також виділяється значними перевагами в режимах блокування та вибіркості щодо прийомів звичайної модуляції. Ці пристрої також підтримують високоефективний (G)FSK режим роботи, який включає в себе стандарт IEEE802.15.4g. Радіомодуль забезпечує хороший фазовий шум, вибіркості, лінійність приймача та набагато нижче робоче споживання живлення, ніж модулі аналогічні модулі інших виробників.

Основними особливостями радіомодуля SX1278 є:

- максимальний канал 168дБ;
- програмована швидкість передачі до 300кбіт/с;
- висока чутливість: до -148дБм;
- повністю інтегрований синтезатор з роздільною здатністю 61Гц;
- вбудований давач температури та індикатор низького рівня заряду;
- вбудований бітовий синхронізатор для відновлення годинника;
- відмінна завадостійкість.

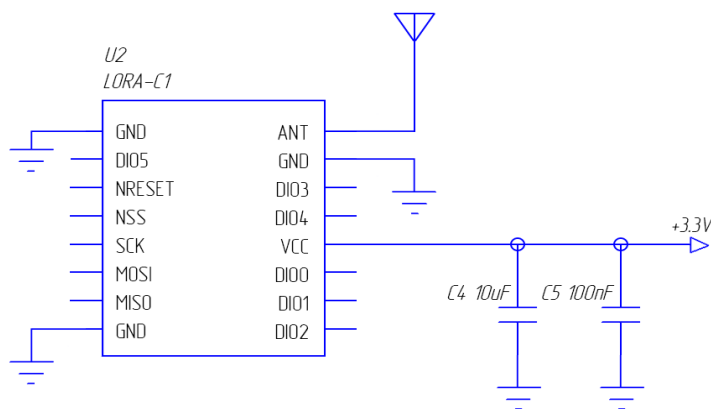


Рис. 3.7. Зображення вузла радіомодуля на схемі електричній  
принциповій

Для виявлення людини на ПП доцільно використовувати інфрачервоний давач руху HC-SR501 [14]. Який позиціонується як давач з високою чутливістю, дуже хорошою надійністю, низьким енергоспоживанням. Він має широкий діапазон робочої напруги: від 4,5В до 20В.

Основні характеристики давача HC-SR501 вказано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

### Основні характеристики HC-SR501

Напруга	5В - 20В
Споживання електроенергії	65мА
TTL вихід	3,3В, 0В
Час блокування	0.2сек
Робоча температура	- 15°C ~ +70°C
Розмір	32x24мм
Час затримки	Регульований (0,3 – 5хв)

Схема електрична принципова давача руху в системі РПП зображено на рисунку 3.8.

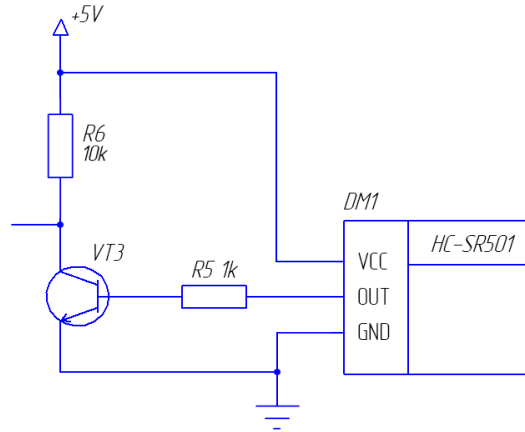


Рис. 3.8. Зображення вузла давача руху на схемі електричній принциповій

Схема електрична принципова знака «Пішохідний перехід», розроблена на базі запропонованої структурної схеми та вузлів системи РПП, із використанням обґрунтованого методу передавання інформації, наведена на рис. 3.9.

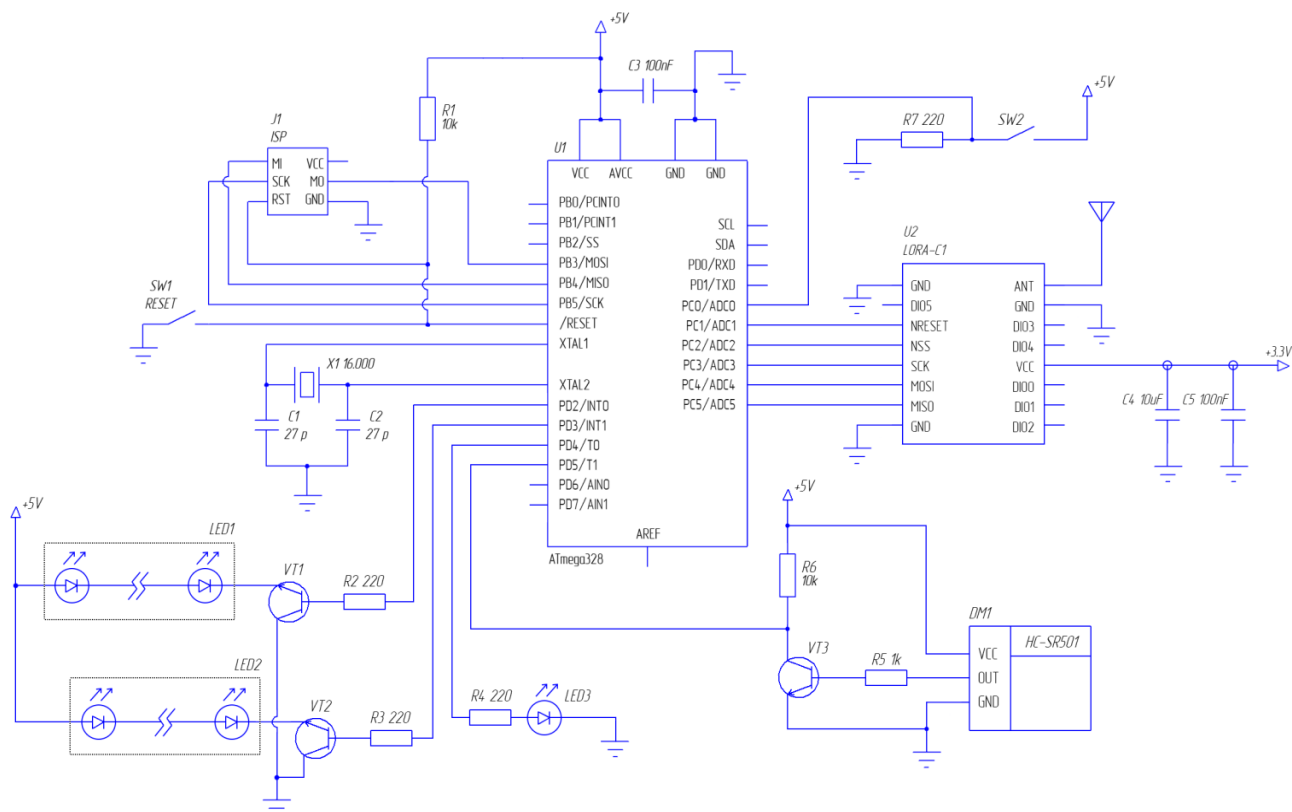


Рис. 3.9. Схема електрична принципова знака «Пішохідний перехід»

Умовні позначення на схемі:

U1 – мікроконтролер ATmega328;

U2 – радіомодуль SX1278;

DM1 – датчик руху HC-SR501;

SW1 – кнопка reset;

SW2 – кнопка ручного ввімкнення освітлення переходу;

LED1 – освітлення ПП;

LED2 – світлодіодна підсвітка знака;

LED3 – попередження пішохода про небезпеку.

Для розробки макету знака «Попередження про «Пішохідний перехід»», як мікроконтролерний блок керування використовується Atmega328P, а для передачі даних – радіомодуль SX1278. Крім цього в системі РПП під знаком запропоновано розмістити два датчики відстані, які направлені на кут 30 градусів в обидва боки від перпендикуляра до проїжджої частини. Взаємодіючи між



собою давачі відстані, завдяки обчисленням відстані відносно часу, мікроконтролер отримує значення швидкості автомобіля. Для цього використовуються давачі відстані HC-SR04. Принцип роботи давача відстані не складний: один сенсор надсилає декілька імпульсів з частотою 40КГц, відбиваючись від найближчого об'єкта, вони приймаються іншим сенсором. Для того, щоб розпочати відправку сигналу давачем відстані, необхідно подати високий сигнал тривалістю 10мкс на вихід Trig. Далі, після отримання високого рівня сигналу тривалістю 10мкс на виході Trig, модуль генерує пучок з 8 сигналів частотою 40кГц і встановлює високий рівень на виході Echo. А вже після отримання відбитого сигналу модуль встановлює на виході Echo низький рівень сигналу.

Знаючи тривалість сигналу високого рівня на виході Echo можемо розрахувати відстань, помноживши час, який витратив звуковий імпульс, перш ніж повернувся назад до давача, на швидкість поширення звуку в повітрі (340м/с) [15].

Для розрахунку можна використати функцію «pulseIn» (в середовищі програмування Processing/Wiring), яка дозволяє визначити тривалість імпульсу в м/с. Результат розрахунку записується в змінну «duration».

Після цього потрібно розрахувати відстань, перевівши швидкість з м/с в см/мкс:

$$S = T * 340 \text{ м/с} = T * 0.034 \text{ см/мкс}, \quad (1)$$

де  $S$  – відстань до об'єкта;

$T$  – тривалість імпульсу.

Далі потрібно перетворити десятковий дріб в звичайний, але беручи до уваги те, що звук подолав відстань до об'єкта і назад, отриманий результат ділиться не на 29, а на 58

$$S = T/58, \quad (2)$$

де  $S$  – відстань до об'єкта;

$T$  – тривалість імпульсу.

Основними характеристиками HC-SR04 є:

- напруга живлення: 3,8В-5,5В;
- використання струму при роботі: 15мА;
- використання струму в режимі тишини: 2мА;
- частота: 40КГц;
- діапазон роботи: від 2см до 4м;
- ефективний кут роботи: 15°;
- повний кут: 30°.

Схема електрична принципова знака «Попередження про «Пішохідний перехід»» показана на рис. 3.10.

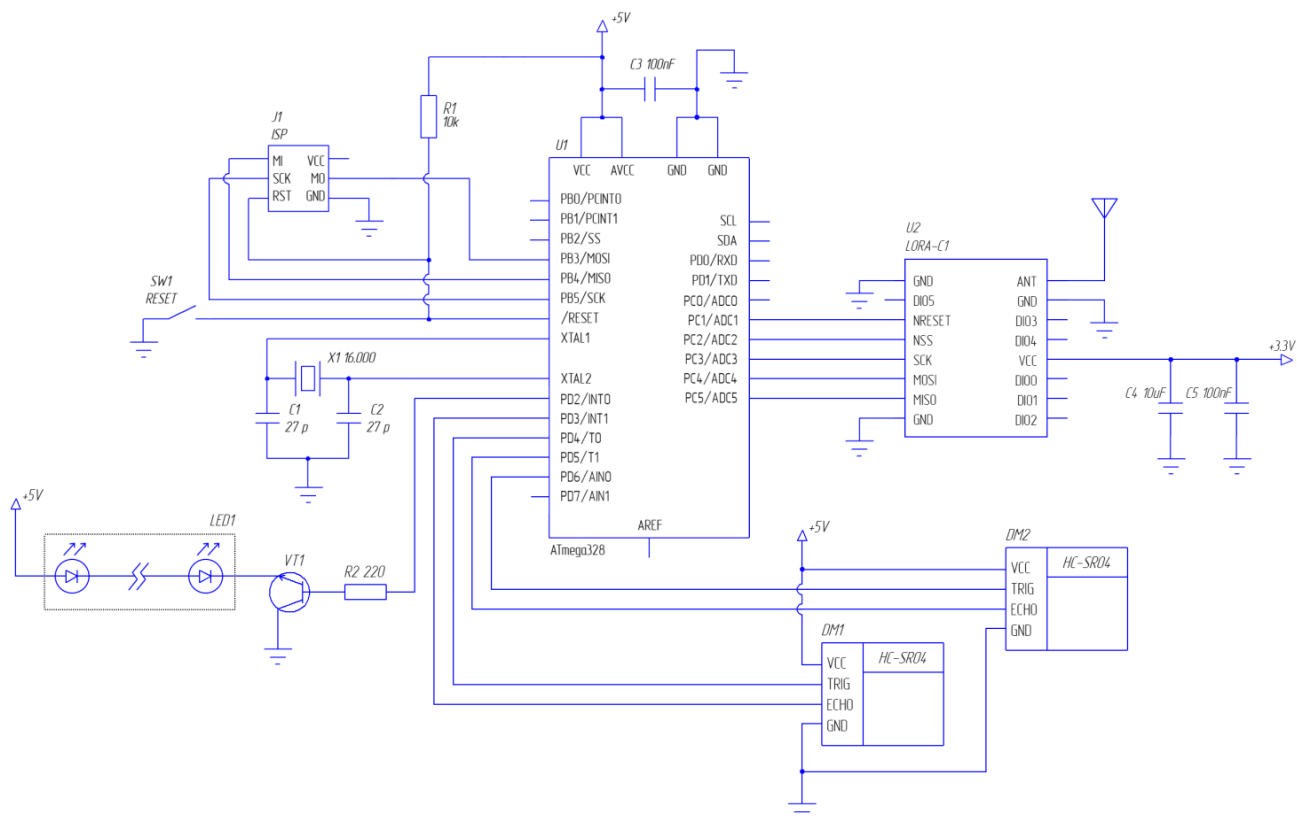


Рис. 3.10. Схема електрична принципова знака «Попередження про «Пішохідний перехід»»

Умовні позначення на схемі:

U1 – мікроконтролер ATmega328;

U2 – радіомодуль SX1278;

DM1 – давач відстані HC-SR04;

DM2 – давач відстані HC-SR04;

SW1 – кнопка reset;

LED1 – світлодіодна підсвітка знака.

### 3.3 Алгоритм роботи комп'ютерної системи «Розумний пішохідний перехід»

Алгоритм роботи системи РПП, побудованої на базі обґрунтованих методів та засобів передавання інформації між елементами, складається з такої послідовності дій:

1. Ініціалізація бібліотек і давачів;
2. Оголошення змінних;
3. Ініціалізація радіомодуля;
4. Оголошення змінних для відладки;
5. Перевірка чи на вулиці темна пора доби;
6. Якщо на вулиці темно, присвоєння змінній  $N=1$  і перехід до наступного пункту, якщо  $N \neq 1$  то перехід в кінець алгоритму;
7. Включення освітлення ПП на 10%;
8. Перевірка чи спрацював давач руху;
9. Якщо давач руху спрацював, присвоєння змінній  $P=1$  і перехід до пункту 12;
10. Перевірка чи натиснута кнопка;
11. Якщо давач руху спрацював, присвоєння змінній  $V=1$ , якщо  $V \neq 1$  то повернення до пункту 8;
12. Включення освітлення ПП на 100%;
13. Включення світлодіодної підсвітки знака «Пішохідний перехід»;
14. Перевірка чи є перед знаком «Попередження про «Пішохідний перехід»» автомобіль;
15. Якщо є автомобіль, присвоєння змінній  $C=1$ , якщо  $C \neq 1$  то повернення до пункту 8;
16. Перевірка чи автомобіль перевищує швидкість;
17. Якщо автомобіль перевищує швидкість, присвоєння змінній  $S=1$ , якщо  $S \neq 1$  то повернення до пункту 8;
18. Якщо  $S=1$ , світлове попередження пішохода про небезпеку.

Блок-схема алгоритму зображена на рис. 3.11-3.12.

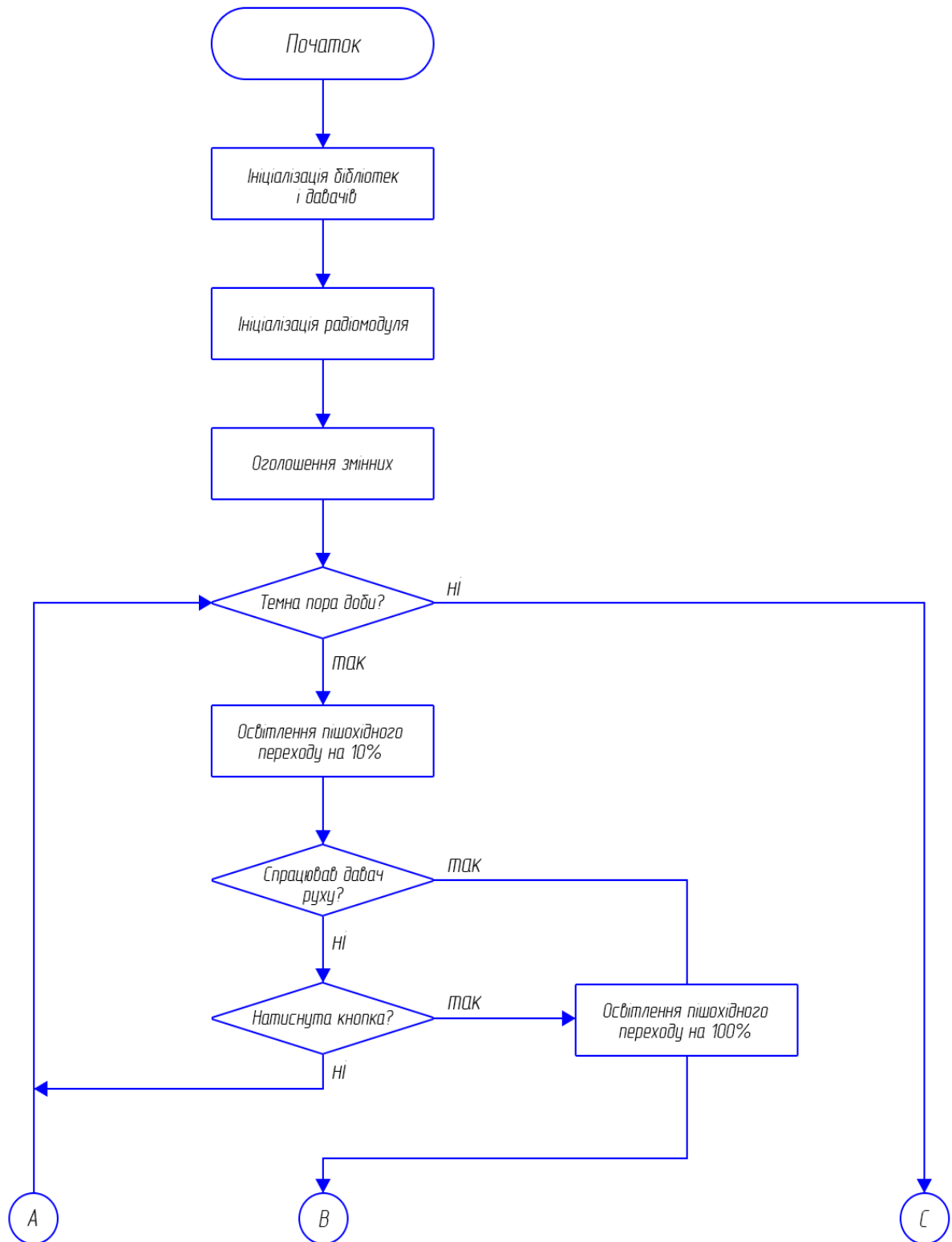


Рис. 3.11. Блок-схема алгоритму системи «Розумний пішохідний перехід»

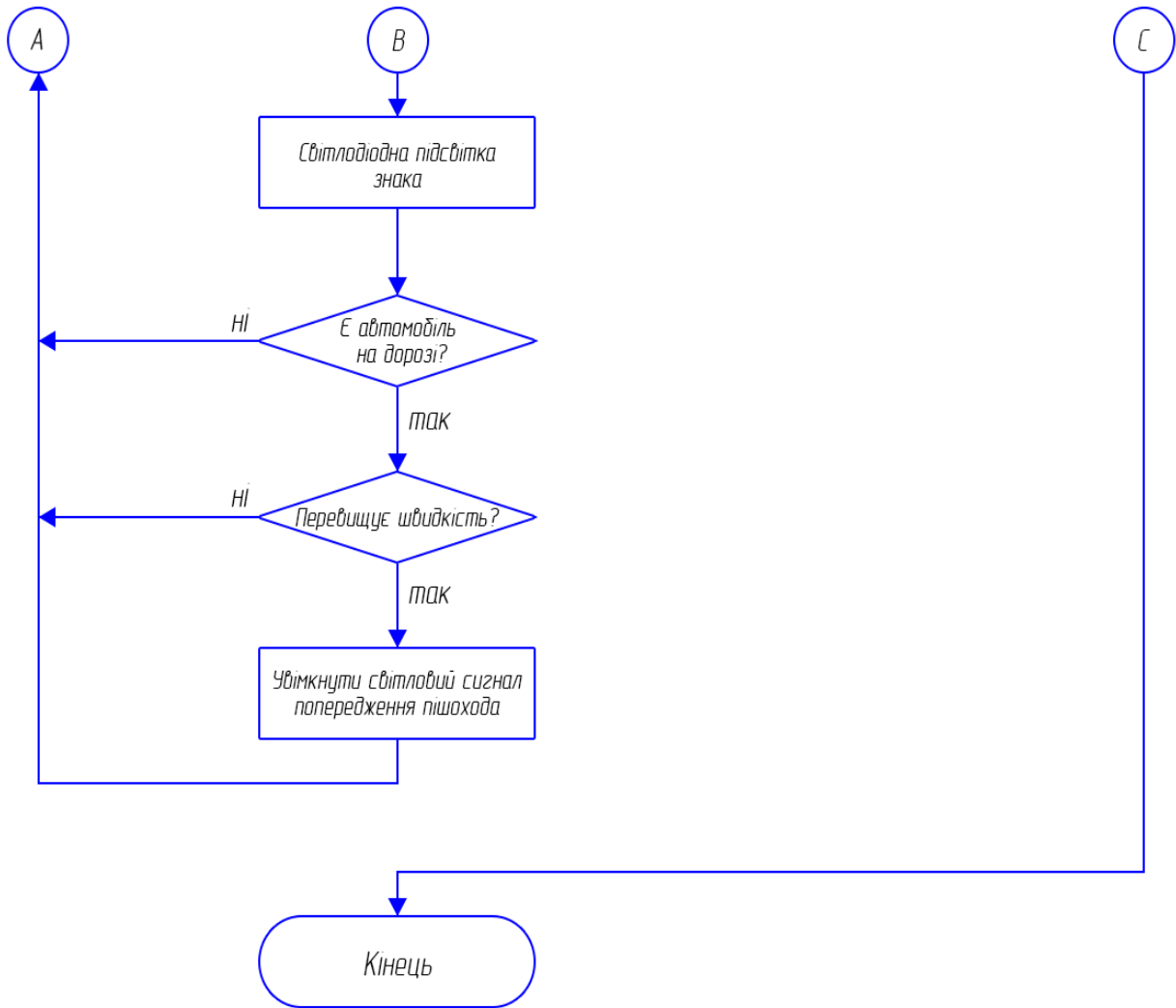


Рис. 3.12. Блок-схема алгоритму системи «Розумний пішохідний перехід»

### 3.4 Програмне забезпечення комп'ютерної системи «Розумний пішохідний перехід»

Для забезпечення повноцінного функціонування КС РПП, необхідно розробити її програмне забезпечення. Оскільки, як мікроконтролер було обрано Atmega 328P, тому програмне забезпечення, яке призначене для виконання функцій РПП було реалізоване в програмному середовищі Processing/Wiring, на мові програмування, яка є похідною частково C++ та має концепцію Java. На Processing можна швидко і найголовніше легко написати додаток для різних ОС таких, як Windows, Android і т.д.

Додатки підтримують мовні засоби роботи з графікою, як з простою консольною, так і 3D, є можливість використання OpenGL, а відповідно і створення на даній платформі ігор.

За зчитування даних з датчиків руху, відстані та кнопки відповідає фрагмент коду, який зображено на рис. 3.13.

```
PIR_Val = digitalRead(PIR_Pin);
Button_Val = digitalRead(Button_Pin);
Photo_Val = analogRead(Photo_Pin);
    if (radio.available(&pipeNum)) {
        if (pipeNum == 1) {
            radio.read(&data1, sizeof(data1));
        }
    }
}
```

Рис. 3.13. Функція зчитування даних з датчиків руху

Для забезпечення безпечного переходу в системі РПП використано LED діод, який в залежності від швидкості автомобіля підсвічується червоним або зеленим кольором. Якщо швидкість автомобіля більша за дозволу, тобто є небезпека для пішохода, то значення комірки встановлюється “LOW” і діод засвічується червоним кольором, якщо ні - значення встановлюється “HIGH”, діод світиться зеленим, що свідчить про можливість безпечного переходу. Програмно це реалізовано так як на рис. 3.14.

```
digitalWrite(Red_Led, LOW);
digitalWrite(Green_Led, HIGH);
```

Рис. 3.14. Функція попереджувального сигналу

Наступний фрагмент коду ( див. рис. 3. 15) забезпечує активацію функцій системи РПП при появі пішохода чи ручної активації, в разі поломки датчиків руху.

```

if (Button_Val == HIGH || PIR_Val == HIGH || data1[0] == HIGH )
{
    digitalWrite(Blu_Led, LOW);
    digitalWrite(Red_Led, HIGH);
}

```

Рис. 3.15. Функція активації роботи системи РПП при появі пішохода

За миготіння світлодіодного освітлення на знакові “Пішохідний перехід” над переходом та “Попередження про “Пішохідний перехід” відповідає наступний фрагмент коду, який зображено на рис. 3.16.

```

    for (int i; i < ttt; i++)
    {
        digitalWrite(Yellow_Led, HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(Yellow_Led, LOW);
        delay(500);
    }

```

Рис. 3.16. Функція миготіння світлодіодного освітлення на знакові

За збільшення освітлення над ПП від 10% до 100% відповідає фрагмент коду, який зображено на рис. 3.17.



```

for (int i = 0; i < 20; i++)
{ // 0.5 sek
  W_State = W_State + 2;
  analogWrite(White_Led, W_State);
  delay(25);
}

```

Рис. 3.17. Функція збільшення освітлення

Для визначення швидкості автомобіля використовуються два давачі відстані, які розташовані під знаком та направленні на кут 30 градусів в обидва боки від перпендикуляра до проїжджої частини. За роботу давачів відстані відповідає наступний фрагмент коду зображеного на рис. 3.18.

```

int duration, distance;
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = duration / 58;

```

Рис. 3.18. Функція визначення швидкості

### 3.5. Висновки до розділу

Для попередження аварійності на дорогах, враховуючи обґрунтовані методи передавання інформації, розроблено структурну схему системи «Розумний пішохідний перехід».

На основі запропонованої структурної схеми, розроблено схему електричну принципову КС РПП на базі мікроконтролера Atmega328P, датчик руху HC-SR501, два датчики відстані HC-SR04, радіомодуль SX1278, сенсорна кнопка Catalex, світлодіоди, що дало змогу створити макет системи.

Описано конструкцію, схеми електричні принципові з детальним описом елементів знаків «Пішохідний перехід» і «Попередження про «Пішохідний перехід»», а також принципи дії та основні характеристики датчиків, які входять в КС РПП.

Для забезпечення повноцінного функціонування КС РПП запропоновано алгоритм роботи системи та розроблено програмне забезпечення, яке реалізоване в програмному середовищі Processing/Wiring.

## РОЗДІЛ 4

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР.

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є суттю даного розділу, оскільки, дозволяє встановити доцільність проведення науково-дослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів.

Метою дипломної роботи магістра є дослідження методів та засобів передавання інформації в системі «Розумний пішохідний перехід».

Як відомо, розробка надійної і ефективної інформаційної системи вимагає значних затрат часу. Слід зауважити, що затрати часу залежать від кваліфікації розробника і його можливостей. Розробник повинен у достатній мірі володіти навиками програмування, вміти адекватно застосовувати математичний апарат, бути добре обізнаним з об'єктом дослідження.

Розробку даної інформаційної системи можна поділити на такі етапи:

- 1) постановка задачі;
- 2) збір потрібної інформації і наступне її опрацювання;
- 3) прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- 4) аналіз математичної моделі інформаційної системи;
- 5) розробка алгоритму програми інформаційної системи;
- 6) налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми;
- 7) написання програми;
- 8) написання і оформлення документації (електронної і паперової).

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції - 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках:

$$T_{ec} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6,$$

при двох оцінках:

$$T_{ec} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5,$$

де  $T_{ec}$  - очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії);  $t_{min}$ ,  $t_{н.й}$ ,  $t_{max}$  - відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Для визначення загальної тривалості проведення НДР (розробки програмного продукту) доцільно дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) звести у таблицю 4.1.

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

*Таблиця 4.1*

### Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
1	Постановка задачі	3	10
2	Збір потрібної інформації і наступне її опрацювання	10	5
3	Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі	10	5
4	Аналіз математичної моделі інформаційної системи	15	12
5	Розробка алгоритму програми інформаційної системи	20	10
6	Налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми	5	3
7	Написання програми	80	10
8	Написання і оформлення документації (електронної і паперової)	30	20
Разом		160	60

#### 4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та

господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% - 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів в місяці, слід розуміти що у 2019 році з 365 днів робочих припадає 250 дні в році, згідно даним міністерства соціальної політики України, розділивши цю кількість дні на 12 місяців в році знайдемо  $250 / 12 = 21$  день середня кількість робочих днів в середньостатистичному місяці 2019 року. Відповідно до таблиці «Норми тривалості робочого часу на 2019 рік» при 40 годинному робочому тижні та 21 робочому дні в місяці норма в годинах відповідає 168 год./міс [17].

Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою (4.1):

$$Z_{осн} = T_c \times K_z, \quad (4.1)$$

де  $T_c$  – тарифна ставка, грн.;

$K_z$  - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище - заокруглюються до однієї гривні. У 2019 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік».

Мінімальна зарплата в 2019 р. прирівняна до прожиткового мінімуму для працездатних осіб 4173 гривень, в погодинному розмірі – 24,84 гривень, приймемо 50 грн. для інженера, для керівника — 100 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 100 грн./год., інженер – 50 грн./год.

Основна заробітна плата становитиме:

$$Z_{осн} = T_{осн} \times K_{год.}$$

Керівник проекту

$$Z_{осн} = 100 \times 60 = 6000 \text{ грн.}$$

Інженер

$$Z_{осн} = 50 \times 160 = 8000 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати і визначається за формулою (4.2):

$$Z_{дод} = Z_{осн} \times K_{додл}, \quad (4.2)$$

Керівник проекту

$$Z_{\text{дод}}=6000 \times 0.1=600 \text{ грн.}$$

Інженер

$$Z_{\text{дод}}=8000 \times 0.1=800 \text{ грн. ,}$$

де  $K_{\text{допл}}$  – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Звідси загальні витрати на оплату праці ( $V_{\text{оп}}$ ) визначаються за формулою (4.3), і становлять:

$$V_{\text{оп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} , \quad (4.3)$$

Керівник проекту:

$$V_{\text{оп}} = 6000 + 600 = 6600 \text{ грн.}$$

Інженер :

$$V_{\text{оп}} = 8000 + 800 = 8800 \text{ грн. .}$$

Таким чином загальна сума становить 15400 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб: 18%;
- військовий збір 1,5%;
- єдиний соціальний внесок 22%.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%.



Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи розраховується за формулою (4.4) і становитиме:

$$V_{c.z.} = \text{ФОП} \times 0,415, \quad (4.4)$$

$$V_{c.z.} = 15400 \times 0,415 = 6391 \text{ грн.},$$

де *ФОП* – фонд оплати праці, грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у наступну таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

**Зведені розрахунки витрат на оплату праці**

№ п / п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарах на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. 6=3+4+5
		Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьованих год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
A	Б	1	2	3	4	5	6
1	Керівник проекту	100	60	6000	600	2739	9339
2	Інженер	50	160	8000	800	3652	12452
Разом				14000	1400	6391	21791

4.3. Розрахунок витрат на електроенергію.

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою (4.5):

$$Z_e = W \times T \times S, \quad (4.5)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;

$T$  – кількість годин роботи обладнання;

$S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

З 01 березня 2017 року вводяться в дію нові тарифи на електричну енергію, що відпускається населенню, згідно з Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 26.02.2015 року за №220 (зареєстровано в Міністерстві юстиції України 02.03.2015 за №235/26680).

Тарифи на електроенергію, що відпускається населенню, з 01 березня 2017 року населенню (у тому числі яке проживає в житлових будинках, обладнаних кухонними електроплитами) за обсяг, спожитий до 100 кВт·год електроенергії на місяць (включно) 90 копійках, за 1 кВт·год, а за обсяг, спожитий понад 100 кВт·год електроенергії на місяць 168 коп. / кВт. год.

Потужність комп'ютера – 300 Вт з підключеним маршрутизатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 220 годин.

$$Z_e = 0,3 \times 220 \times 0,9 = 59,40 \text{ грн.}$$

#### 4.4. Розрахунок витрат на матеріали.

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 4.3.

*Таблиця 4.3*

### Визначення величини затрат на матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю грн	Затрати матеріалів грн	Транспортно заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір А4-80	Пачка	1	100	100	-	100
Ватман	Штук	8	10	80	-	80
Коректор	Штук	1	20	20	-	20
Друк паперу	Штук	120	1	120	-	120
Друк ватману	Штук	8	40	320	-	320
Олівець	Штук	1	10	10	-	10
Ручка кулькова (чорна)	Штук	2	20	40	-	40
Файлик	Штук	10	1	10	-	10
Разом						700

#### 4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу (4.6):

$$A = \frac{B_v \cdot H_A}{100}, \quad (4.6)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування за звітний період, грн..

$B_v$  – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн..

$H_A$  – норма амортизації, %.

$$A = \frac{20000 \cdot 15\%}{100\%} = 3000$$

#### 4.6. Обчислення накладних витрат.

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників та розраховуються за формулою (4.7):

$$H_v = V_{o.n.} \times 0,2, \quad (4.7)$$

$$H_v = 15400 \times 0,2 = 3080 \text{ грн.}$$

#### 4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР.

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл. 4.3. Собівартість ( $C_v$ ) НДР розрахуємо за формулою (4.8):

$$C_v = V_{o.n.} + V_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + T_v + A + H_v, \quad (4.8)$$

$$C_v = 15400 + 6391 + 59,40 + 700 + 3000 + 3080 = 28630,40 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4

## Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	15400	53,79
Відрахування на соціальні заходи	6391	22,32
Матеріальні витрати	700	2,44
Витрати на електроенергію	59,40	0,21
Амортизаційні відрахування	3000	10,48
Накладні витрати	3080	10,76
Собівартість	28630,40	100

## 4.8. Розрахунок ціни НДР.

Ціну НДР можна визначити за формулою (4.9):

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.9)$$

де  $P_{рен}$  – рівень рентабельності, 30 %;

$K$  – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти  $K$  та  $B_{н.і.}$ , оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула (4.10) для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{pen}) \cdot (1 + ПДВ) \quad (4.10)$$

$$Ц = 28630,40 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 44663,42 \text{ грн.}$$

Таким чином ціна рівна 44663,42 грн.

Визначимо величину прибутку за формулою (4.11):

$$П = Ц - C_B, \quad (4.11)$$

Згідно даної формули отримаємо 16033,02 грн.

4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.

Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів, що представлено формулою (4.12):

$$E_p = П / C_B, \quad (4.12)$$

де  $П$  – прибуток;

$C_B$  – собівартість.

$$E_p = 16033,02 / 28630,40 = 0,56.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ) згідно формули (4.13):

$$T_p = 1 / E_p, \quad (4.13)$$

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,79 \text{ р.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні наступних критеріїв:

Таблиця 4.5

### Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1.	Собівартість, грн.	28630,40
2.	Плановий прибуток, грн.	16033,02
3.	Ціна, грн	44663,42
4.	Економічна ефективність	0,56
5.	Термін окупності, рік	1,79

#### 4.10. Висновки до розділу

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,56 і термін окупності становитиме 1,79 року. Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 5.1. Охорона праці

Згідно статті 8 Конституції України - основним правовим документом України є Конституція України. Конституція України має найвищу юридичну силу. Закони і інші нормативно-правові акти приймаються на підставі Конституції України і повинні відповідати їй. На підставі Конституції України прийнятий Закон України "Про охорону праці".

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних заходів, а так само санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних засобів, направлених на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці (згідно закону України "Про охорону праці" ст. 1).

Згідно статті 2 закону «Про охорону праці» дія закону «Про охорону праці» розповсюджується на всі підприємства, установи і організації не залежно від форми власності і видів їх діяльності, на всіх громадян, які працюють, а також повернуті до праці на цих підприємствах.

Згідно статті 4 закону України «Про охороні праці» державна політика в області охорони праці визначається відповідно Конституції України Верховною Радою України і направлена на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням.

За порушення законів і інших нормативно-правових актів про охорону праці, створення перешкод в діяльності посадовців органів державного нагляду за охороною праці, а також представників профспілок, їх організацій і об'єднань винні особи притягуються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно закону (ст. 44 закону "Про охорону праці").

Роботодавець, який використовує найману працю робітників, повинен забезпечити відповідність їхніх робочих місць комфортним та безпечним умовам. Розмір одного робочого місця має становити не менше 6 квадратних метрів. При необхідності, суміжні робочі місця співробітників, що працюють з комп'ютером, слід розділити перегородками висотою до 2 метрів (див.



рис. 5.1). При визначенні достатнього розміру приміщення і робочого місця на одну особу необхідно додатково враховувати шафи, сейфи, тумби або інші предмети меблів чи обладнання, які знаходяться в кімнаті. На столі працівника можливо розмістити допоміжні для роботи пристрої (принтери, колонки, сканери), а також місця для зберігання документів, за умови, що це не обмежуватиме видимість екрану і не заважатиме працівнику.

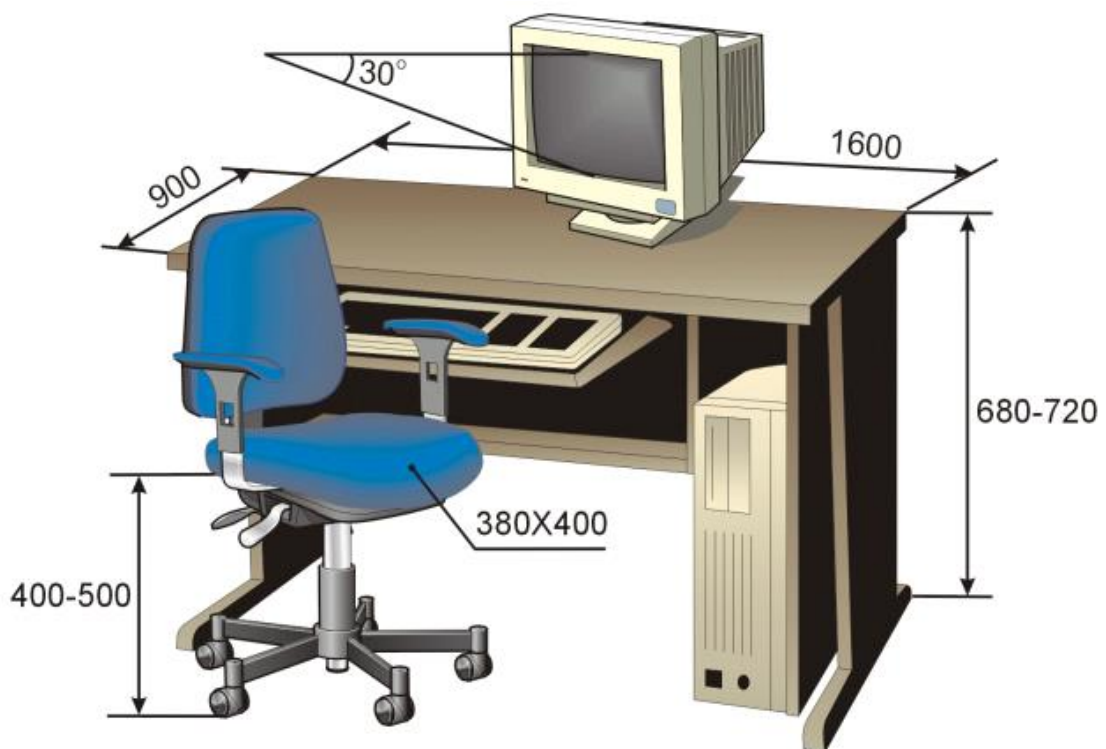


Рис. 5.1. Розміри робочого місця працівника

У разі надмірного шуму чи вібрації технічного обладнання, роботодавець повинен забезпечити працівників антивібраційними килимками. Робочий стілець співробітника має бути підйомно-поворотним, легко регульованим за висотою та забезпечувати належну підтримку та зручне положення спини і хребта особи. Щодня необхідно проводити вологе прибирання приміщення, та очищати робоче місце та безпосередньо монітор комп'ютера від запиленості.

На підприємстві забороняється: проводити ремонт та технічне обслуговування комп'ютера за робочим місцем працівника; самочинно

ремонтувати або намагатись здійснити технічне налагодження комп'ютера без залучення компетентних спеціалістів; складувати на робочому місці зайві документи, деталі та предмети, що не потрібні для роботи; використовувати монітори з нечітким зображенням та монітори, у яких наявні поламки екрану; працювати з матричним принтером без антивібраційного покриття та зі знятою кришкою. Допускати до роботи осіб, які не пройшли затверджений на підприємстві курс охорони праці для роботи з комп'ютером, не дозволяється. У кожній кімнаті, де обладнуватимуться робочі місця співробітників, що працюватимуть на комп'ютері, повинні бути наявні елементи природного та штучного освітлення. При цьому, на вікнах слід встановити легко регульовані жалюзі чи штори, які дозволять працівникам коригувати рівень освітлення в приміщенні. Бажано розмістити комп'ютери в кімнаті таким чином, щоб світло потрапляло на екрани моніторів з півдня чи північного сходу.

## 5.2. Відновлення роботи інженерно-технічного комплексу цеху, заводу в НС

Підготовка до відновлення порушеного виробництва здійснюється своєчасно. Вона передбачає планування відновних робіт по різних варіантах, підготовку ремонтних бригад, створення необхідного запасу матеріалів, обладнання і направлена на поновлення випуску необхідної продукції в мінімальні терміни.

Основними завданнями підготовки до відновлення втрачених функцій пошкодженого об'єкта є:

- аналіз та оцінка стану об'єкта, визначення обсягів пошкодження для прийняття рішення про доцільність відновлення, знесення або реконструкції;
- залучення в інтересах відновлення резервних фондів і ресурсів (матеріальних і фінансових), вишукування додаткових джерел допомоги в необхідних обсягах;

- розробка проектно-кошторисної документації по відновленню, реконструкції або модернізації і технічного переозброєння основних виробничих фондів (будівель, технологічного обладнання, зв'язку, транспортних та енергетичних комунікацій тощо);

- розробка плану відновлення об'єкта і графіка проведення робіт;

- створення та підготовка на об'єктовому рівні спеціалізованих формувань для проведення відновлювальних робіт, залучення до роботи, при необхідності, сторонніх будівельно-монтажних організацій;

- організація контролю за ходом та результатами виконання прийнятих рішень з відновлення робочого стану об'єкта.

При визначенні витрат часу на ведення відбудовних робіт на хімічно і радіаційно небезпечних об'єктах слід враховувати можливість радіоактивного, хімічного, біологічного зараження території та будівель і споруд, а також необхідність виконання при цьому режимних та охоронних заходів. Все це може відсунути терміни початку відновлювальних робіт і знизити її темпи.

Роботи з відновлення функціонування об'єкта до прийнятного або колишнього рівня досить трудомісткі, часто вимагають залучення величезних обсягів фінансових, матеріальних і трудових ресурсів. Вони організуються і проводяться шляхом усунення руйнувань і відновлення постраждалих об'єктів, нового будівництва, заходів з реабілітації постраждалих територій і т. д.

Відновлювальні (реабілітаційні) роботи в ході ліквідації наслідків надзвичайної ситуації ведуться, як правило, в умовах повсякденного функціонування об'єкта. Вони виконуються згідно із зазначеними планами відновлення і графіків проведення робіт, найчастіше спеціалізованими організаціями (ремонтними, будівельними, монтажними та ін). Однак слід мати на увазі, що першочергові відновлювальні роботи виробничих об'єктів в основному будуть виконуватися робітниками і службовцями цього ж об'єкта. Тому в планах відновлення виробництва передбачається створення ремонтно-відновлювальних бригад з фахівців та кваліфікованих робітників підприємства.

Відновлення об'єктів ведеться за рахунок коштів організацій, що експлуатують ці об'єкти, страхових компенсацій, банківських кредитів, коштів винуватців події, якщо такі визначені.

При визначенні підходів до відновлення функціонування об'єкта після надзвичайної ситуації можливі різні варіанти. У деяких випадках таке відновлення видається нераціональним і відновлювальні або реабілітаційні роботи не проводяться. В інших випадках обмежуються відновленням мінімально необхідних виробничих або інших функціональних елементів, іноді за тимчасовою схемою, не доводячи функціонування до рівня, який був до надзвичайної ситуації. Такі заходи особливо характерні для відновлення неперспективних з економічної та інших точок зору об'єктів економіки.

Часто адміністрації прагнуть відновити функціонування своїх об'єктів в колишніх масштабах, ввести в дію всі зруйновані або пошкоджені об'єкти виробничого і соціального призначення. Це найбільш поширений підхід до відновлення, що застосовується в більшості випадків надзвичайних ситуацій, хоча в принципі він не вірний. Насамперед повинні відновлювати життєво необхідні об'єкти, а потім у встановленому порядку виконувати роботи з реабілітації всієї іншої інфраструктури.

В окремих випадках після надзвичайних ситуацій відновлення відбувається на якісно новій основі, коли досягається не тільки колишній рівень функціонування, але і відбувається інтенсивний розвиток об'єкта з випуском нової високоефективної ринкової продукції.

Вибір підходу до відновлення і склад конкретних відновлювальних заходів залежить від наступних умов:

- конкретних масштабів наслідків надзвичайних ситуацій;
- соціально-економічної значимості і виду об'єкта економіки;
- ступеня необхідності відновлення його функціонування;
- перспектив розвитку та зацікавленості в цьому органів влади та населення;

- реальних можливостей власників, а також місцевої адміністрації та керівництва об'єкта провести необхідні роботи з урахуванням наявності у них необхідних фінансових і матеріальних ресурсів.

5.3. Мінімізація радіоактивного ураження та втрат серед промислово виробничого персоналу у випадку застосування наземних ядерних вибухів під час надзвичайних ситуацій воєнного часу

При вибуху ядерного боєприпасу за мільйонні долі секунди виділяється колосальна кількість енергії і тому в зоні протікання ядерних реакцій температура підвищується до декількох мільйонів градусів, а максимальний тиск досягає мільярдів атмосфер. У момент вибуху виникає світлове випромінювання. Високі температура і тиск викликають потужну ударну хвилю.

Основний спосіб захисту людей і техніки від ураження ударною хвилею - ізоляція їх від дії підвищеного тиску і швидкісного напору. Для цього використовуються захисні споруди (укриття, сховища) різних типів.

Якщо прийняти, що при повітряному ядерному вибуху безпечну відстань для незахищеної людини становить  $R$  км, то люди, які знаходяться у відкритих фортифікаційних спорудах, не будуть вражені вже на відстані  $2/3 R$ . Перекриті траншеї зменшують радіус вражаючої дії в 2 рази, а бліндажі - в 3 рази. Люди, що знаходяться в підземних міцних спорудах на глибині понад 10 м, не уражаються навіть у тому випадку, якщо це споруда знаходиться в епіцентрі повітряного ядерного вибуху.

Небезпечним вражаючим чинником ядерного вибуху, є світлове випромінювання.

Під світловим випромінюванням ядерного вибуху розуміється електромагнітне випромінювання оптичного діапазону у видимій, ультрафіолетовій і інфрачервоній областях спектру.

Енергія світлового випромінювання поглинається поверхнями освітлюваних тіл, які при цьому нагріваються. Температура нагріву залежить від багатьох факторів і може бути такою, що поверхня об'єкта обвуглиться, оплавиться або запалиться. Світлове випромінювання може викликати опіки відкритих ділянок тіла людини, а в темний час доби - тимчасове засліплення.

Джерелом світлового випромінювання є світна область вибуху, що складається з нагрітих до високої температури парів конструкційних матеріалів боєприпасу і повітря, а при наземних вибухах - і випарувався ґрунту. Світна область у своєму розвитку проходить три фази: початкову, першу і другу.

Уражаюча дія світлового випромінювання залежить також від того, яку долю світлової енергії поглинає  $1 \text{ см}^2$  поверхні і до якої температури нагрівається поверхня. В свою чергу температура нагрівання освітленої поверхні визначається теплопровідністю і питомою теплоємністю тіла. Чим більше поглинаюча здатність поверхні і чим меншою теплопровідність і питома теплоємність, тим вища температура нагрівання поверхні.

Ураження людей світловим випромінюванням виражається в появі опіків різних ступенів ділянок шкіри (відкритих і захищених обмундируванням), а також ураження очей. Опіки можуть бути отримані безпосередньо від випромінювання або від полум'я, що виникло при спалюванні різних матеріалів під дією світлового випромінювання.

Світлове випромінювання в першу чергу впливає на відкриті ділянки тіла - кисті рук, обличчя, шию, а також на очі. Розрізняють чотири ступені опіків. Опік першого ступеня являє собою поверхневе ураження шкіри, що зовні проявляється в почервонінні її; опік другого ступеня характеризується утворенням пухирів; опік третього ступеня викликає омертвіння глибоких шарів шкіри; при опіку четвертого ступеня обвуглюються шкіра і підшкірна клітковина, а іноді і більш глибокі тканини.

Проникаюча радіація є одним з основних вражаючих факторів при вибухах нейтронних боєприпасів і боєприпасів поділу надмалої і малої потужності. Для

вибухів більшої потужності радіус ураження проникаючою радіацією значно менше радіусів поразки ударною хвилею і світловим випромінюванням.. Особливе значення проникаюча радіація набуває в разі вибухів нейтронних боєприпасів, коли основна частка дози випромінювання утворюється швидкими нейтронами.

Захистом від проникаючої радіації служать різні матеріали, що ослабляють  $\gamma$ -випромінювання і нейтрони. При вирішенні питань захисту слід враховувати різницю у механізмах взаємодії  $\gamma$ -випромінювання і нейтронів із середовищем, що зумовлює вибір захисних матеріалів. Потік нейтронів найкраще послабляється легкими матеріалами, що містять ядра легких елементів, наприклад водню (вода, поліетилен), а  $\gamma$ -випромінювання сильніше всего послабляється важкими матеріалами, що мають високу електронну щільність (свинець, стали, бетон).

При ядерному вибуху в результаті випадання радіоактивних речовин із хмари вибуху виникає радіоактивне забруднення місцевості, приземного шару атмосфери, повітряного простору, води, об'єктів різного призначення.

Значення радіоактивного забруднення як вражаючого фактора визначається тим, що високі рівні радіації можуть спостерігатись не лише в районі, що прилягає до місця вибуху, але і на відстані десятків і навіть сотень кілометрів від нього. На відміну від інших вражаючих факторів, дія яких проявляється протягом відносно короткого часу після ядерного вибуху, радіоактивне забруднення місцевості може бути небезпечним протягом декількох діб і тижнів після вибуху.

Протирадіаційний захист передбачає виявлення та оцінку радіаційної обстановки, розроблення та впровадження спеціальних режимів радіаційного захисту, дозиметричного та хімічного контролю, заходів щодо продовольства і води від зараження, своєчасного оповіщення населення про радіаційну і хімічну небезпеку.

Під режимом радіаційного захисту робітників та службовців і виробничої діяльності об'єкта розуміють встановлений порядок дій людей, застосування засобів і способів захисту в зонах радіоактивного зараження, що виключає радіаційне ураження людей понад встановлених норм і скорочує до мінімуму вимушену зупинку виробництва.

Режим радіаційного захисту (режим роботи) вводиться при тривалому перебуванні людей в зонах радіоактивного зараження для того, щоб забезпечити виробничий процес на об'єкті і життєдіяльність населення, зберігаючи при цьому працездатність людей. Це досягається регламентацією знаходження людей в захисних спорудах, в виробничих і житлових будинках і на відкритій місцевості з урахуванням захисних властивостей будинків і споруд і рівня радіації.

Режими захисту (режими роботи) розробляються завчасно (в мирний час) для дискретних значень рівнів радіації; очікуваних на об'єкті, на території регіону і є складовою частиною документів по управлінню виробничим процесом в умовах зараження.

Контроль радіоактивного забруднення здійснюється з метою визначення ступеню забруднення радіоактивними речовинами людей, їх одягу і взуття, засобів індивідуального захисту, тварин, продуктів, води, фуражу, обладнання, техніки та інших об'єктів для визначення можливості їх використання і захисту людей і тварин від радіаційного ураження.

Дозиметричний та хімічний контроль включає комплекс організаційних і технічних заходів, що проводяться з метою не допустити ураження людей вище допустимих норм. Організується штабом і службами ЦЗ об'єкта і проводиться командирами формувань і шлами розвідувальних підрозділів: групами (ланками) радіаційної і хімічної розвідки; розвідниками - дозиметристами і розвідниками - хіміками.



Дозиметричний контроль включає: контроль опромінення людей і контроль радіоактивного зараження (забруднення). Контроль опромінення людей поділяють на груповий і індивідуальний.

Груповий контроль проводиться з метою отримання даних про середню дозу опромінення особового складу формування ЦЗ, робочої бригади, населення для того, щоб не допустити перевищення встановлених (допустимих) норм.

Для контролю дози опромінення застосовують дозиметричні прилади (вимірювачі дози ИД-1 або дозиметри із комплексів ДП-24, ДП-22В).

При груповому контролі дозиметри видають перед виходом на заражену місцевість за таким розрахунком: один дозиметр на ланку; один-два - на виробничу бригаду, групу з 14-20 чоловік; особам, що діють окремо від своїх підрозділів, - кожному по дозиметру. Видача дозиметрів здійснюється

по відомості під розписку. Після виходу із зони зараження або в установлений час /не менше одного разу на добу/ ведеться облік показань дозиметрів командиром (начальником) або призначеною особою. Дані заносяться в журнал /відомість/ контролю доз опромінення особового складу формування ІДО, бригади, а сумарні дози - в індивідуальну картку обліку доз опромінення. Доза опромінення населення /Д/ визначається розрахунком за формулою:

$$D = P_{cp} * T / K_{ocл}$$

де  $T$  - час перебування людей на зараженій місцевості, год;

$K_{ocл}$  - коефіцієнт послаблення радіації будинками (спорудами) в яких перебували люди;

$P_{cp}$  - середній рівень радіації в зоні перебування людей, Р/год.

$$P_{cp} = P1 + P2 + \dots + P_n / n$$

де  $P_1 + P_2 + \dots + P_n$  - рівні радіації, виміряні через однакові проміжки часу на протязі перебування людей в зоні зараження;

$n$  - кількість вимірів.

Рівні радіації вимірюють приладом ДП-5 з інтервалом: в першу добу після зараження - через 0,5-1 год.; в другу добу - через 1-2 год.; в третю і наступні доби - через 3-4 год.

Індивідуальний контроль опромінення проводиться для первинної діагностики ступеню тяжкості променевої хвороби. Для контролю індивідуальних доз опромінення особовому складу формувань, робітникам і службовцям видаються індивідуальні вимірювачі дози ИД-П1, які забезпечують вимірювання поглинутої дози в діапазоні від 10 до 1500 рад.

У зонах зараження продукти харчування і вода можуть бути зараженими, що є небезпечним для людей.

Радіоактивні речовини у вигляді радіаційного пилу заражують тверді продукти поверхнево, а в сипучі проходять у глибину (ковбаса, сир - до 4 см). Овочі (картопля, буряк, морква) та фрукти забруднюються поверхнево.

У рідких продуктах та воді радіоактивні речовини осідають на дні і частково розчиняються.

Вживати тверді продукти взагалі можна, попередньо помивши і знявши забруднений шар. Але краще не вживати без додаткової обробки.

Що стосується продуктів харчування рослинного та тваринного походження, які вирости (або вигодувані) на зараженій місцевості, то радіоактивні речовини знаходяться всередині них.

Щоб зменшити кількість радіонуклідів в продуктах харчування рекомендовано під час приготування їжі застосовувати спеціальні способи кулінарної обробки. Так, відварювання протягом 10 хв. очищених овочів, м'яса, риби зменшує вміст радіонуклідів на 30...60%. Заражене молоко краще переробляти на сметану і масло. Найбільш забруднюються радіоактивними речовинами гриби. Концентрація радіонуклідів в грибах значно перевищує вміст

їх у ґрунті, на якому росли ці гриби. Перед вживанням грибів рекомендовано варити їх двічі по 10 хв., зливаючи кожного разу відвари.

Що стосується хімічних отруйних речовин, то вони у краплиннорідкому стані здатні швидко проникати у пористі продукти (макаронні вироби - до 16 см, цукор - до 12 см, борошно - до 4 см, хліб - до 2 см, у морожене м'ясо - до 1,5 см, у варене - до 7 см, у фрукти та овочі - до 2 см). Рідкі продукти заражуються повністю.

Бактеріальні засоби (або хвороботворні мікроорганізми) потрапляють в харчові продукти, довго там живуть і розмножуються. Так, наприклад, збудник холери зберігається у хлібі до 26 діб, у молоці - до 1 місяця, на овочах і фруктах - до 8 діб. Ще довше зберігається збудник чуми. Продукти харчування, які заражені отруйними речовинами і бактеріальними засобами, вживати небезпечно.

Основні заходи щодо захисту продуктів і води від зараження:

- герметизація приміщень, де зберігаються продукти;
- зберігання продуктів у щільно закритій тарі (банках, пакетах);
- захист джерел водопостачання.

Герметизація приміщень передбачає обмеження проникнення радіоактивних, хімічних отруйних речовин, бактеріальних засобів крізь вікна, двері, вентиляційні канали тощо. Після герметизації приміщення ступінь забруднення знижується у 100 разів.

Захисна тара значно знижує ймовірність зараження продуктів. По захисним властивостям тара розподіляється на три категорії: вищу, першу і другу. Тара вищої категорії (металева, скляна) захищає від усіх видів зараження. Тара першої категорії (полімерна і комбінована) захищає тільки від радіоактивних речовин і бактеріальних засобів. Тара другої категорії (фанерна, картонна паперова) захищає тільки від радіаційного пилу. В домашніх умовах найкраще зберігаються від зараження продукти в щільно закритих скляних та пластмасових банках і в поліетиленових пакетах.

Захист джерел водопостачання здійснюються шляхом відокремлення їх від навколишнього середовища. В сільській місцевості колодязі мають бути закриті від проникнення радіаційного пилу. У міському водопроводі у більшості випадків вода не заражена, але якщо вода у водопроводі стала зараженою, то треба користуватися водою з підземних джерел (бюветів).

Зберігати воду вдома можна у щільно закритій скляній, пластмасовій або металевій (краще емальованій) ємності.

#### 5.4. Висновки до розділу

В даному розділі розглянуто та описано вимоги з охорони праці та техніки безпеки відповідно до нормативних документів щодо: організації робочого місця, електробезпеки, шуму та вібрації, освітленості, мікроклімату та пожежної безпеки. Описано два питання з безпеки життєдіяльності, які пов'язані з темою дипломної роботи.

## РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

### 6.1. Радіоекологія – один з новітніх розділів загальної екології

В сучасному розумінні екологія – наука про ставлення живих організмів, або групи організмів до навколишнього природного середовища, так чи інакше, це наука про взаємозв'язок між живими організмами і середовищем їх перебування. Радіоекологія, або радіаційна біогеоценологія (з термінології М.В. Тимофєєва-Ресовського) – це розділ загальної екології, який вивчає процеси попадання і накопичення радіоактивних речовин живими організмами, їх міграцію у біосфері, вплив іонізуючого випромінювання на екосистеми. Вона пов'язана з такими науками як: радіобіологія, радіологія, радіохімія, рентгенологія, ядерна хімія, ядерна медицина, радіаційна генетика, ядерна фізика, дозиметрія іонізуючого випромінювання.

Як галузь знань радіоекологія належить до радіобіології. Однак, якщо класична радіобіологія – наука, головним чином, експериментальна, предметом її вивчення є одноразова дія однорідного зовнішнього опромінення на однорідні популяції живих організмів (одно- і багатоклітинні гриби, рослини, тварини), радіоекологія, навпаки, вивчає переважно закономірності хронічної дії суміші радіонуклідів (ізотопів різних елементів, що є  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ - випромінювачами) на природні угруповання різних організмів аж до біогеоценозів.

У радіоекології виділяють дві основні тісно взаємопов'язані проблеми:

1) Міграція радіонуклідів у екосистемі.

Фундаментальними характеристиками міграції радіонуклідів є :

- коефіцієнт накопичення;
- коефіцієнт переходу радіонуклідів з певного оточення в певні організми;
- розподіл за глибиною ґрунтів, на поверхню яких нанесені радіонукліди;
- коефіцієнти сорбції нуклідів детритом (перегноєм, гумусом).

2) Вплив на організми радіонуклідів, що накопичено в них.

На відміну від радіобіології, радіоекологія вивчає вплив іонізуючого випромінювання не стільки на сам організм, скільки на його репродуктивні функції, тобто на здатність підтримувати чисельність популяції.

Радіація по своїй природі шкідлива для живого організму. Опромінення можуть спричиняти генетичні ушкодження або навіть ініціювати онкологічні хвороби. Радіаційні фактори давно і постійно існують в природі, а ефект дії може виникати навіть при дуже малих дозах.

Результат радіаційного враження на клітинному рівні призводить до:

- латентного стану людини (нестабільного, не визначеного);
- пошкодження клітини;
- розриву ланцюгів ДНК;
- можливості психічного збудження і, як результат, радіаційного пошкодження клітини організму.

Ці пошкодження можуть зберігатись дуже довго. ДНК може зберігати ці пошкодження і у подальших поколіннях людей (передаючи по спадкоємству). Так звані генні мутації породжують точкові мутації. Адаптація на радіоактивний вплив малоімовірна. Вона людині практично не показана. Похидкова репарація (оновлення) не дає певної адаптації, хоча і покращує стан.

Основну частину опромінення загальна частина населення земної кулі отримує від природних джерел радіації.

Людина зазнає опромінення двома способами:

1) Зовнішнє опромінення. Радіоактивні речовини (або іонізуюче випромінювання), які перебувають поза організмом, можуть опромінювати його зовні. В цьому разі мова іде про зовнішнє опромінення.

2) Внутрішнє опромінення. Радіоактивні речовини (або іонізуюче випромінювання) можуть бути у повітрі, яким дихає людина, в продуктах харчування чи у воді, і таким шляхом потрапляють в організм. Такий спосіб опромінення називають внутрішнім.

Стратегія захисту від опромінення базується на двох принципах:

1) зменшення проявів уже отриманого опромінення – підвищення культури харчування;

2) зменшення можливостей нового опромінення.

Відповідно зазначеним принципам людині потрібно вживати якісні продукти харчування, більше споживати овочів, антиканцерогенів (капусти, рослинного масла та ін.). Крім того, треба, щоб у харчах було багато мікроелементів, вести здоровий спосіб життя (не палити, максимально обмежити вживання алкогольних напоїв, дихати свіжим повітрям, займатись спортом).

Основну частину опромінення населення земного шару отримує від природних джерел. На поверхню Землі випромінення надходить із різних джерел:

- із космосу;
- джерел, які знаходяться в земній корі.

Космічне випромінювання приходить з глибин всесвіту, частину цього випромінювання складає сонячна радіація. Космічна і сонячна радіація частково пробивається крізь атмосферу і сягає поверхні землі. Крім того, космічне випромінювання у високих атмосферних шарах ініціює проходження ядерних реакцій, утворюючи такі радіонукліди як  $H^3$ ,  $C^{14}$ ,  $Be^{10}$  та інші.

Земна радіація присутня безпосередньо на Землі. В природі існують три родини радіоактивних ізотопів (радіоактивні ряди). Це родина торію (родоначальник  $Th^{232}$ ), родина актинію (родоначальник  $U^{235}$ ), родина урану (родоначальник  $U^{238}$ ). В доповненні до радіоактивних родин, які включають важкі елементи, існують декілька природних радіоізотопів, що не входять в названі родини ( $K^{40}$ ,  $Rb^{87}$ ,  $In^{115}$ ,  $Re^{137}$  та інші). Ізотопи  $H^3$ ,  $C^{14}$ ,  $Be^{10}$ , як вже зазначалось, є продуктами ядерних реакцій атмосферних газів з космічними променями. Окремим представником земної радіації є радіоактивний газ родон  $Rn^{222}$ . Родон утворюється в результаті ядерних перетворень в ряду трансуранових елементів у земній корі, або у природних матеріалах, які використовуються у будівництві. Радіонуклід  $Rn^{222}$  вивчається окремим розділом радіологічних проблем.

Радіаційні джерела, створені людиною, або так звані техногенні джерела є наслідком діяльності різних галузей науки і техніки, це:

1) джерела радіації медичного призначення (рентгенівський апарат, променева терапія, ізотопна діагностика);

2) ядерні вибухи;

3) атомна енергетика: можливі опромінення, пов'язані з медициною та атомною енергетикою, отримуються у професійних умовах (особливо це стосується атомної енергетики);

4) інші джерела: це можуть бути предмети загального використання в повсякденному побуті і житті (годинники з висвіченим циферблатом, телевізійні екрани, флуоресцентні світильники, монітори комп'ютерів, мобільні телефони).

Радіоекологія займається також методами розрахунку індивідуальних і колективних доз випромінювання для великих популяцій населення. Вивчає проблеми проживання людей на великих територіях, забруднених радіонуклідами.

6.2 Статистична оцінка екологічного стану навколишнього природного середовища та закономірностей його розподілу

Властивістю статистичної сукупності є коливання, мінливість значень будь-якої ознаки, тобто варіація. Вона зумовлена дією безлічі взаємопов'язаних причин, серед яких є основні і другорядні. Основні причини формують центр розподілу, другорядні – варіацію ознак, сукупна їх дія – форму розподілу.

Аналіз варіаційного ряду розподілу полягає у виявленні закономірностей зміни частот залежно від зміни кількісної ознаки, яка покладена в основу групування. При аналізі варіаційних рядів найуживанішими є такі групи показників: центра розподілу, розміру варіації, форми розподілу.

Центром розподілу називається значення змінної ознаки, навколо якого групуються інші варіанти. До характеристик центра розподілу належать середня, мода, медіана, чверть і десята частина.



Середня величина – це величина, яка відображає характерний рівень ознаки, притаманної усім елементам сукупності. Варіація будь-якої ознаки формується під впливом двох груп причин:

- перша група – це основні причини, які тісно пов'язані з природою самого явища; під впливом цих причин формується характерний типовий рівень ознаки;
- друга група – другорядні випадкові причини для сукупності в цілому; дією цих причин зумовлені відхилення індивідуальних значень ознаки від типових, які врівноважуються і тому на рівень середньої істотно не впливають.

Середня характеризує типовий рівень варіюючої ознаки в розрахунку на одиницю сукупності.. Вона відображає в собі те спільне, характерне, що об'єднує всю масу елементів, тобто статистичну сукупність. Проте слід пам'ятати, що середня відображає типовий рівень ознаки лише в тому випадку, коли статистична сукупність, за якою вона обчислюється, якісно однорідна. Це одна з основних умов наукового застосування середніх у статистиці. Крім того, типовий рівень ознаки, що вивчається, проявляє себе лише у випадку узагальнення масових фактів. В цьому проявляється дія закону великих чисел.

За допомогою середніх величин масу елементів можна охарактеризувати одним числом, незважаючи на те, що середня величина абстрактна і може не збігатися із жодним з індивідуальних значень ознаки. Вона відображає те загальне, типове для маси явищ, яке реально існує в конкретних умовах простору і часу. За допомогою середніх можна здійснити порівняльний аналіз кількох сукупностей, дати характеристику закономірностей розвитку соціально-економічних явищ і процесів тощо. Середня завжди узагальнює кількісну варіацію ознаки, яка тією чи іншою мірою властива всім без винятку елементам сукупності.

Мода ( $M_o$ ) – це та варіанта, що найчастіше повторюється в ряді розподілу. У дискретному ряді моду легко відшукати візуально, бо це варіанта, якій відповідає найбільша частота.

Мода і медіана – це особливий вид середніх величин. На відміну від середньої арифметичної, що є величиною абстрактною, ці характеристики центру розподілу статистичної сукупності завжди збігаються з конкретними варіантами. Крім того, на їх величину не впливають значення варіант, не характерних для даної сукупності, скажімо, надмірно малі чи надмірно великі. При обчисленні середньої арифметичної до уваги беруться усі без винятку варіанти. Саме через це мода і медіана в окремих випадках мають свої переваги перед середньою арифметичною і використовуються при вирішенні деяких практичних питань:

- мода показує, яке значення ознаки є найбільш вірогідним, тобто масовим, типовим, оскільки вона зустрічається в сукупності найчастіше;

- медіана є центром розподілу кількості одиниць сукупності, на відміну від середньої арифметичної, яка є центром розподілу відхилень ознаки від  $x$ ; вона служить додатковою характеристикою сукупності. Для неоднорідної сукупності вона краще характеризує типовий рівень ознаки ніж середня величина.

Середня, мода і медіана для якісно однорідної сукупності незначно відрізняються одна від одної. В симетричних розподілах мода рівна медіані.

$$x = M_o = M_e$$

Виявлення закономірності розподілу, тобто закономірності зміни частот відповідно до зміни ознаки – одна з найголовніших задач аналізу рядів розподілу. Воно здійснюється за допомогою побудови графіків рядів розподілу і на цій основі виявлення форми розподілу.

Форма розподілу – це графічний образ ряду розподілу. Графіки варіаційних рядів (полігон, гістограма) дають певну уяву про емпіричний розподіл, але вони показують дію не лише основних, а й випадкових факторів. Якщо збільшувати обсяг сукупності, зменшуючи довжини інтервалів, то графік

ряду наближається до деякої кривої лінії, що називається кривою розподілу. Крива розподілу може характеризувати емпіричний або теоретичний розподіл.

Емпіричні криві розподілу — лінії на площині, які характеризують залежності між значеннями варіативної ознаки і відповідними частотами.

Вони відображають вплив на ознаки двох груп факторів: систематичних, що є основними причинами, які впливають на характер розподілу; випадкових, що часто викликають суттєві відхилення від закономірного розвитку.

Якщо звільнитися від дії випадкових факторів, то можна побудувати таку криву лінію, яка буде граничною для даної сукупності і відобразатиме вплив лише основних суттєвих факторів. Ця крива називається теоретичною кривою розподілу і відображає теоретичний, граничний розподіл.

Теоретична крива розподілу – це така крива, яка відображає загальну закономірність розподілу, що проявляється при дії лише основних чинників.

Теоретичний розподіл утворюється при дії лише основних, істотних для даного явища причин і тому має велике значення при екологічних дослідженнях.

Порівняння емпіричного і теоретичного розподілів покаже, якою мірою сукупність, що вивчається, виражає закономірності, властиві даному явищу в конкретних умовах місця і часу в силу дії основних причин.

Дослідження закономірності розподілу складається з трьох послідовних етапів:

- встановлення загального характеру розподілу;
- вирівнювання емпіричного розподілу за теоретичною кривою розподілу;
- встановлення відповідності теоретичного розподілу емпіричному.

Встановлення загального характеру розподілу вимагає оцінки ступеня його однорідності, обчислення показників асиметрії та ексцесу. Однорідність сукупності для розподілу близьких до нормального, встановлюють за значенням коефіцієнта варіації ( $V < 33\%$ ).

Асиметрія - показник ступеня скошеності (зміщення) варіант щодо центра розподілу. Вона характеризує ступінь скошеності варіаційного ряду розподілу

щодо його симетрії вправо або вліво. При зміщенні вправо від центра асиметрія матиме додатне число, при зміщенні вліво – від’ємне.

За своєю формою розподіли поділяють на такі види: одно-, дво- і багатoverшинні. Наявність двох і більше вершин свідчить про неоднорідність сукупності, про поєднання в ній груп з різними рівнями ознаки.

### 6.3 Висновки до розділу

В даному розділі розглянуто питання радіоекології, як галузі знань, основні проблеми які вивчаються в радіоекології, шкідливий вплив радіації, та джерела звідки вона береться. Також описано статистичну оцінку екологічного стану навколишнього природного середовища та закономірностей його розподілу.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вирішено актуальну наукову задачу вдосконалення системи “Розумний пішохідний перехід”. При цьому отримано такі основні результати:

- 1) В процесі проведення огляду літературних джерел встановлено, що облаштування пішохідних переходів на різних ділянках автомобільних доріг для попередження учасників дорожнього руху про можливу небезпеку є актуальною задачею.

2) В результаті аналізу існуючих рішень щодо облаштування пішохідних переходів запропоновано здійснити модернізацію дорожніх знаків з метою попередження учасників дорожнього руху про можливу небезпеку.

3) Обґрунтовано доцільність використання технології LoRaWAN в системі «Розумний пішохідний перехід» для передавання інформації між попереджувальними знаками.

4) Запропоновано розширити функції пішохідних переходів шляхом модернізації дорожніх знаків («Попередження про «Пішохідний перехід»» п.1.32 Правил дорожнього руху) функцією виявлення пішохода та автомобіля, встановлення додаткового LED-світлодіодного освітлення (холодного білого кольору) з можливістю зміни інтенсивності освітлення, а також забезпечення обміну інформацією з додатковим «Попереджувальним знаком» щодо можливої небезпеки.

5) Розроблено структурну та електричну принципову схему системи «Розумний пішохідний перехід» на основі обґрунтованих методів передавання інформації.

6) Описано конструкцію, принципи дії та основні характеристики складових комп'ютерної системи «Розумний пішохідний перехід».

7) Здійснено програмно-апаратну реалізацію системи «Розумний пішохідний перехід» на основі проведеного аналізу методів та засобів передавання інформації та запропонованих рішень.

8) Встановлено, що запропонована система «Розумний пішохідний перехід» є автономною, простою в реалізації, недорогою, що дозволяє її встановлення на ділянках автомобільних доріг, які проходять через малонаселені пункти (села та селища).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бедрийчук М., Волянський Р., Дармограй В., Недільська Х., Судомир В. Розумний пішохідний перехід. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. С. 204.
2. Представлен «умный» пешеходный переход. 13.10.17. URL: <https://hi-tech.ua/predstavlen-umnyiy-peshehodnyiy-perehod/> (дата звернення: 25.09.2019).
3. Розумний пішохідний перехід. URL: [https://unilight.ru/resheniya/umnyu-peshekhodnyu-perekhod/unilight\\_standard](https://unilight.ru/resheniya/umnyu-peshekhodnyu-perekhod/unilight_standard) (дата звернення: 12.09.2019).

4. Smart Crosswalk In-Roadway Warning Light (IRWL) System. 2019. URL: <https://www.lightguardsystems.com/smart-crosswalk-in-roadway-warning-light-irwl-system/> (дата звернення: 10.09.2019).
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі: навч. посіб. Львів: Магнолія 2006, 2013. 256 с.
5. Кулаков Ю.О., Луцький Г.М. Комп'ютерні мережі. Київ: Юніор, 2005. 397 с.
6. Lea P. Internet of Things for Architects. Birmingham: Packt, 2018. 456 p.
7. Грингард С. Интернет вещей. Будущее уже здесь. Москва: Альпина Паблишер, 2016. 190 с.
8. Шварц М. Интернет верей с ESP8266. Санкт-Петербург: БВХ-Петербург, 2018. 192 с.
2. Представлен «умный» пешеходный переход. 13.10.17. URL: <https://hi-tech.ua/predstavlen-umnyiy-peshehodnyiy-perehod/> (дата звернення: 25.09.2019).
10. Что такое LoRaWan. 05.12.17. URL: <https://habr.com/ru/company/nag/blog/371067/> (дата звернення: 25.09.2019).
11. Как выбрать стандарт связи для сети IoT. 25.02.16. URL: <https://habr.com/ru/company/commandspot/blog/390825/> (дата звернення: 25.09.2019).
12. IoT connectivity comparison (GSM vs LoRa vs Sigfox vs NB-Iot). URL: <https://www.polymorph.co.za/iot-connectivity-comparison-gsm-vs-lora-vs-sigfox-vs-nb-iot/> (дата звернення: 26.09.2019).
13. Технологія LoRaWAN. URL: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/item/66634.html> (дата звернення: 26.09.2019).
14. Ультразвуковой дальномер HC-SR04: подключение, схема, характеристики. URL: <http://wiki.amperka.ru/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module> (дата звернення: 30.09.2019).
15. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. Санкт-Петербург: БВХ-Петербург, 2012. 238 с.
16. Кервинен Т., Кервинен К., Валтокари В. Делаем сенсоры. Проекты сенсорных устройств на базе Arduino и Raspberry Pi. Москва: Вильямс, 2015. 440 с.

17. Perea F. Arduino Essentials. Birmingham: Packt, 2015. 378 p.
18. BLE под микроскопом. URL: <https://habr.com/ru/post/319244/> (дата звернення: 10.10.2019).
19. Bluetooth low energy. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/bluetooth-low-energy> (дата звернення: 15.10.2019).
20. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Изд. 4-е, испр. и доп. Санкт-Петербург: Питер, 2012. 944 с.

Додаток А  
Тези конференцій



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Національна академія наук України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Шяуляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
Наукове товариство ім. Шевченка  
Тернопільська обласна організація українського союзу науково-технічної інтелігенції

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**

тез доповідей

**Том II**

**VI Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів**

16-17 листопада 2017 року



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2017**

*Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.  
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017.*

- |      |  |     |
|------|--|-----|
| 139. | <p><b>Н.Г.Яцків, О.О. Левченко</b><br/>АЛГОРИТМ МОДУЛЯРНОГО МНОЖЕННЯ НА ОСНОВІ<br/>СКОРОЧЕНИХ ТАБЛИЦЬ<br/><b>N.G. Yatskiv, O.O. Levtsenyuk</b><br/>MODULAR MULTIPLICATION ALGORITHM BASED ON INCOMPLETE<br/>TABLES</p>   | 199 |
| 140. | <p><b>Н.Г.Яцків, О.В.Цвігун</b><br/>БЕЗПРОВІДНІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПЕРИМЕТРУ<br/><b>N.G.Yatskiv, O.V.Tsvigun</b><br/>WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR PERIMETER PROTECTION</p>  | 201 |
| 141. | <p><b>Ю.З. Лещинин, М.І. Бойко</b><br/>МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДІВ СИМЕТРИЧНОГО ШИФРУВАННЯ В<br/>ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ<br/><b>Y. Leschyshyn, M. Boyko</b><br/>SIMULATIONS SYMMETRIC ENCRYPTION IN A DIGITAL<br/>COMMUNICATION SYSTEM</p>   | 202 |
| 142. | <p><b>Ю.З. Лещинин, В.О. Ворошак</b><br/>ПОБУДОВА І МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОГО УЗГОДЖЕНОГО<br/>ФІЛЬТРУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ<br/><b>Y.Z. Leschyshyn, V.J. Voroschak</b><br/>MATCHED FILTER CONSTRUCTING AND SIMULATION FOR<br/>COMPOSITE SIGNALS DETECTION</p>  | 203 |
| 143. | <p><b>М.С. Бедрийчук, Р.П. Волянський, В.О. Дармограй, Х.Б. Недільська,<br/>В.П. Судомир</b><br/>РОЗУМНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД<br/><b>M.S. Bedriyuchuk, R.P. Volianskyi, V.O. Darmohrai, Kh.B. Nedilska,<br/>V.P. Sudomyr</b><br/>SMART PEDESTRIAN CROSSING</p>  | 204 |
| 144. | <p><b>В. І. Дорош, П. Ю. Якобчук, Едгарс Вейсс, А. В. Фаранович</b><br/>ГЛИБОКІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ<br/>ВИЯВЛЕННЯ АТАК В СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ<br/>МЕРЕЖАХ<br/><b>V. Dorosh, P. Yakobchuk, E. Veiss, A. Faranovych</b><br/>DEEP NEURAL NETWORKS AS A POWERFUL DIRECTION OF<br/>ATTACK DETECTION IN MODERN TELECOMMUNICATION<br/>NETWORKS</p> | 205 |

*Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.  
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017.*

УДК 681.5:656.13

М.С. Бедрийчук, Р.П. Волянський, В.О. Дармограй, Х.Б. Недільська, В.П. Судомир  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

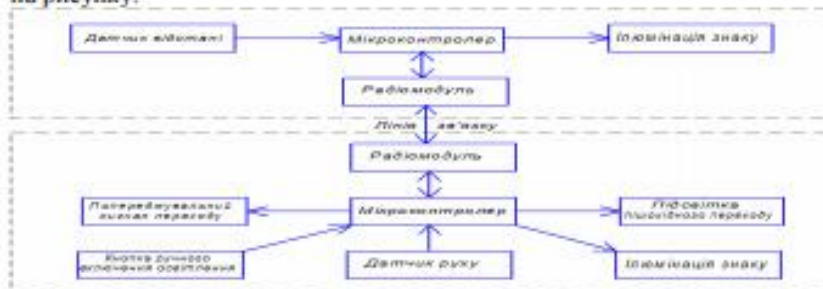
### РОЗУМНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД

M.S. Bedriyчук, R.P. Volianskyi, V.O. Darmohrai, Kh.B. Nedilska, V.P. Sudomyr  
SMART PEDESTRIAN CROSSING

За даними Департаменту медичної допомоги МОЗ в Україні з 2011 по 2016 рік зареєстровано близько 170 тисяч дорожньо-транспортних пригод (ДТП) з потерпілими, в яких загинули 26,5 тис. людей і 209 тис. були травмовані, більше 43% загинулих є пішоходами й велосипедистами. При чому 39% випадків ДТП з тяжкими наслідками відбуваються з причини перевищення водіями швидкості, а 38% - через не облаштованість пішохідних переходів [1]. Велика кількість аварій стається на тих ділянках автомобільних доріг, які проходять через малонаселені пункти (селища та села), в яких в темну пору доби є обмежена видимість, та й поява пішохода часто стає несподіванкою для водія.

Останнім часом розумні пішохідні переходи почали облаштовувати як за кордоном, так і в Україні, зокрема в таких містах як Вінниця та Київ. Більшість таких переходів, в основному, передбачають забезпечення додаткового «розумного» освітлення, створення «розумної зебри» та модернізацію самого знаку. В основному всі вони призначені для використання у мегаполісах. Саме тому актуальним завданням є розробка такої системи, якою можна було б облаштовувати пішохідні переходи на різних ділянках автомобільних доріг, і яка б вирішила питання не тільки їх освітлення, але й оповіщення як водія, про наявність переходу, так і пішохода про наближення транспортного засобу та його швидкість. Запропоновано розширити функції пішохідних переходів з «розумним» освітленням, шляхом модернізації попереджувальних дорожніх знаків пішохідного переходу «розумною» складовою з функцією виявлення пішохода та автомобіля, встановлення на ньому додаткового LED-світлодіодного освітлення (холодного білого кольору) з можливістю зміни інтенсивності освітлення, а також забезпечення комунікації, за допомогою радіомодулів, з додатковим «Попереджувальним знаком» щодо попереднього виявлення автомобіля на дорозі.

Структурна схема запропонованого розумного пішохідного переходу зображена на рисунку.



#### Література

1. <https://www.slovo.idilo.ua/2017/05/04/infografika/suspilstvo/statystyka-dtp-ukrayini-najvyshha-smertnist-dorohax-sered-usix-krayin-vevropy>

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ**

**VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**11–12 грудня 2019 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2019**

<b>M. Baranskyi</b> DEVELOPMENT OF MACHINE TRANSLATION SYSTEM BASED ON TECHNOLOGY OF NEURAL NETWORKS WITH USING A QUALITY METRIC VECTOR	21
<b>Y. Bachinskiy</b> ANALYSIS OF COMMUNICATION METHODS OF ROBOTS BASED ON AR- DUINO MICROCONTROLLERS	22
<b>A. Belma, O. Karelina</b> DETECTION OF THREATS TO IOT DEVICES USING HONEYPOTS	23
<b>Yu. Brezmen, N. Kunanets</b> INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEM FOR DIAGNOSTIC OF THE MENTAL CONDITION OF HUMAN	24
<b>Butsiy R.</b> MICROCLIMATE DATA GATHERING AND VISUALIZATION SYSTEM OF SMART HOUSE BASED ON LoRaMESH-TECHNOLOGIES	25
<b>A. Vaplyak, P. Proniv, V. Dozorskiy</b> IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE METHOD OF BIOMETRIC AUTHENTICATION BY THE FINGERS	26
<b>V. Vaskov, S. Lupenko</b> BENEFITS OF USING TENSOR PROCESSOR TO WORK WITH NEURAL NETWORKS	27
<b>V. Veselovskaya, L. Dmytrotsa</b> STATYSTYCHNYI BAHATOMOVNYY PEREKLAD ZAPYTIV PRY INFOR- MATSIYNOMU POSHUKU	28
<b>V. Vivcharyk</b> PECULIARITIES OF TEXT DATA MINING METHODS FOR DOCUMENT AUTHORSHIP IDENTIFICATION	29
<b>R. Volianskyi</b> TOOLS OF INFORMATION TRANSFER IN THE SYSTEM «SMART ZEBRA CROSSING»	30
<b>R. Havryliv, N. Kunanets</b> DENTAL CLINIC AUTOMATION	31
<b>R. Halaz, N. Kunanets</b> INTELLECTUAL SYSTEM OF DETERMINATION OF MUSIC WORK HARMONY	32
<b>O. Goloyad, A. Shurhai, I. Dedit</b> INCREASING THE EFFICIENCY OF PULSE CONVERTERS	33
<b>M. Goralechko, S. Metokhir</b> DEVELOPMENT OF THE SET OF ALTERNATIVE SOFTWARE ARCHITEC- TURES	34
<b>Y. Hulka</b> CRITERIA FOR STEGANOGRAPHIC METHODS OF HIDING INFORMATION IN IMAGES COMPARISON	36
<b>V. Humenuk</b> RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING EFFICIENCY OF RISK MANAGEMENT IN ENTERPRISE INFORMATION SECURITY	37
<b>V. Humeniuk</b> RESEARCH OF THE PERCENTAGE OF LOSSES AFTER THRESHING IN THE PROCESS OF HARVESTING	38
<b>N. Didych, Y. Rosiak</b> MODERN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS	40

УДК 681.5:656.13

**Р. Волянський**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

### **ЗАСОБИ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД»**

UDC 681.5:656.13

**R. Volianskyi**

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

### **TOOLS OF INFORMATION TRANSFER IN THE SYSTEM «SMART ZEBRA CROSSING»**

Велика кількість аварій стається на тих ділянках автомобільних доріг, які проходять через малонаселені пункти (селища та села), в яких в темну пору доби є обмежена видимість, та й поява пішохода часто стає несподіванкою для водія. Вирішенням цієї проблеми може стати встановлення системи «Розумний пішохідний перехід» [1], оскільки вона передбачає автономність роботи, простоту монтажу, якість освітленості та інтелектуальне сповіщення усіх учасників дорожнього руху.

Одним із важливих моментів функціонування такого розумного пішохідного переходу є синхронізація між знаками «Пішохідний перехід» (5.35 ПДР) та передавання даних від знаків «Попередження про «Пішохідний перехід»» (1.32 ПДР), тому актуальною задачею є передавання інформації в системі «Розумний пішохідний перехід». З цією метою запропоновано обладнати систему радіо-модулями типу LoRaWAN.

Використання LoRaWAN обґрунтовується великим радіусом дії, прийом та передавання інформації в міських умовах може становити до 5 км та до 45 км поза населеним пунктом. Давачі обладнані радіо-модулями LoRaWAN мають низьке енергоспоживання, в залежності від класу давача (А, В або С), термін роботи може становити навіть до декількох років. Також LoRaWAN - це відкритий стандарт. Давачі з цими радіомодулями у вільному продажі, присутня вся документація, і вона у відкритому доступі для будь-якого користувача.

Конструкцію знаків «Пішохідний перехід» (5.35 ПДР) запропоновано модернізувати шляхом встановлення давачів освітленості, внутрішньої підсвітки знака, обрамленням знака по контуру квадрата жовтими діодами (функція жовтого мигаючого світлофора) та мікроконтролерним блоком керування (Atmega 328) і радіо-модулем LoRaWAN. Над знаком доцільно встановити освітлення тротуарної частини із вмонтованим давачем руху, а також - світлодіодну підсвітку пішохідного переходу. На найвищій точці розміщений сонячний блок для живлення системи.

Основна особливість даної системи є автономність та простота встановлення (монтаж), адже для живлення використовується відновлювальні джерела енергії – сонячні панелі разом із акумуляторними блоками. А також це активне двохстороннє попередження усіх учасників дорожнього руху.

#### **Література**

1. Бедрийчук М., Волянський Р., Дармограй В., Недільська Х., Судомир В. Розумний пішохідний перехід. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. С. 204.

**INTERNATIONAL INTERNET CONFERENCE****CERTIFICATE OF PARTICIPATION**

is awarded to

***Volianskyi Roman***

for being an active participant in  
XXXVIII International Scientific and Practical Conference



***WORLD DEVELOPMENT OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY***

*23 December 2019, Vinnytsia, Ukraine*

**el-conf.com.ua**

