

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації та управління в технічних системах
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

завідувач кафедри

_____ О.І.Ролік

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 126 «Інформаційні системи та технології»
(код та назва спеціальності)

на тему: Автоматизована система моніторингу стану автомобільних доріг

Виконав: Студент 6 курсу, групи ІА-82мп
(шифр групи)

_____ Чайковський Дмитро Леонтійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник: зав. каф., д.т.н, проф. Ролік О.І _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент:

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 рік

АНОТАЦІЯ

У магістерській дисертації досліджено основні проблеми сучасного стану дорожнього метеорологічного моніторингу та шляхи їх вирішення. Для розробки системи було проведено детальний аналіз датчиків, що використовуються в подібних системах та обрано найоптимальніший їх набір. У дисертації розроблено автоматизовану систему моніторингу стану автомобільних доріг. Згідно з розробленим алгоритмом, система працює на базі мікроконтролера, що взаємодіє із пунктом управління. В дисертації побудовано структурні схеми автоматизованої системи, автоматичної дорожньої метеорологічної станції, розроблено алгоритмічні схеми роботи системи, побудовано підсистему інформування учасників дорожнього руху.

В роботі досліджено особливості архітектури мережі 1-WIRE, що проектується на основі однойменного інтерфейсу. Ця особливість дозволила побудувати схему алгоритму, що використовує принципи даної мережі. Робота може бути корисною при проектуванні систем автоматизованого моніторингу різного призначення з використанням мікроконтролерів.

SUMMARY

In the master's thesis the main problems of the current state of the road meteorological monitoring and the ways of their solution are investigated. For the development of the system, a detailed analysis of the sensors used in such systems was carried out and the most optimal set of them was selected. In the dissertation the automated system of monitoring of a state of highways is developed. According to the algorithm developed, the system operates on the basis of a microcontroller that interacts with the control point. In the dissertation the structural diagrams of the automated system, the automatic road meteorological station are constructed, the algorithmic schemes of the system operation are developed, the subsystem of informing the road users is constructed.

The features of the 1-WIRE network architecture, which is designed on the basis of the same name interface, are investigated. This feature made it possible to build an algorithm scheme that uses the principles of this network. The work can be useful for designing automated monitoring systems for various purposes using microcontrollers.

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва)

Кафедра автоматики та управління в технічних системах
(повна назва)

Ступінь вищої освіти – другий (магістерський)
(код, назва)

Спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»
(код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. І. Ролік
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ___ ” _____ 2018_р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Чайковському Дмитру Леонтійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Автоматизована система моніторингу стану автомобільних доріг

Науковий керівник дисертації зав. каф., д.т.н., проф., Ролік О.І.
затверджені наказом по університету від “ 28 ” жовтня 2019 р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації “ 19 ” грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження: автоматизована дорожня метеорологічна станція

4. Предмет дослідження: Методи реалізації та побудова автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг

5. Зміст пояснювальної записки:

- а) огляд загального стану досліджень у обраній галузі;
 - б) опис підсистем розроблюваного проекту;
 - в) розробка структурних схем всієї системи та автоматичної дорожньої метеорологічної станції;
 - г) побудова алгоритмів роботи автоматизованої системи;
 - д) розробка системи сповіщення користувачів доріг;
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: а) структурна схема автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг; б) структурна схема автоматичної дорожньої метеорологічної станції; в) структурна схема інтерфейсу 1–WIRE; г) схема з'єднання мікропроцесору; д) схема алгоритму роботи.

7. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

8. Дата видачі завдання “ 5 ” вересня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	12.11.2019	
2	Розробка структурної схеми системи	15.11.2019	
3	Розробка структурної схеми автоматичної дорожньої метеорологічної станції	25.11.2019	
4	Побудова алгоритмів роботи системи	27.11.2019	
5	Розробка системи сповіщення користувачів доріг	30.11.2019	
6	Оформлення текстової та графічної документації	1.12.2019	
7	Представлення до захисту	3.12.2018	

Студент

_____ (підпис)

Чайковський Д.Л.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Ролік О.І

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ РОБОТАМИ З ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	9
1.1 Загальний стан досліджень оперативного управління зимовим утриманням автомобільних доріг	9
1.2. Принципи зимового утримання автомобільних доріг	11
1.3 Стандарти зимового утримання автомобільних доріг як основа програми управління	15
1.4 Вплив погодних умов на виконавчу діяльність дорожніх організацій, безпеку руху, екологічний стан придорожніх територій	18
1.5 Класифікація видів зимової слизькості штучних покриттів.....	20
2 ДОРОЖНІ СИСТЕМИ ПОГОДНОГО МОНІТОРИНГУ	32
2.1. Спеціалізоване метеорологічне забезпечення дорожнього господарства	32
2.2 Підсистеми погодного моніторингу в системі оперативного управління зимовим утриманням автомобільних доріг	39
2.2.1 Термокартування доріг	41
2.2.2 Регламент роботи дорожніх організацій на основі інформації погодного моніторингу	42
2.2.3 Інформування учасників дорожнього руху	43
2.2.4 Інтелектуальна транспортна система	45
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ	47
3.1 Загальна схема системи моніторингу.....	47
3.2 Інтерфейс 1–WIRE	50
3.2.1 Циклічний надлишковий код	52
3.2.2 Команди мікроконтролера	52
3.2.3 Фізична реалізація	53
3.2.4 Обмін даними у мережі 1–WIRE	54
3.3 Опис структурної схеми автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг	55
3.4 Аналіз технічних засобів	55
3.5 Структурна схема автоматичної метеорологічної станції	61
3.6 Вибір елементної бази	62
3.6.1 Датчик тиску	62

3.6.2 Датчик швидкості вітру	67
3.6.3 Датчик температури.....	75
3.6.4 Датчик відносної вологості	81
3.6.5 Дорожній датчик	88
3.6.6 Датчик видимості	91
3.6.7 Датчик опадів.....	92
4. РОЗРОБКА І ОПИС СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ	99
5. РОЗРОБКА СИСТЕМИ СПОВІЩЕННЯ.....	101
6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	110
6.1 Опис ідеї проекту	110
6.1.1 Зміст ідеї, основні вигоди, що може отримати користувач товару, можливі напрямки застосування.....	110
6.1.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї.....	111
6.2 Технологічний аудит проекту.....	113
6.2.1 Аудит технології реалізації стартап- проекту.....	113
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	113
6.3.1 Аналіз попиту	113
6.3.2 Потенційні групи клієнтів	114
6.3.3 Аналіз ринкового середовища	114
6.3.4 Аналіз пропозиції	115
6.3.5 Аналіз умов конкуренції в галузі	116
6.3.6 Фактори конкурентноспроможності	117
6.3.7 Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту	117
6.3.8 Аналіз стартап-проекту за матрицею SWOT	118
6.3.9 Альтернативи ринкової поведінки	118
6.4 Розробка ринкової стратегії проекту.....	119
6.4.1 Визначення стратегії по охопленню ринку	119
6.4.2 Базова стратегія розвитку.....	119
6.4.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки.....	120
6.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту	121
6.5.1 Формування маркетингової концепції товару	121
6.5.2 Трьохрівнева маркетингова модель товару.....	121

6.5.3	Визначення цінових меж	122
6.5.4	Визначення оптимальної системи збуту.....	123
	ВИСНОВКИ.....	126

ВСТУП

Виконання потреб жителів міст та регіонів, а також різних організацій виробничого характеру у пасажирських та вантажних перевезеннях залежить від постійного вдосконалення інфраструктури транспортних перевезень: доріг сполучення, автомобілів та великої кількості інших підсистем та вузлів комплексу транспортних перевезень, що забезпечують надання транспортних послуг населенню та організаціям. Слід відзначити, що сьогодні склалася ситуація випередження розвитку автомобільного парку, відповідно підвищення мобільності мешканців міст і регіонів та обмеження можливостей існуючої транспортної мережі. Автомобільні дороги стають вузькою ланкою транспортних систем міст та регіонів.

Зростання інтенсивності руху на сучасних автомобільних дорогах призводить до необхідності підвищення вимог до основних транспортно-експлуатаційних показників: забезпеченої швидкості, безперервності і безпеки руху. Забезпечення цих вимог особливо актуально в зимовий період, коли під впливом погодних чинників погіршуються зчпні якості дорожнього покриття. Висока аварійність є серйозною проблемою для доріг України, на яких щорічно в дорожньо-транспортних пригодах гине велика кількість людей. Одна з основних причин виникнення дорожньо-транспортних пригод за несприятливих дорожніх умов — низькі зчпні якості покриття. Ці дані підтверджують актуальність і необхідність вирішення проблеми підвищення транспортно-економічних показників автомобільних доріг в складних погодних умовах.

Рішення даної проблеми можливо шляхом вдосконалення системи оперативного управління роботами з боротьби із зимовою слизькістю на автомобільних дорогах і розвитку систем погодного моніторингу. Це дозволить перейти від існуючих в Україні технологій ліквідації зимової слизькості до профілактики її утворення, що забезпечить зменшення витрат на утримання доріг і підвищення безпеки руху в зимовий період.

Удосконалення оперативного управління зимовим утриманням доріг за кордоном йде шляхом розвитку інтелектуальних транспортних систем, складовою

частиною яких є підсистема погодного моніторингу. Інформація, що отримується в даній підсистемі, дозволяє обирати оптимальні стратегії робіт із зимового утримання доріг і проводити профілактичні роботи з метою недопущення утворення слизькості на дорожньому покритті. Необхідність вирішення завдань вдосконалення спеціалізованого метеорологічного забезпечення для управління роботами з зимового утримання доріг визначається рядом причин:

- жорсткістю вимог до рівня утримання доріг;
- розвитком і вдосконаленням техніки для зимового утримання доріг, що дозволяє більш точно дозувати протижеледні матеріали при їх розподілі;
- необхідністю переходу на більш «гнучкі» технології утримання через обмеження фінансових ресурсів і екологічних вимог;
- впровадженням сучасних технічних засобів для збору, передачі і обробки оперативної інформації про погодні параметри в зоні знаходження дороги та стан дорожнього покриття;
- все більш широким впровадженням інформаційних технологій в процеси управління утриманням доріг.

Саме через це було прийнято рішення дослідити цю тему і розробити автоматизовану систему моніторингу стану автомобільних доріг.

Надалі розглянемо основні теоретичні дані, а також розробимо структурну схему системи моніторингу, сформуємо потребу, та вирішимо інженерну задачу, що буде покладена у інженерну пропозицію, щодо проектування системи моніторингу.

1 ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ РОБОТАМИ З ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

1.1 Загальний стан досліджень оперативного управління зимовим утриманням автомобільних доріг

Питання управління утриманням доріг почали розглядатися вже в перших роботах і нормативних документах, присвячених експлуатації автомобільних доріг. Особлива увага в них приділялася вдосконаленню структури органів управління та підрозділів, які проводять роботи з утримання, класифікації робіт. До певного часу зимове утримання доріг не виділялося в окремий напрям, і тільки в 80-і роки минулого століття воно було виділено із загальної номенклатури робіт з утримання.

Велика кількість робіт і досліджень стосувалися, в основному, розробки методів визначення витрат і ресурсів на зимове утримання доріг і можуть бути віднесені до стратегічного управління. І в даний час залишається актуальним вирішення цих завдань на основі більш детального врахування погодно-кліматичних особливостей окремих регіонів.

Сучасний період розвитку і функціонування дорожнього господарства в Україні характеризується високими вимогами до рівня транспортно-експлуатаційних показників, які обґрунтовуються з позицій споживачів доріг і безпеки руху, для досягнення яких розробляються системи управління експлуатаційним станом, що дозволяють підтримувати певний рівень якості дороги.

Завдання управління утриманням автомобільних доріг до теперішнього часу мали різну постановку і, відповідно, різні методи вирішення. Однак їх об'єднує те, що практично всі відомі дослідження, присвячені управлінню утриманням доріг, розглядають як об'єкт управління ремонтні роботи. При цьому розглядаються нормативні вимоги до стану доріг, оцінка і прогнозування об'єкта управління [1, 2], технічні засоби збору необхідної інформації [3, 4], вдосконалення інформаційної підсистеми [5, 6]. Вся необхідна для управління інформація формується і оновлюється в ході діагностики доріг. Вона представлена в повному обсязі в автоматизованому банку дорожніх даних, за допомогою якого вирішуються завдання

планування і фінансування робіт по ремонту та утриманню доріг. У зв'язку з таким підходом принципи ефективності управління для дорожнього господарства в цілому сформульовані як досягнення мети управління ціною максимальної економії ресурсів. Цей показник прийнятий в якості обов'язкового критерію для оцінки діяльності роботи дорожніх організацій.

Однак при вирішенні задач зимового утримання доріг поряд з економічними критеріями розглядаються безпеку руху, дотримання інтересів користувачів доріг і екологічні показники, що закріплено у відповідних документах. Наявність двох суперечливих критеріїв при вирішенні завдань організаційного плану вимагає вдосконалення системи оперативного управління утриманням доріг.

Зимове утримання автомобільних доріг займає особливе місце і відрізняється значною складністю, яка обумовлена невизначеністю впливу погодних факторів і різким, іноді раптовим зниженням транспортно-експлуатаційних показників при утворенні зимової слизькості на всьому протязі дороги або на окремому її ділянці. Завдання оперативного управління зимовим утриманням доріг вирішуються для ділянок доріг великої протяжності на тимчасовому інтервалі, обмеженому декількома годинами. На ліквідацію наслідків несприятливих погодних умов відводиться незначний часовий період, який, незалежно від технічної оснащеності дорожньої організації та складності погодних умов, визначається тільки значимістю дороги і інтенсивністю руху. Ефективність витрачання ресурсів при зимовому утриманні доріг буде визначатися тим, наскільки адекватно погодних умов обрана технологія проведення робіт. Цей вибір ускладнюється невизначеністю впливу метеорологічних факторів.

Досвід зимового утримання доріг за кордоном показує, що дотримання вимог стандартів можливо при виборі оптимальних стратегій робіт і використанні не тільки технологій ліквідації зимової слизькості, але і технологій профілактики її виникнення. Для цього збір погодної і дорожньої інформації, її обробка, прогнозування стану дорожнього покриття та прийняття рішення про вибір технології робіт виконуються практично в режимі реального часу. За останні два десятиліття накопичився великий практичний досвід вирішення таких завдань за кордоном.

В усьому світі [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] необхідність вирішення завдань оперативного управління зимовим утриманням доріг визначається такими аспектами, як:

- безперервність і швидкість руху, його безпеку;
- економічність робіт з утримання;
- охорона навколишнього середовища;
- забезпечення всією необхідною інформацією користувачів доріг.

При цьому підтримуються і розвиваються такі пріоритетні напрямки політики в

управлінні автомобільними дорогами:

- вдосконалення стандартів на зимове утримання доріг;
- розвиток техніки і технологій виробництва робіт;
- спеціалізоване дорожнє метеорологічне забезпечення;
- розробка регламенту виконання робіт по утриманню в залежності від сформованих або очікуваних погодних умов;
- використання в процесах управління інформаційних технологій;
- навчання персоналу.

Таким чином, спеціалізоване дорожнє метеорологічне забезпечення входить до складу пріоритетних напрямків розвитку оперативного управління зимовим утриманням доріг і є необхідною умовою його вдосконалення. Як показує досвід зимового утримання доріг за кордоном, тільки система погодного моніторингу та оцінка стану дорожнього покриття на його основі дозволяють перейти до цілеспрямованого вибору стратегій робіт при зимовому утриманні доріг і превентивним заходам у випадку загрози виникнення слизькості на покритті.

1.2. Принципи зимового утримання автомобільних доріг

Для виявлення місця спеціалізованого дорожнього метеорологічного забезпечення в процесах управління утриманням автомобільних доріг слід проаналізувати класичні схеми процесу управління об'єктом [16, 17], сформулювати

основні поняття стосовно задачі оперативного управління роботами з зимового утримання доріг [18]. Схема оперативного управління в загальному вигляді представлена на рисунку 1.1.

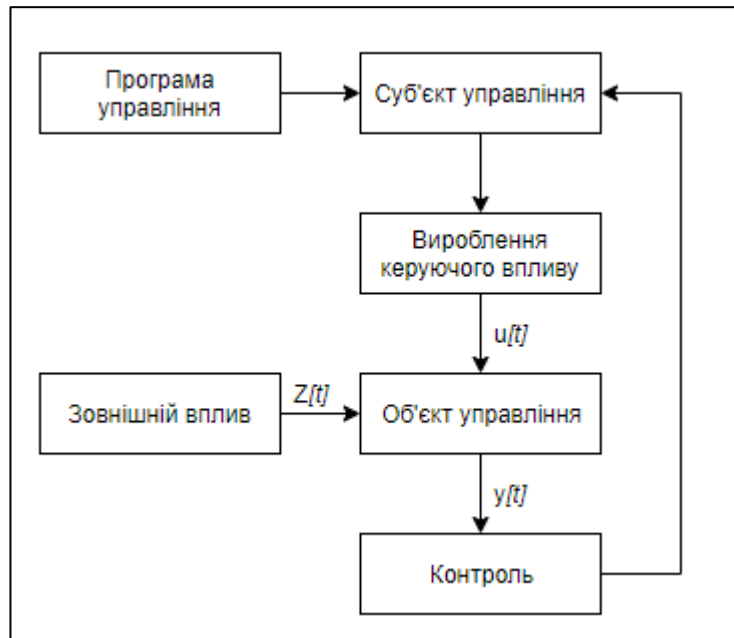


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема оперативного управління об'єктом

Основна мета управління дорогами в зимовий період може бути визначена як забезпечення збереження працездатності дороги і дорожніх споруд та підтримання їх транспортно-експлуатаційного стану відповідно до вимог, допустимих за умов забезпечення безперервності і безпеки дорожнього руху. Відповідно до цілей, програма управління включає параметри, що забезпечують підтримання необхідного рівня утримання для доріг різних категорій. Суб'єктами управління є дорожні організації, які здійснюють планування, організацію та виконання робіт із зимового утримання доріг. Об'єктом управління є автомобільна дорога і дорожні споруди.

Необхідність застосування керуючих впливів у вигляді робіт з боротьби із зимовою слизькістю обумовлена функціонуванням об'єкта управління у зовнішньому середовищі під впливом факторів, що збуджують $z(t)$ — погодних умов, що впливають на стан дорожнього покриття і формування на ньому різних видів зимової слизькості.

Залежно від обставин, що склалися на об'єкті управління і в навколишньому його середовищі, в певний момент часу, виникає ситуація, що характеризується сукупністю параметрів, вимірюваних і аналізованих в процесі управління і вимагає прийняття і реалізації керуючого рішення $u(t)$. Під ситуацією слід розуміти стан дорожнього покриття, а наявність на ньому зимової слизькості викликає необхідність проведення комплексу робіт з її ліквідації або профілактики.

Однією з основних функцій управління при зимовому утриманні доріг є контроль. Його завдання полягає у виявленні відхилень параметрів $y(t)$, що контролюються в процесі управління, від планованих (заданих в програмі управління). Розрізняють пасивний контроль, який проводиться дискретно після закінчення будь-якої роботи, і активний контроль, що проводиться постійно в процесі функціонування об'єкта управління. При активному контролі здійснюється регулювання керуючих впливів після аналізу відхилень для компенсації дії на об'єкт факторів, що збуджують.

Розглянувши основні блоки схеми управління, слід зазначити, що їх змістовне наповнення при вирішенні будь-якої задачі управління буде залежати від того рівня управління, на якому вона вирішується.

Аналіз узагальненої схеми управління дозволяє зробити висновок про те, що спеціалізоване метеорологічне забезпечення є необхідним для вимірювання параметрів зовнішнього середовища, прогнозування за результатами вимірювання стану об'єкта управління і вибору керуючого впливу, згідно сформованим або очікуваним погодним умовам.

Оперативне управління зимовим утриманням доріг може бути також розглянуто з позицій забезпечення інформацією, і в цьому випадку доцільно розглядати інші підсистеми [19, 20]: інформаційно-вимірювальну, інформаційно-довідкову, керуючу, телекомунікаційну (систему зв'язку), а також виконавчу підсистему, яка містить інформацію про наявні ресурси. В цьому випадку узагальнена схема управління може бути представлена в дещо іншому вигляді, наведеному на рисунку 1.2 і відображає взаємодію зазначених підсистем.

Для отримання інформації стосовно зовнішніх погодні впливів і фактичний стан об'єкта управління (стан дорожнього покриття) необхідна інформаційно-вимірювальна підсистема. Вимірювання параметрів зовнішнього середовища не тільки описує фактичну ситуацію, що склалася на об'єкті управління, а й дозволяє при певних умовах прогнозувати її зміни.

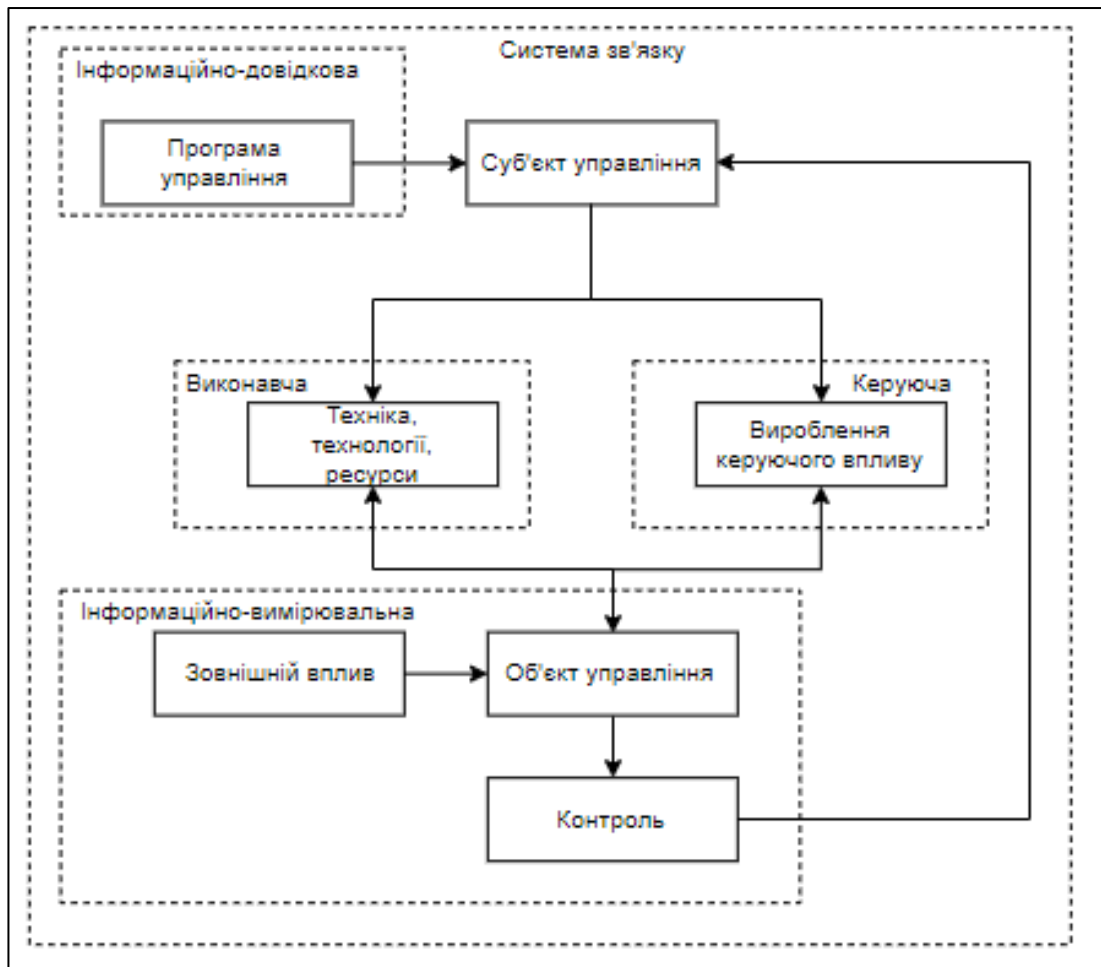


Рисунок 1.2. – Основні підсистеми в системі управління зимовим утриманням автомобільних доріг (інформаційний аспект)

В інформаційно-довідковій підсистемі формується програма управління. Керуюча підсистема повинна забезпечувати вибір керуючих впливів на основі аналізу всієї наявної інформації.

Ефективне оперативне управління неможливо без надійного зв'язку для передачі інформації між підсистемами і фіксації результатів управління на основі зворотного зв'язку, тобто забезпечення необхідного контролю.

1.3 Стандарти зимового утримання автомобільних доріг як основа програми управління

Для забезпечення високих споживчих властивостей і підвищення безпеки руху в складних погодних умовах практично в усіх країнах використовуються стандарти зимового утримання доріг, що нормують комплекс параметрів, які забезпечують певний рівень утримання доріг. Ці стандарти є основою як стратегічного управління (розрахунок необхідних ресурсів), так і оперативного управління зимовим утриманням доріг.

Вимоги до рівня зимового утримання доріг обґрунтовуються техніко-економічними розрахунками. Результати цих розрахунків можна представити у вигляді основних показників рівня зимового утримання автомобільних доріг:

- ширини чистої від снігу і льоду поверхні дороги;
- товщини шару пухкого снігу на дорожньому покритті до початку снігоочищення і в перервах між проходами снігоочисних машин;
- допустимої товщини снігового накату на проїжджій частині і узбіччях;
- термінів закінчення снігоочищення та ліквідації зимової слизькості.

Зазначений напрямок досліджень не втратив своєї актуальності і до теперішнього часу. Необхідно диференційовано визначити показники основних параметрів, що визначають рівень зимового утримання доріг, в залежності від їх важливості і погодно-кліматичних особливостей окремих регіонів.

Оперативне управління роботами по боротьбі із зимовою слизькістю на автомобільних дорогах пов'язано з вимірюванням, аналізом і оцінкою параметрів зовнішнього середовища, необхідних для прийняття керуючих впливів. Для аналізу стану і пошуку шляхів вдосконалення та розвитку систем погодного моніторингу на дорогах необхідно обрати і обґрунтувати ситуації, що вимагають управління, тобто

прийняти певну класифікацію стану дорожнього покриття в зимовий період. Опис різних класифікацій видів зимової слизькості наведено в розділі 2.3.

Основне призначення інформаційно-вимірювальної підсистеми — вимір параметрів зовнішніх впливів, передачі даних в центр обробки, відображення та прогнозування стану об'єкта управління. Для оперативного управління зимовим утриманням доріг можна виділити два види потоків інформації — зовнішні і внутрішні [21]. Одним з основних потоків зовнішньої інформації є дані про погодні умови. До внутрішніх потоків можна віднести команди про початок або припинення робіт з боротьби із зимовою слизькістю, про зміну режиму роботи в залежності від змінених погодних умов. До внутрішньої може бути віднесена вся інформація, яка описувала дорогу як об'єкт управління і ресурси, використовувані при зимовому утриманні доріг.

Управління автомобільними дорогами базується на об'єктивній інформації про стан мережі доріг. Вона відображена в базах і банках даних, які формуються в різних інформаційних технологіях. Збір інформації та формування банків даних виконується в ході робіт з діагностики або шляхом перенесення її в бази даних з паспортів доріг [22].

Сучасний рівень розвитку дорожнього господарства в Україні створює передумови для розробки єдиної інформаційної системи автомобільних доріг, але ця задача все ще вирішується без єдиного підходу, незважаючи на те, що концептуальні засади вже вироблені.

Високі вимоги до рівня утримання доріг роблять необхідним проведення наукових досліджень щодо ширшого використання наявних інформаційних ресурсів (як погодних, так і дорожніх) в системі оперативного управління роботами з боротьби із зимовою слизькістю.

Оцінка стану зовнішнього середовища здійснюється за допомогою аналізу метеорологічної інформації та прогнозів погоди. Питанням спеціалізованого дорожнього метеорологічного забезпечення в системі оперативного управління зимовим утриманням доріг приділяється особлива увага в багатьох країнах, і

інформація про зовнішні дії надходить з двох джерел — Національної служби погоди і з мережі спеціальних автоматичних дорожніх метеостанцій.

При оперативному управлінні зимовим утриманням доріг до основних керуючих впливів можна віднести роботи з підтримки необхідного рівня утримання дороги — ліквідація або профілактика утворення зимової слизькості. Чинні нормативні документи з ліквідації зимової слизькості регламентують вибір норм розподілу протижеледних матеріалів в залежності від їх виду, температури повітря і кількості опадів, що випали, профілактичні операції рекомендуються для попередження утворення снігового накату. Ці роботи не пов'язані з прогнозами погоди, не враховують динаміку зміни погодних факторів, яка може істотно вплинути на ефективність робіт по ліквідації слизькості. Незважаючи на те, що пухкий сніг віднесений до одного з видів зимової слизькості, технологічні операції по проведенню патрульного снігоочищення не входять до складу робіт, зазначених у Керівництві. Таким чином, завдання вибору керуючих впливів при організації робіт по боротьбі із зимовою слизькістю вимагає свого уточнення, більш чіткої «прив'язки» до спеціалізованої метеорологічної інформації, яка може бути доступна дорожнім організаціям з різним рівнем оснащення інформаційними ресурсами.

Система зв'язку повинна задовольняти потреби в інформаційному забезпеченні процесів оперативного управління зимовим утриманням доріг, вона дозволяє організувати своєчасний збір і обробку даних про стан погодних та дорожніх умовах, забезпечує виробничі процеси і користувачів доріг необхідною інформацією про стан проїзду та умов руху по дорогах.

Питанням вдосконалення систем зв'язку приділяється велике значення в дорожньому господарстві України. Проведений аналіз показує, що рівень розвитку різних засобів зв'язку створює необхідні технічні передумови для створення повноцінної системи оперативного управління роботами по боротьбі із зимовою слизькістю на автомобільних дорогах і дозволяє розвивати і впроваджувати системи погодного дорожнього моніторингу.

1.4 Вплив погодних умов на виконавчу діяльність дорожніх організацій, безпеку руху, екологічний стан придорожніх територій

Сукупність показників автомобільної дороги, що впливають на ефективність роботи автомобільного транспорту, безпеку руху і відображають інтереси користувачів доріг, називають споживчими властивостями дороги. До основних споживчих властивостей відносяться:

- забезпечення безперервності проїзду в будь-які періоди року;
- забезпечення необхідної швидкості, пропускну здатності та рівня завантаження;
- безпеку та зручність руху;
- екологічна безпека.

Споживчі властивості змінюються по сезонах року, але найбільш складним для учасників руху і служби утримання доріг є зимовий період, коли під впливом несприятливих погодних факторів змінюються умови видимості, зчіпні якості покриття. На дорогу впливають атмосферні явища у вигляді опадів, що випадають, хуртовин, туманів, ожеледних відкладень.

На всі споживчі властивості автомобільної дороги впливає температурний режим, який здійснює вплив на умови і частоту утворення різних видів зимової слизькості на дорожньому покритті, стан снігового покриву і заносимість доріг снігом. За стійкої мінусової температури повітря в зимовий період знижується ймовірність обмерзання дорожнього покриття, проте сніг стає більш сухим, рухомим і легко переноситься вітром, підвищуючи ймовірність снігових заметів. У районах з частими переходами температури (повітря через 0°C підвищується ймовірність утворення слизькості на дорожньому покритті.

На режими руху автомобіля впливає вітер, причому найбільш небезпечно поєднання високої швидкості вітру і слизького покриття, що може привести до втрати стійкості автомобіля при русі його по відкритих ділянках дороги. Вітровий режим є основною причиною перенесення снігу при заметілі.

Такі види опадів і атмосферних явищ, як снігопади, хуртовини, тумани, рідкі опади, призводять до утворення зимової слизькості. Режим випадання опадів визначає такі процеси, як снігові замети, інтенсивність снігових і ожеледних відкладень на дорожніх покриттях, а також дальність видимості.

Слизькість і снігові замети призводять до значного зниження швидкості руху одиночних автомобілів і транспортних потоків, отже, до зниження пропускної здатності доріг, збільшення вартості перевезень.

У зв'язку із зростанням інтенсивності руху проблема забезпечення безпеки руху привертає до себе все більшу увагу. В зарубіжних країнах одним з основних принципів забезпечення безпеки руху є пріоритет життя і здоров'я користувачів доріг над економічними результатами господарської діяльності. Погодні фактори безпосередньо впливають на безпеку руху. Ймовірності виникнення Дорожньо-транспортних пригод підвищують чинники, які залежать безпосередньо від погодних умов:

- низькі зчіпні якості покриття;
- звуження проїжджої частини при наявності снігу на дорожньому покритті;
- наявність снігових валів на перетинах в одному рівні в зоні трикутника видимості;
- обмеження видимості через погодні умови.

Розвиток систем погодного моніторингу сприятиме підвищенню безпеки руху в складних погодних умовах за рахунок:

- профілактики або своєчасної ліквідації слизькості на дорожньому покритті;
- інформації для водіїв про стан проїзду дорогами і безпечними маршрутами руху;
- засобів додаткової інформованості водіїв про рекомендовані режими руху в складних погодних умовах (знаки зі змінною інформацією, інформаційні табло, тимчасові дорожні знаки, що встановлюються в зимовий період).

За експертними оцінками зарубіжних фахівців, розвинена система погодного моніторингу на автомобільних дорогах знижує рівень аварійності на 10 — 15%.

Таким чином, практично всі зазначені вище погодні фактори можуть мати несприятливий вплив на споживчі властивості доріг і умови руху в зимовий період, яке проявляється, в основному, через стан дорожнього покриття. На формування різних видів зимової слизькості впливають не тільки погодні, але і дорожні умови. (Складність прогнозування стану покриття полягає в тому, що ці дії не враховуються в повній мірі даними спостережень на метеорологічних станціях і постах Державної спостережної мережі. Це призводить до необхідності розвитку спеціальних дорожніх систем погодного моніторингу.

1.5 Класифікація видів зимової слизькості штучних покриттів

Розглянемо фізичні процеси формування стану дорожніх покриттів в зимовий період під спільною дією погодних факторів і дорожніх умов. До зимової слизькості відносять всі види сніжно-крижаних відкладень, що знижують зчеплення штучного покриття з покришками колес транспортних засобів. Слизькість на штучному покритті можна розглядати як різновид обмерзання наземних предметів, яке характеризується різноманітністю видів і форм.

Існує кілька класифікацій ожеледно-паморозевих явищ і різних видів зимової слизькості дорожніх і аеродромних покриттів, в основу яких покладені певні поняття: процеси утворення, структура відкладень, фізичні властивості, технології робіт з ліквідації і т.д. Їх умовно можна об'єднати в три групи:

- класифікації видів наземного обмерзання, використовувані в метеорології;
- докладні класифікації видів обмерзання дорожнього покриття та злітно-посадкових смуг аеродромів [23, 24, 25, 26];
- найпростіші класифікації видів зимової слизькості за зовнішніми ознаками або технологій робіт для служби утримання доріг і аеродромів.

Все різноманіття видів зимової слизькості на штучних покриттях залежно від умов утворення поділяють, в основному, на п'ять груп.

Перша група включає ті види зимової слизькості, до утворення яких призводить замерзання вологи, наявної на покритті. Такий вид обмерзання синоптики називають ожеледицею у вузькому сенсі слова.

До другої групи обмерзання відносяться ті види зимової слизькості, які виникають на сухій поверхні дороги за рахунок кристалізації вологи з повітря при температурі покриття нижче точки роси (радіаційний іній, кристалічний наліт, чорний лід і т.д.).

Третю групу обмерзання становлять ті види, які утворюються при випаданні рідких опадів на покриття, що має температуру нижче нуля градусів. У неї входять твердий, зернистий і крижаний наліт.

У четверту групу об'єднані такі види слизькості, які утворюються при випаданні переохолоджених опадів. До них відносять ожеледь, зернисту паморозь.

П'яту групу складають всі види зимової слизькості, що утворюються при ущільненні і укочуванням снігу на покритті дороги. У неї входять сніговий накат, зледенілий і тане сніг, оплавлений сніг.

Всі види обмерзання штучних покриттів мають свої характерні ознаки - колір, структуру поверхні і фізичні властивості — щільність, міцність, адгезію до покриттів. Перевага цих класифікацій полягає в тому, що крім фізики обмерзання і метеорологічних умов, вони враховують такий фактор, як температура покриття. На їх основі були виявлені найбільш значущі погодні та дорожні чинники, що впливають на утворення різних видів зимової слизькості, досліджені динаміка їх зміни і умови утворення слизькості.

У нормативно-технічних документах використовується більш проста класифікація, в основу якої покладено досить чітке розходження видів зимової слизькості як за зовнішніми ознаками, так і за фізичними властивостями. Виділяють три види слизькості: пухкий сніг, ущільнений сніг і склоподібний лід. Класифікація зручна для організації робіт по боротьбі із зимовою слизькістю, так як кожен її вид легко визначається візуально. Однак вона орієнтована на технології робіт, в основі яких лежить ліквідація вже утворилася слизькості, а не її профілактика.

В останнє десятиліття в зарубіжній літературі з'явилися детальні класифікації видів зимової слизькості. Необхідність їх розробки пов'язана з низкою факторів:

- вдосконаленням стандартів на зимове утримання доріг;
- розвитком інформаційно-вимірювальних систем;
- впровадженням інформаційних технологій в управління дорогами;
- розробкою експертних систем для оперативного управління дорогами.

Ці класифікації ідентифікують різні види слизькості в комп'ютерних програмах і дозволяють видавати рекомендації щодо вибору стратегії робіт із зимового утримання автомобільних доріг.

На сьогоднішній день є велика кількість різних класифікацій видів зимової слизькості. Вони з різним ступенем деталізації враховують умови утворення слизькості, вплив метеорологічних і дорожніх параметрів, особливості клімату кожної країни. Для розвитку спеціалізованого метеорологічного забезпечення та прогнозування стану дорожнього покриття класифікація повинна бути досить детальною, відображати відмінності у фізиці утворення слизькості, погодно-кліматичних умовах, використовувані технології робіт і бути придатна для виконання керуючих впливів. Така класифікація запропонована автором оглядової інформації на основі проведених досліджень і аналізу результатів обчислювальних експериментів при математичному моделюванні умов утворення різних видів зимової слизькості. Класифікація представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація різних видів зимової слизькості дорожніх покриттів та умови їх утворення

Вид зимової слизькості	Умови утворення				
	Температура повітря	Температура покриття	Опади, їх вид	Стан покриття	Додаткові умови
Ожеледиця	Нижче 0°C	Нижче 0°C	Будь які, що випадають за температури повітря вище - 3°C	Вологе	Час наслідків опадів 12 ч
Чорний лід	Нижче 0°C	Нижче 0°C Нижче точки роси	Нема	Сухе	Нема
Твердий наліт	Вище 0°C	Нижче 0°C	Рідкі	-	Нема
	Від 0 до -5°C	Те саме	Мокрий сніг	-	Кількість опадів $q = 0$ мм
Сніговий накат	Від 2 до 0°C	-	Тверді (сніг, мокрий сніг)	-	Інтенсивність снігопаду не менш 0,6 мм/ч

Продовження таблиці 1.1

Вид зимової слизькості	Умови утворення				
	Температура повітря	Температура покриття	Опади, їх вид	Стан покриття	Додаткові умови
Рихлий сніг	Від -6 до 10°C - Нижче -10°C	-	-	-	Відносна вологість повітря менше 90% Нема
Снігові замети:					
– загальга метіль	Нижче 0°C	-	Тверді	-	
– низова метіль	Те саме	-	Відсутні	-	

Вибір керуючого впливу (стратегії робіт) при оперативному управлінні роботами з зимового утримання доріг залежить від дорожніх і погодних факторів. З урахуванням видів зимової слизькості (див. таблицю 1.1) стратегії робіт можуть бути розділені на дві групи: видалення слизькості переведенням її в інший агрегатний стан і механічне видалення слизькості. Вони розрізняються за технологіями робіт, часом проведення робіт і їх циклічності, складу погодної інформації, яка враховується при проведенні робіт. Класифікація стратегій наведена на рисунку 1.3. Спеціалізовані прогнози погоди дозволяють використовувати стратегії профілактичної обробки дорожніх покриттів, а при ліквідації слизькості вибирати оптимальні норми розподілу протижеледних матеріалів.



Рисунок 1.3 – Класифікація стратегій робіт з зимового утримання доріг

Відповідно до прийнятої класифікації, короткий опис технологічних операцій, на основі якого можуть бути визначені необхідні погодні інформаційних ресурсів для їх реалізації, наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Стратегії проведення робіт з зимового утримання автомобільних доріг

Стратегії	Найменування робіт	Опис технології виробництва робіт
I	Ліквідація зимової слизькості	По утвореному шару крижаних відкладень розподіляються протижелезедні матеріали з нормами, достатніми для переведення відкладень в інший агрегатний стан
II	Профілактика зимової слизькості	До утворення слизькості проводиться розподіл протижелезедних матеріалів зі зменшеними нормами для запобігання утворення слизькості

Продовження таблиці 1.2

Стратегії	Найменування робіт	Опис технології виробництва робіт
III	Видалення пухкого снігу з покриття	Проводиться патрульне снігоочищення при випаданні опадів і механічна очистка пухкого снігу з покриття після їх закінчення
IV	Профілактика утворення снігового накату	Розподіляються протиожеледні матеріали під час снігопаду для недопущення ущільнення і збереження снігу в пухкому стані з наступною механічною очисткою
V	Розподіл фрикційних матеріалів	Фрикційні матеріали в чистому вигляді або в суміші з протиожеледними матеріалами розподіляються по шару сніжно-крижаних відкладень, коли використання протиожеледних матеріалів в чистому вигляді неефективно
VI	Розчищення сніжних заметів	Технологія розчищення снігових заметів залежить від товщини снігових відкладень і ділянки дороги (насип, виїмка) і регламентується нормативними документами

Розглядаючи проблеми погодного моніторингу, слід ще раз зазначити, що в даний час залишається актуальною задача пошуку шляхів використання хімічних реагентів з мінімально допустимими нормами без зниження рівня безпеки руху, що можливо при переході на превентивні заходи, які передбачають не ліквідацію сніжно-крижаних відкладень, а попередження їх утворення.

Профілактична обробка проводиться за 1 — 6 год до можливого обмерзання покриття, протиожеледні матеріали розподіляють з нормою від 4 г / м² і вище, що дозволяє різко скоротити кількість використовуваних протиожеледних солей, розподілення хімічних протиожеледних матеріалів можливо у вигляді сухої, попередньо зволоженою солі, а також у вигляді розчинів.

Практичний досвід застосування зволжених солей міститься у всіх Європейських країнах, в США і підтверджує їх високу ефективність за рахунок швидкої дії реагенту і тривалого збереження його необхідної концентрації на покритті. За даними німецьких дорожників, економія протиожеледних матеріалів становить до 44% в порівнянні з розподілом солей в сухому вигляді, а за даними американських фахівців, загальний прибуток за рахунок зменшення витрат палива, зниження кількості дорожньо-транспортних пригод становить \$13,4 млрд. на рік.

Оптимальне використання наявних в регіоні протиожеледних матеріалів в різному вигляді в залежності від погодних умов можливо при наявності дорожньої техніки, що реалізує «гнучкі» технології. Розвиток засобів механізації робіт із зимового утримання доріг в світі йде по шляху підвищення точності дозування протиожеледних матеріалів (як сухих, так і зволжених).

Як показав моніторинг продукції, продукція вітчизняних заводів часто не відповідає вимогам зимового утримання доріг. У зв'язку з цим розробка нових засобів механізації, що дозволяють розподіляти протиожеледні матеріали з малими нормами і дозувати їх у вузьких межах, гнучко застосовувати різні технологічні режими роботи в залежності від очікуваних або сформованих погодних умов, — одне з основних напрямків вдосконалення зимового утримання автомобільних доріг. В Україні в даний час налагоджується виробництво техніки для освоєння нових технологій зимового утримання доріг, що створює технічну основу рішення задач оперативного управління зимовим утриманням доріг.

Для вибору оптимальної стратегії робіт необхідні метеорологічна інформація, дані про стан дорожнього покриття, тобто розвиток підсистеми погодного моніторингу на дорогах. Частина дорожньої інформації, наведеної в таблиці 1.3 (ширина земляного полотна, наявність елементів інженерного облаштування, снігозахист), мається на банках дорожніх даних. Відсутні дані можуть бути додатково додані в автоматизований банк дорожніх даних з тим, щоб використовувати його інформацію при вирішенні задач оперативного управління утриманням доріг в складних погодних умовах.

Таблиця 1.3 – Стратегії робіт по боротьбі з зимовою слизькістю та інформація, необхідна для їх реалізації

Стратегії (див. табл. 2)	Вид зимової слизькості	Необхідна інформація	
		Метеорологічна	Дорожня
I	Ожеледиця	Температура повітря, тенденція її зміни, мінімальна температура повітря	Стан покриття
	Чорний лід Твердий наліт і ожеледь	Те саме "-"	Те саме "-"
II	Ожеледиця	Температура повітря, тенденція її зміни, мінімальна температура повітря, тенденція зміни атмосферного тиску, відносної вологості повітря, прогноз опадів (вид, час їх закінчення)	Стан покриття, температура покриття, прогноз її зміни, концентрація залишкового кількості хлоридів (від попередніх обробок покриття)

Продовження таблиці 1.3

Стратегії (див. табл. 2)	Вид зимової слизькості	Необхідна інформація	
		Метеорологічна	Дорожня
	Чорний лід	Температура і відносна вологість повітря точка роси і тенденція їх зміни, швидкість вітру, хмарність	Стан покриття, температура покриття, тенденція її зміни, мінімальна температура покриття
	Твердий наліт і ожеледь	Температура повітря, тенденція її зміни, тенденція зміни атмосферного тиску, відносної вологості повітря, прогноз опадів (вид, інтенсивність, тривалість, кількість)	Температура покриття, прогноз її зміни, концентрація залишкового кількості хлоридів (від попередніх обробок покриття)
III	Рихлий сніг	Температура і відносна вологість повітря, швидкість і напрям вітру, вид опадів, інтенсивність, тривалість, кількість опадів	Напрямок ділянки дороги, геометричні параметри поперечного профілю земляного полотна, ширина земляного полотна, наявність елементів інженерного облаштування (огорожі, розділова смуга)

Продовження таблиці 1.3

Стратегії (див. табл. 2)	Вид зимової слизькості	Необхідна інформація	
		Метеорологічна	Дорожня
IV	Сніжний накат	Температура і відносна вологість повітря, швидкість і напрям вітру, вид опадів, інтенсивність, тривалість випадання, кількість опадів	Напрямок ділянки дороги, тип поперечного профілю, ширина земляного полотна, наявність огорожень, розділової смуги, концентрація протиожеледних матеріалів в шарі снігу
V	Ожеледиця, чорний лід, твердий наліт, ожеледь, сніжний накат	Тенденція зміни температури повітря та її мінімальне значення	Стан дорожнього покриття
	Рихлий сніг	Температура і відносна вологість повітря, швидкість і напрям вітру, вид хуртовини, інтенсивність, тривалість, стан снігового покриву	Напрямок ділянки дороги, геометричні параметри поперечного профілю земляного полотна, висота насипу, глибина виїмки, ширина земляного полотна, наявність огорожень, снігозахист
	Сніжний накат	Те саме	Те саме

Висновки за розділом

В даному розділі було проаналізовано загальний стан досліджень оперативного управління зимовим утриманням автомобільних доріг. У розділі наведено детальний опис варіантів небажаних утворювань на автомобільних дорогах та стратегій їх ліквідації. Аналіз стратегій з зимового утримання автомобільних доріг говорить про необхідність інтегрування інформаційних технологій в оперативне управління зимовим утриманням автомобільних доріг. Сучасний рівень розвитку дорожнього господарства в Україні створює передумови для розробки єдиної інформаційної системи автомобільних доріг, але ця задача все ще вирішується без єдиного підходу, незважаючи на те, що концептуальні засади вже вироблені.

2 ДОРОЖНІ СИСТЕМИ ПОГОДНОГО МОНІТОРИНГУ

2.1. Спеціалізоване метеорологічне забезпечення дорожнього господарства

Основна мета створення спеціалізованої системи дорожнього метеорологічного забезпечення — отримання інформації для проведення робіт, що дозволяють зберігати і відновлювати в задані терміни споживчі властивості доріг і забезпечувати безпеку руху в складних погодних умовах. Це досягається за рахунок своєчасного виконання робіт, правильного вибору норм розподілу протижеледних матеріалів в залежності від погодних умов, використання технологій профілактики утворення слизькості при зимовому утриманні доріг. Спеціалізоване дорожнє метеорологічне забезпечення дозволяє надати органам управління автомобільними дорогами оперативну інформацію про стан проїзду, виконані роботи, їх ефективність. Така інформація дає можливість оцінювати якість утримання доріг і проводити оплату виконаних робіт. Збір, обробка та зберігання цієї інформації можуть використовуватися для довгострокового планування і фінансування робіт з урахуванням дорожніх і погодно-кліматичних особливостей різних регіонів.

При зимовому утриманні практично у всіх країнах світу використовуються спеціалізовані дорожні прогнози і прогнози погоди загального призначення, розробка яких здійснюється різними службами. Серед них необхідно перш за все виділити Національні служби погоди, якими в даний час дуже велика увага приділяється вдосконаленню метеорологічного забезпечення дорожніх організацій, а також користувачів доріг.

Національні служби погоди розробляють спеціалізовані прогнози на основі деталізації прогнозів погоди загального призначення. Джерелами метеорологічної інформації для них є державна наглядова мережа метеорологічних станцій, метеорологічні радіолокатори, що виробляють спостереження за хмарністю і опадами в режимі реального часу, супутники погоди, зонди і т.д. Система організації таких спостережень, збору, передачі і переробки всієї необхідної інформації для розрахунку прогнозів дуже чітко відпрацьована не тільки на рівні окремої держави. Існує

багаторічний досвід міжнародного обміну метеорологічною інформацією для підвищення надійності прогнозів.

Практично у всіх країнах при Державній службі погоди в різні роки були створені спеціальні групи або відділи, які розробляють спеціалізовані дорожні прогнози. В їх основу були покладені деталізація по територіях прогнозів погоди загального призначення і передача штормових попереджень про небезпечні явища при раптовій зміні погодних умов.

Так як прогнози в Національних службах погоди розробляються для великих територій і за «площадним» принципом, отримати надійний «лінійний» прогноз транспортно-експлуатаційного стану дороги або окремих її ділянок з малою завчасністю вдається не завжди. Цього не дозволяють зробити часовий інтервал зняття первинної інформації на мережі Державних метеорологічних станцій (вони виконуються 8 разів на добу з інтервалом 3 год), їх просторова роздільність. Крім того, прогнози погоди загального призначення не враховують повною мірою впливу дорожніх умов.

Сучасні тенденції розвитку спеціалізованого дорожнього метеорологічного забезпечення пов'язані з автоматизацією процесів збору, передачі, обробки даних і підготовки прогнозів, зменшення їх завчасності, безперервного моніторингу погодних параметрів, включення в загальну схему розрахунку прогнозів інформації автоматичних дорожніх метеостанцій. Велику увагу в Національних службах погоди приділяють навчанню споживачів грамотно використовувати інформацію про погодні умови в своїй практичній діяльності.

У зв'язку з високими вимогами до завчасності з'явилася проблема контролю правильності прогнозів і їх коригування в разі такої необхідності.

Всі ці проблеми дали поштовх до розвитку так званої ЕРМ-системи, трьома основними компонентами якої є:

- швидке і просте отримання прогнозів синоптиками на основі заздалегідь підготовлених спеціальних таблиць і графіків (етап підготовки прогнозів);
- виробництво на основі цих прогнозів спеціалізованих прогнозів для різних споживачів (етап випуску індивідуальних прогнозів);

- контроль достовірності прогнозу (етап моніторингу).

Розробка прогнозів автоматизована. Район прогнозу вибирається за картою на екрані монітора. Для кожного району і дорожньої організації є чіткі відомості і таблиці, які заповнюються при підготовці прогнозу погоди загального призначення. Таким чином, форма, зміст і необхідна завчасність прогнозу вибираються автоматично з заздалегідь розробленого набору. На вимогу споживача текст прогнозу може бути строго регламентований. Після заповнення таблиць генерація спеціалізованих прогнозів на основі прогнозу погоди загального призначення виконується автоматично на основі інформації з бази даних про споживачів. У спеціалізованих прогнозах враховуються ті погодні явища, які необхідно прогнозувати, порогові значення окремих метеорологічних параметрів, форма передачі прогнозу (текст).

Прогнози передаються по каналах зв'язку споживачам. При зміні прогнозу синоптиком, всі необхідні зміни буде згенеровано автоматично і передані тим споживачам, кого ці зміни стосуються.

Після того як індивідуальні прогнози згенеровано і передано споживачеві, прогнозовані параметри передаються на етап моніторингу. Вони набувають статусу контрольованих даних. Їх значення можуть бути представлені графічно у вигляді просторового (поля метеорологічних елементів на карті) або тимчасового (на графіку) відображення. Для оцінки правильності прогнозу проводиться порівняння прогнозованих параметрів з останніми фактично виміряними. Якщо відхилення істотні, то прогноз погоди оновлюється. Таким чином, для спеціалізованих прогнозів погоди з високою просторово-часовою роздільністю, до яких відносяться і прогнози для дорожніх організацій, контроль достовірності прогнозу в цій системі набуває ключового значення.

Перевага цієї системи полягає в тому, що вона дозволяє автоматично генерувати спеціалізовані прогнози для різних споживачів на основі одного прогнозу погоди загального призначення. При цьому синоптик не зобов'язаний знати особливих вимог споживача до просторово-часової роздільності інформації. Така інформація зберігається в базі даних і автоматично враховується системою.

Вдосконалення метеорологічного забезпечення дорожніх організацій в Національних службах погоди йде шляхом просторової деталізації прогнозів і вдосконалення методів прогнозу метеорологічних величин, що впливають на формування стану дорожнього покриття.

Вирішити проблему деталізації прогнозів для різних ділянок доріг в різних країнах намагалися різними методами. Один з них — створення найпростіших дорожніх метеорологічних постів, на основі аналізу інформації яких працівники дорожньо-експлуатаційних організацій можуть приймати рішення про проведення робіт із зимового утримання доріг. Такі метеорологічні пости, які є власністю дорожньо-експлуатаційних управлінь (ДЕУ), були організовані в Польщі. Вони дозволяли уточнювати час наступів небезпечного явища та момент початку профілактичних робіт на основі аналізу зміни швидкості і напрямку вітру, температури і відносної вологості повітря. Аналогічні метеорологічні пости були в дорожніх організаціях Італії. Ці метеопости встановлювалися у кінці семидесятих років минулого сторіччя, але з розвитком засобів зв'язку та інформаційних технологій їм на зміну прийшли автоматичні вимірювальні комплекси.

В даний час для організації зимового утримання доріг у багатьох країнах світу розвиваються відомчі мережі метеорологічних спостережень на основі автоматичних дорожніх метеостанцій. Погодна інформація, необхідна для зимового утримання дороги, надходить зі спеціальних центрів контролю дорожніх і погодних умов. Завдання таких центрів полягає в зборі в режимі реального часу інформації з автоматичних дорожніх метеостанцій, інформації від метеорологічних радіолокаторів (МРЛ), прогнозів погоди загального призначення і додаткової інформації від Національної служби погоди. На основі аналізу всієї цієї інформації проводиться попередження про можливість небезпечного явища на дорозі і видаються рекомендації по технології виконання робіт.

Розвиток дорожніх погодних метеорологічних центрів не міг не вплинути на систему взаємодії між дорожніми організаціями та Національними службами погоди. Їх взаємодія стала ще тісніше, і, як це не дивно, обсяг інформації, яка необхідна дорожнім організаціям для утримання доріг, не зменшилася з появою

автоматизованих дорожніх метеорологічних станцій, а збільшилася. Однак інформація ця відрізняється від тих прогнозів погоди, які отримували дорожні організації раніше. Інформація автоматизованих дорожніх метеостанцій передається в Національні погодні центри і використовується ними при розробці прогнозів і штормових попереджень. Вона більш оперативна і надходить практично в режимі реального часу. Роботи з удосконалення спеціалізованого дорожнього забезпечення в Національних службах погоди не припинилися, а активізувалися.

Досвід роботи Національних служб погоди і великих фірм-виробників технічних засобів свідчить про те, що розвитку систем дорожнього погодного моніторингу та використання їх інформації в управлінні дорогами і транспортними потоками приділяється велика увага в світі. Важливість вирішення цих питань підтверджується і тим, що вже більше 30 років існує і активно працює Міжнародна постійно діюча комісія з дорожньої метеорології (SIRWEC).

Комісія діє як форум з обміну інформацією, що стосується дорожньої метеорології, управління утриманням доріг, безпеки руху, охорони навколишнього середовища і будь-яких інших областей знань, що відносяться до них. Комісія збирає інформацію і підтримує всі дослідження, які можуть сприяти удосконаленню систем погодного моніторингу, технологій утримання доріг, методологій прогнозування стану дорожнього покриття і т.д.

Географія проведення міжнародних конференцій свідчить про важливість розглянутого напрямку розвитку систем погодного моніторингу. У кожній з країн, де проводилися конференції, накопичено великий практичний досвід роботи систем погодного моніторингу на дорогах і ведуться серйозні наукові дослідження в цьому напрямку.

В даний час, за даними Комісії SIRWEC, в світі діє близько 8000 автоматизованих дорожніх метеостанцій. Включення в цю систему прогнозів погоди дозволяє оцінювати стан дорожніх покриттів для великих територій, а не тільки для місця установки автоматизованих дорожніх метеостанцій.

У різних країнах проводяться дослідження з удосконалення дорожніх датчиків. Для розпізнавання стану покриття і визначення товщини шару снігових відкладень застосовують акустичні, аудіо- та відеодатчики.

Особлива увага в системах погодного моніторингу приділяється підсистемі відеостеження за дорожніми умовами і транспортними потоками. Для цих цілей використовують спеціальні відеокамери, розташовані на узбіччях дороги, на щоглах. Вони придатні для роботи на відкритому повітрі в діапазоні температур повітря від 60 до -40°C і під впливом атмосферних опадів. Відеокамери постійно дають зображення дороги в зоні свого охоплення і дозволяють постійно візуально спостерігати за ділянкою дороги, оцінювати стан дорожнього покриття, утворення снігового накату. Вона може вимірювати в спеціальному режимі метеорологічну дальність видимості і дозволяє візуально визначати вид опадів (дощ або сніг). Зображення передаються в режимі стоп-кадру. Для цих цілей відеокамера оснащена процесором, який дає можливість сформувати цифровий код зображення для передачі його по каналах зв'язку в центр збору і відображення відеоінформації. Таким чином, дорожня відеокамера додатково комплектується персональним комп'ютером з відеокартою, модемом і спеціальним програмним забезпеченням для збору, передачі і відображення зображень ділянки дороги. Відеокамера змінює вид зображення з кольорового на чорно-білий в залежності від освітлення. У нічний час зображення формується в чорно-білому режимі за рахунок інфрачервоного світла.

Відомості, отримані з дорожніх метеостанцій і відеокамер, добре доповнюють один одного (але не замінюють). Відеокамери дозволяють отримувати інформацію і про погодні умови: випаданні опадів, кількості снігу на покритті і поведінці снігу (ущільнення або здування з покриття проходять транспортними засобами). Слизьку поверхню також можна визначити по відео-зображенню. За допомогою відеокамер добре фіксуються атмосферні явища, що знижують метеорологічну дальність видимості (тумани). Сучасні конструкції відеокамер забезпечують їх надійну роботу в складних погодних умовах, при низьких температурах і в темний час доби.

Однак технологія передачі інформації з відеокамер не збігається з технологією передачі даних з метеостанцій (в цьому сенсі інформаційні потоки не можуть бути

суміщені). Використання відеокамер не дозволяє прогнозувати зміну погодних умов і стану дорожнього покриття. Вони фіксують наявний стан покриття і транспортного потоку.

До складу технічних засобів систем погодного моніторингу входять дорожні знаки і табло зі змінною інформацією. Такі знаки попереджають користувачів доріг про небезпечні умови руху, регулюють швидкість руху автомобілів на основі оцінки стану дорожнього покриття в режимі реального часу. Вони дозволяють підвищити безпеку руху в період відновлення зчипних якостей покриття.

Знаки зі змінною інформацією пов'язані з датчиками автоматизованих дорожніх метеостанцій, інформація на знаку з'являється відповідно до стану дорожнього покриття. Знаки можуть попереджати про слизькому покритті, про небезпечні погодні явища, рекомендувати зниження швидкості руху на слизькому покритті. Наприклад, обмеження швидкості на автомобільних дорогах Фінляндії керується залежно від погодних умов за допомогою дорожніх знаків зі змінною інформацією. Для попередження про несприятливі умови для руху транспортних потоків використовуються інформаційні щити. Їх встановлюють на тих ділянках доріг, де погодні умови змінюються часто і раптово. Обмеження швидкості варіюється двома показниками. Якщо швидкість руху влітку обмежується значенням 120 км/год, то взимку вона встановлюється 100 км/год. Згідно погодних умов і в залежності від стану дорожнього покриття швидкість руху взимку може бути встановлена 100 або 80 км/год.

Зміна інформації на дорожніх знаках здійснюється за допомогою спеціального керуючого обладнання. Команди надходять з дорожньої метеосистеми, на основі аналізу стану дорожнього покриття рекомендоване значення швидкості посилається на управляюче обладнання. Якщо погода змінюється, то в системі використовується регульована затримка в часі, щоб швидкість не змінювалася дуже часто. Центральний блок дорожньої метеосистеми аналізує також і стан інформаційних щитів. Таким чином, дорожні знаки зі змінною інформацією та щити керуються за допомогою команд комп'ютера, він же контролює правильність показань знаків, які відображаються на екрані дисплея.

У деяких країнах є досвід використання пересувних погодних лабораторій, що оснащені GPS-приймачами для оцінки стану дорожнього покриття та передачі інформації в геоінформаційні системи для його візуального відображення. Такі лабораторії обладнані приладами для безконтактного вимірювання температури дорожнього покриття.

Наявні в даний час технічні засоби для систем погодного моніторингу дозволяють вирішувати багато завдань по організації дорожнього руху, управління роботами по зимовому утриманню автомобільних доріг. Вони є невід'ємною частиною інтелектуальних транспортних систем, розвиток яких вважається пріоритетним напрямком у всіх розвинених країнах світу.

2.2 Підсистеми погодного моніторингу в системі оперативного управління зимовим утриманням автомобільних доріг

Ефективність управління утриманням доріг залежить від рівня розвитку інформаційних технологій. Інформаційні системи широко використовуються при зимовому утриманні доріг в Японії, Франції, Німеччині, Нідерландах, Фінляндії, США і в інших країнах.

У них особливе місце займає погодний моніторинг, який є складовою частиною інженерного моніторингу, що дозволяє отримувати оперативну і повну інформацію про умови руху на дорозі. У міжнародне дорожнє термінології такий комплекс, заснований на сучасних технічних засобах та інформаційних технологіях, називається інтелектуальною транспортною системою.

Система дорожнього погодного моніторингу в Україні може розглядатися як інформаційно-технічний комплекс, який забезпечує можливості:

- отримання оперативної інформації та спеціалізованих дорожніх прогнозів від підрозділів Укргідрометцентру, метеолокаторов і з дорожніх автоматичних метеостанцій;
- обробки інформації з метою одержання даних про стан дорожнього покриття, виробничо-технологічних попереджень про можливість утворення на

ньому слизькості і рекомендацій по оптимальним стратегіям виробництва робіт при утриманні доріг,

— доведення необхідної інформації до виконавців робіт та користувачів доріг, а саме учасників руху.

Для вдосконалення процесів управління в дорожньому господарстві і створення єдиного інформаційного простору поставлено завдання розвитку системи інформаційно-телекомунікаційного забезпечення на основі розробки комплексних автоматизованих систем управління. Основними засадами їх розробки, завданням і опису основних інформаційних потоків присвячено багато. Як показав аналіз, всі діючі або проєктовані комплексні автоматизовані системи управління не містять блоків вирішення завдань оперативного управління зимовим утриманням доріг, незважаючи на те, що інформаційні потоки від Гідрометслужби (підсистема збору метеоданих) присутні практично у всіх територіальних комплексних автоматизованих системах управління. Отже, зазначені інформаційні ресурси не реалізуються при управлінні утриманням доріг або реалізуються неефективно через відсутність регламенту керуючих впливів.

Незважаючи на великі можливості і перспективи інформаційних технологій, до теперішнього часу вони реалізуються в дорожньому господарстві України не в повній мірі, що пов'язано з відсутністю спеціальних наукових досліджень, які оцінюють ефективність і шляхи розвитку інформаційних систем, їх більш широке використання для вирішення практичних завдань утримання доріг.

Аналіз публікацій з проблем інформатизації показав, що найбільш придатними для вирішення завдань управління в дорожньому господарстві є геоінформаційні системи. Це пояснюється тим, що автомобільні дороги є просторово-орієнтованими об'єктами і інформація про них повинна формуватися в просторово-орієнтованих базах даних. Просторову складову має і метеорологічна інформація, яка надається у вигляді карт. Крім того, геоінформаційні системи мають можливості відслідковувати стан об'єкта управління в часі.

Системи управління на базі геоінформаційних систем розробляються для утримання автомобільних доріг за кордоном і вважаються пріоритетними напрямками подальшого розвитку систем погодного моніторингу.

Для більш повної інтеграції систем погодного моніторингу в оперативне управління роботами по зимовому утриманню автомобільних доріг проводяться практичні експерименти і наукові дослідження в декількох напрямках. Коротко можна відзначити два напрямки, найбільш важливих для сучасного стану справ в Україні.

2.2.1 Термокартування доріг

Автоматична дорожня метеостанція за допомогою спеціального датчика, розташованого в покритті проїжджої частини, і системи датчиків на виносній щоглі проводить вимірювання дорожніх і погодних параметрів в певній точці. Ці дані можуть використовуватися для ділянки дороги певної довжини, на якому суттєво не змінюються дорожні або природні умови (рельєф, лісові масиви, великі водні об'єкти і т.д.). Щоб дані спостережень на автоматизованих дорожніх метеостанціях можна було поширити на велику територію, проводять температурне картування мережі доріг (термокартування).

Термокартування (температурна карта дороги) - детальна карта розподілу температури дорожнього покриття уздовж по трасі для заданого типу погодних умов. Вона дозволяє екстраполювати дані вимірювань дорожніх датчиків на ділянки доріг, що знаходяться між точками вимірювання (місцями установки автоматизованих дорожніх метеостанцій).

Ідея термокартування належить Великобританії. Початок робіт з термокартування відноситься до середини 1980-х років, коли була розроблена концепція реєстрації та аналізу даних про температурний режим різних ділянок дороги.

Сутність цього методу полягає в тому, що по дорозі проїжджає автомобіль, на якому встановлені безконтактні термометри, які вимірюють температуру дорожнього

покриття. Проїзди здійснюються при різних «типах погоди» (наприклад, ясна безвітряна ніч, середні умови і хмарна погода при наявності вітру). Основний поділ на типи погоди залежить від стану хмарності. Інформація записується в банк даних, який використовується в системі погодного моніторингу для коригування значень температури покриття для різних ділянок доріг. На цій основі прогнозується стан покриття на всій довжині дороги.

До недоліків термокартування фахівці відносять те, що воно не враховує динаміку зміни метеорологічних параметрів в часі і наявність протижеледних реагентів на покритті і використовує занадто грубе усереднювання типів погоди.

2.2.2 Регламент роботи дорожніх організацій на основі інформації погодного моніторингу

При оперативному управлінні зимовим утриманням доріг до основних керуючих впливів можна віднести роботи по ліквідації або профілактиці освіти зимової слизькості. Існують нормативні документи для ліквідації зимової слизькості регламентують вибір норм розподілу протижеледних матеріалів в залежності від їх виду, температури повітря і кількості опадів, що випали, профілактичні операції рекомендуються для попередження утворення снігового накату. Ці роботи не пов'язані з прогнозами погоди, не враховують динаміку зміни погодних факторів, яка може істотно вплинути на ефективність робіт з ліквідації слизькості.

Завдання вибору керуючих впливів при організації робіт по боротьбі із зимовою слизькістю вимагає уточнення, більш чіткої «прив'язки» до спеціалізованої метеорологічної інформації, яка може бути доступна дорожнім організаціям з різним рівнем оснащення інформаційними ресурсами.

Для вдосконалення управління зимовим утриманням автомобільних доріг розроблена системна програма запобігання утворенню слизькості. Елементи програми включають дві стратегії: боротьбу з ожеледицею і його запобігання. При організації робіт необхідні ресурси вибираються відповідно до існуючої практики утримання доріг, технічним оснащенням і погодною інформацією, доступною для

проведення робіт. У Фінляндії для вдосконалення управління процесами зимового утримання доріг розроблена система IceMan. Ця напівавтоматична система моніторингу допомагає приймати управлінські рішення з утримання доріг, так як вона містить банк даних всіх можливих технологій зимового утримання доріг. Для прийняття рішення про вибір технології аналізується інформація про погодні умови та стан покриття.

Питання оптимізації технологій зимового утримання доріг є пріоритетними для всіх Європейських країн, що беруть участь в Міжнародному проекті з обміну результатами наукових досліджень (COST). Удосконалення зимового утримання доріг здійснюється в рамках проекту COST-344, одним з напрямків якого є аналіз і вибір оптимальних технологій (best practice) і обмін досвідом між країнами-учасницями проекту.

2.2.3 Інформування учасників дорожнього руху

Для передачі даних в системі спеціалізованого гідрометеорологічного забезпечення дорожнього господарства повинна бути створена підсистема зв'язку, що входить до складу єдиної автоматизованої системи метеорологічного забезпечення. Передача інформації з пунктів дорожнього метеоконтролю в органи управління дорожнім господарством і в дорожні підрядні організації рекомендується здійснювати в автоматичному режимі.

Побудова підсистеми зв'язку обумовлюється напрямками потоків інформації між організаціями Укргідрометцентру і дорожніми організаціями, а також всередині дорожнього господарства. Для забезпечення передачі метеоінформації і спеціалізованих прогнозів пріоритетними є наступні види зв'язку: дротова, радіорелейний, супутникова, радіозв'язок сучасних систем транкінгового, стільникового зв'язку та радіомодеми. Вимоги до системи зв'язку визначені "Концепцією побудови єдиної системи комплексного інформаційно-телекомунікаційного забезпечення автомобільно-дорожньої галузі".

Технічне забезпечення системи спеціалізованого гідрометеорологічного забезпечення дорожнього господарства включає:

- автоматичні дорожні метеорологічні станції;
- систему зв'язку;
- дорожні відеокамери;
- спеціальні дорожні знаки зі змінною інформацією.

Дані, виміряні автоматичними дорожніми метеорологічними станціями, інформують водіїв про погодні ситуації через інформаційне табло. Різні варіації даної системи представлені на малюнках 15-16.

На табло є можливість виведення (віддалено оператором) інформації про температуру покриття і навколишнього повітря; символів дорожніх знаків 1.15 "Слизька дорога", 1.23 "Дорожні роботи", 1.27 "Боковий вітер", 1.30 "Інші небезпеки", 1.33 "Ожеледиця", 1.34 "Затор", 3.24.1 "Обмеження максимальної швидкості» (від 10 до 100 км / год) "; написів на українською та англійською мовами "Ожеледь", "Дощ", "Вітер", "Слизько", "Увага", "Роботи", "Аварія", "Затор", "Туман". ДІС дозволяє водієві точніше оцінювати умови дорожнього руху і приймати відповідні запобіжні заходи.

Однак в разі поганих погодних умов в комплексі супутніх чинників водієві складно зорієнтуватися і прийняти оптимальне рішення, яке буде в тому числі безпечно для інших учасників дорожнього руху. На табло складно вивести всю необхідну інформацію, яка у великій кількості буде важка для засвоєння на високій швидкості. Тим більше необхідна повна автоматизація процесу, адже оператор іноді не може швидко реагувати на різке зміни різних чинників.

Таким чином, інформаційне табло дозволяє інформувати водія про дорожні обставини.

2.2.4 Інтелектуальна транспортна система

Інтелектуальна транспортна система – це телематична транспортна система, що забезпечує реалізацію функцій високої складності з обробки інформації та виробленні оптимальних (раціональних) рішень і дій, що управляють.

Інтелектуальна система використовує інноваційні розробки в моделюванні транспортних систем і регулювання транспортних потоків, надає кінцевим споживачам більшу інформативність і безпеку, а також якісно підвищує рівень взаємодії учасників руху в порівнянні зі звичайними транспортними системами.

Інтелектуальні транспортні системи дозволяють відстежувати і аналізувати стан і місце розташування стаціонарних та рухомих об'єктів (автомобілів, річкових суден, контейнерів, фізичних осіб та ін.) В часі і в просторі, а також здійснювати віддалене управління ними.

Інтелектуальні транспортні системи реалізують функції моніторингу, забезпечення безпеки, диспетчерського управління і контролю стану рухомих об'єктів. Вони дозволяють відстежувати і аналізувати в онлайн-режимі контрольовані стану і маршрути руху рухомих об'єктів на електронних картах-схемах, формувати звіти про їх входах/виходах в задані зони довільної конфігурації, про проходження контрольних точок маршрутів, звіти про стоянках і швидкісних режимах, про значення датчиків контролю станів об'єктів і інші звіти. Інтелектуальні транспортні системи дозволяють передавати сигнали на контрольовані об'єкти.

Для створення єдиної автоматизованої системи дорожнього моніторингу щодо забезпечення безпеки дорожнього руху під час несприятливих погодних умов необхідна комплексна робота вищеписаних елементів дорожнього господарства:

- автоматичних дорожніх метеостанцій в достатній кількості і з повним набором необхідних датчиків;
- інформаційні табло з мінімальним набором інформації, але достатнім для забезпечення безпеки дорожнього руху;
- програмним продуктом, що дозволяє забезпечувати зв'язок між складовими елементами і контролюючим органом.

Таким чином, інтелектуальна транспортна система являє собою результат об'єднання сучасних технологій моделювання, управління в реальному часі, а також комунікаційних технологій і дозволяє вирішувати завдання різного ступеня складності.

Висновки за розділом

В цьому розділі було досліджено розвиток систем моніторингу та утримання автомобільних доріг в інших країнах. Одним із найважливіших аспектів дорожнього утримання автомобільних доріг є оперативне інформування учасників дорожнього руху та своєчасне проведення робіт з ліквідації та профілактики небажаних утворень на автомобільних дорогах. Досвід закордонних організацій вказує на те, що використання автоматизованих систем моніторингу стану автомобільних доріг є дуже важливим кроком у вдосконаленні робіт з зимового утримання автомобільних доріг. Розглянуті методи управління можна використати при розробці власної автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг.

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

3.1 Загальна схема системи моніторингу

Обґрунтування і доцільність використання автоматизованих дорожніх метеостанцій на автомобільних дорогах є підсистемою оперативного управління, яка повинна реалізовувати наступні функції:

1. Формування і передачу авторизованими користувачами через СМС або по електронній пошті наступних повідомлень:

- неформалізовані повідомлення;
- рекомендації для підрядників;
- розпорядження;
- штормове оповіщення;
- уточнення штормового оповіщення;
- скасування штормового оповіщення;
- донесення про дорожньо-транспортні пригоди, провезенні великогабаритних, великовагових і небезпечних вантажів,
- метеорологічні явища, паводкової обстановки, перервах в русі, виконаних роботах;
- повідомлення;
- повідомлення про зауваження в утриманні доріг;

2. Контроль прочитання одержувачами повідомлень, ведення загального журналу повідомлень.

Підсистема прогнозування метеобстановки повинна реалізовувати наступні функції:

- прогнозування метеоумов (температура повітря, опади, хмарність, напрямок і швидкість вітру, атмосферний тиск) на період до 48 годин (при укладанні відповідного договору з прогностичної організацією);
- оцінка точності метеорологічних прогнозів.

Велика кількість оброблюваної інформації, необхідна для ефективної організації утримання доріг, високі вимоги до оперативності, тощо. обумовлюють створення і

використання автоматизованої системи управління дорожнім господарством, що використовує сучасні інформаційні технології.

З метою підвищення оперативності управління та ефективності використання автоматизованих дорожніх метеостанцій доцільно створити єдину автоматизовану систему управління станом автомобільних доріг. В ході управління зимовим утриманням автодоріг однією з основних функцій автоматизованої системи управління утримання автомобільних доріг є автоматизація процесів вибору ефективного способу організації і технології боротьби із зимовою слизькістю відповідно до поточних і прогнозованими погодними умовами (температура дорожнього покриття, тип опадів, товщина льоду на дорозі, тощо)

До складу автоматизованої системи управління станом автомобільних доріг повинна входити автоматизована дорожня метеорологічна станція, яка реалізує функції збору, обробки, передачі, аналізу та надання дорожнім службам і користувачам доріг інформації про поточні та прогнозовані метеорологічних умовах на автомобільних дорогах, а також функції з формування і доведення до виконавців прийнятих рішень щодо виконання дорожніх робіт.

До складу автоматизованої дорожньої метеорологічної станції повинні входити пункти дорожнього контролю метеорологічної системи, що дозволяє отримати кількісні оцінки показників утримання і техніко-експлуатаційного стану автомобільних доріг.

Створення автоматизованої дорожньої метеорологічної станції, а також впровадження сучасних протиожеледних матеріалів, дорожньої техніки, обладнання тощо дозволять підвищити контроль якості і термінів проведення робіт із зимового утримання автодоріг, мінімізувати витрату протиожеледних матеріалів, отримувати об'єктивну інформацію про стан дорожнього покриття при розборі дорожньо-транспортних пригод, безперервно контролювати стан дорожнього одягу, включаючи періоди відтавання.

Організаційно-технічна схема управління зимовим утриманням автомобільних доріг з використанням автоматизованої дорожньої метеорологічної станції представлена на рисунку 3.1.

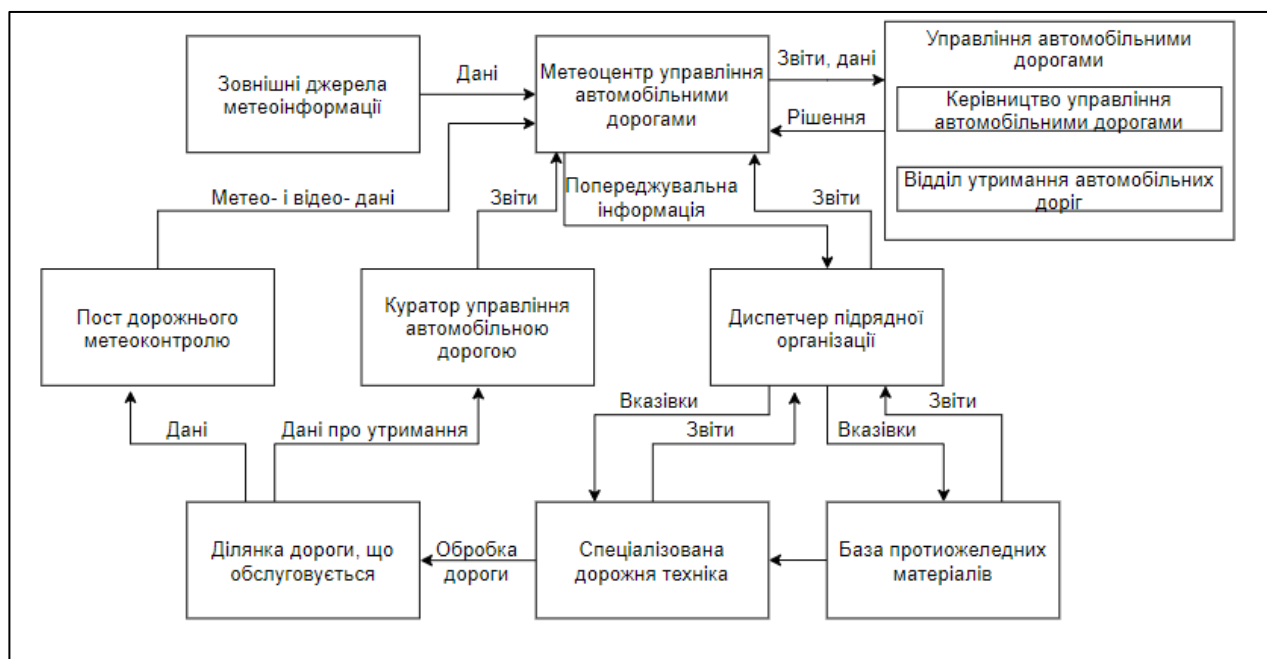


Рисунок 3.1 – Організаційно-технічна схема управління зимовим утриманням автомобільних доріг з використанням автоматизованої дорожньої метеорологічної станції

Автоматизована система управління станом автомобільних доріг виконує керуючі, інформаційні та допоміжні функції. До керуючої функції відноситься управління утриманням ділянки автомагістралі. До інформаційних функцій відносяться:

- забезпечення диспетчерського центру відеоінформацією з детекторів транспорту, встановлених на дорозі;
- виконання попереджень в диспетчерському центрі про можливість виникнення заторів, а також індикація виникнення заторів за допомогою відеокамер.

До допоміжних функцій відносяться:

- збір, обробка даних з датчиків (про метеообстановки, дорожній рух та експлуатаційному стані обладнання);
- зберігання статистичних даних (про метеообстановки, дорожній рух та використаних сценаріях керування транспортними потоками);

- автоматизація підготовки вихідних даних;
- кодування даних;
- аналіз, попередня обробка і збереження даних.

На рівні диспетчерського центру основним споживачем метеоінформації є оперативний черговий-диспетчер служби утримання. Диспетчер служби утримання в повному обсязі здійснює ведення бази оперативних даних і є координатором взаємодії диспетчерів підрядних організацій, що здійснюють утримання автодоріг.

У літній період також ефективно можуть використовуватися автоматизовані дорожні метеостанції при плануванні та організації наступних видів робіт:

- нанесення розмітки (нанесення фарби повинно здійснюватися на сухе, очищене від будь-яких забруднень дорожнє покриття при температурі покриття не нижче $+5^{\circ}\text{C}$, відносній вологості що не становить більше 80% та температурі повітря що тримається на рівні не нижче $+10^{\circ}\text{C}$);
- виконання ямкового ремонту (ремонтні роботи на покритті плануються і виконуються найчастіше навесні з приходом перманентної теплоти (не нижче $+5^{\circ}\text{C}$) і сухості);
- проведення дорожньо-ремонтних робіт і будівельних робіт (укладання асфальту не повинна проводитися при температурі повітря не нижче $+10^{\circ}\text{C}$ восени і $+5^{\circ}\text{C}$ навесні).

3.2 Інтерфейс 1–WIRE

Для обміну даними між елементами автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг використовується інтерфейс 1–WIRE.

Інтерфейс 1–WIRE являє собою низько-швидкісний одно-провідний інтерфейс. Область застосування даного інтерфейсу включає в себе мережі централізованого керування з шинною топологією. У мережі, що використовує інтерфейс 1–WIRE, для обміну даними необхідна лінія даних та провід зворотного зв'язку.

Даний інтерфейс має можливість обміну даними за двонаправленим принципом з різноманітними пристроями периферії, такі як датчики, акумулятори.

Під час обміну даними, інтерфейс 1–WIRE використовує принцип Master–Slave, що означає ведучий–ведений. Як видно з назви, є два варіанти пристроїв з даним інтерфейсом. Роль ведучого пристрою (Master) зазвичай належить контролеру. Ведені пристрої (Slave) представляють собою, зазвичай, пристрої периферії. При використанні інтерфейсу 1–WIRE, до однієї шини є можливість підключення 248 ведених пристроїв. Причиною цьому є те, що кожен пристрій наділений 48-бітним серійним номером, що є унікальним. При поєднанні даного номеру, байта контрольної суми та байта, що визначає тип використовуваного пристрою, на виході отримуємо унікальний код, що складається з 64-х бітів. Наявність хоча б одного ведучого пристрою на шині, що використовує інтерфейс 1–WIRE є обов'язковою.

При функціюванні мережі, конфігурація реалізованої системи може змінювати свої параметри. В такому разі необхідно притримуватися загальних принципів організації одно-провідної шини. Для цього, при пошуку ведених пристроїв, використовують спеціалізовану команду, що дає можливість оперативно ідентифікувати нових учасників обміну даними. За секунду ця команда може обробити близько 75 вузлів.

Характерною особливістю 1–WIRE інтерфейсу є обмін даними в напівдуплексному асинхронному режимі. Будь яка інформація, що знаходиться в мережі, представляється абонентами як дані, або як команди. До основних функцій, що виконуються ведучим мікроконтролером належать генерація команд мережі, визначення активності окремих компонентів на шині, забезпечення різноманітних варіантів пошуку та адресації пристроїв що є веденими, а також керування обміном даними в мережі.

Швидкість роботи мережі 1–WIRE обмежується значенням 16,4 Кбіт/с. Обґрунтування даного значення описується урахуванням надання максимальної надійності передачі інформації на великі відстані, а також із взяттям до уваги швидкості роботи мікроконтролерів, які мають використовуватися при створенні ведучих пристроїв. Ця швидкість має можливість як збільшення так і зменшення. Збільшення даного показника до 125 Кбіт/с можливе за рахунок переведення системи в спеціальний режим роботи, що є прискореним і допустимим для окремих типів 1–

WIRE–компонентів на якісній та невеликій за довжиною лінії, на якій відсутнє перенавантаження іншими пристроями лінії зв'язку. Зменшення швидкості обміну досягається введенням змушеної затримки між надсиланням до лінії окремих бітів інформації.

Для надання пристроям живлення є можливість використання незалежного джерела та сигнального проводу.

3.2.1 Циклічний надлишковий код

Контрольна сума у датчиках представляє собою байт, значення якого знаходиться за спеціальним алгоритмом. Для його обчислення використовуються значення попередніх семи байтів коду давача. Даний байт надсилається в останню чергу. У разі якщо кожен з байтів надіслано-прийнято без спотворень, що можливі, то отриманий байт контрольної суми має співпадати зі значенням байту, що було обчислено в мікроконтролері або в пристрої.

Під час створення програмного алгоритму передачі даних необхідно при надсиланні та отриманні байтів обчислювати контрольну суму, після цього надіслати отримане значення при передачі інформації, або провести порівняльний аналіз зі значенням контрольної суми, що була прийнята. Дані вважаються достовірними, якщо обидва значення контрольної суми співпадають. За інших умов продовження сесії обміну не є можливим. Для кожного пристрою, що знаходиться в мережі 1–WIRE алгоритм підрахунку контрольної суми повинен бути ідентичним.

3.2.2 Команди мікроконтролера

Як було зазначено вище, кожний пристрій мережі 1–WIRE наділений унікальним ідентифікаційним 64-бітовим номером. Даний номер присвоюється на етапі виробництва мікросхеми. Фірма-виробник гарантує, що не існує двох примірників пристрою з ідентифікаційним номером, що співпадає. За наявних темпів виробництва, така тенденція має змогу протриматися декілька десятиліть.

Головний принцип обміну у мережі 1–WIRE полягає в тому, що на шині наявно більше одного пристрою. У мікроконтролера з'являється дві проблеми: підрахунок пристроїв що присутні та адресація одного з них для передачі інформації.

Для отримання доступу до датчика необхідно виконати наступні операції:

- а) ініціалізація датчика;
- б) надсилання команди для роботи з адресами пристроїв;
- в) надсилання функціональної команди.

Всі команди поділяються на два типи:

- а) команди для роботи з адресами пристроїв. Вони зацмаються пошуком адреси, його вибором та зчитуванням;
- б) команди для виконання конкретних дій кінцевим пристроєм, тобто функціональні команди.

До першого типу команд належать такі команди як:

- SEARCH ROM – команда пошуку адрес. Ця команда визначає інформацію про те, скільки пристроїв наявно та їх адреси;
- READ ROM – команда зчитування адреси пристрою. Команда обчислює адресу основного пристрою на шині;
- MATCH ROM – команда вибору адреси. Ця команда застосовується під час звернення до одного з пристроїв;
- SKIP ROM – команда ігнорування адреси. Використовується для контакту до всіх, або до одного пристрою

3.2.3 Фізична реалізація

Реалізація інтерфейсу 1–WIRE на апаратному рівня є достатньо простою.

Структурну схему, яка описує реалізацію інтерфейсу на апаратному рівні, наведено на додатку А.

Пристрій оснащено одним виходом DQ, що представляє собою вхід логічного елемента у складі пристрою.

Під час проектування мережі, 1–WIRE шину необхідно підвести до напруги живлення пристроїв додатковим резистором R1. Опір резистора має складати 4,7 кОм. Таке значення опору рекомендоване для відносно коротких ліній. Для підключення віддалених пристроїв виникає необхідність зменшення опору даного резистора. Мінімальне значення, що може становити опір резистора мережі – 300 Ом, а максимальне – 20-30 кОм. Дані величини також залежать від характеристик обраних пристроїв мережі 1–WIRE що використовуються.

На схемі, що вказана в додатку, мікроконтролер має змогу підключитися до 1–WIRE шини двома шляхами. При першому варіанті необхідно використовувати два окремі виходи мікроконтролера. Перший вихід буде використовуватися як вхід для сигналу, а інший як вихід сигналу. У другому варіанті використовується лише один вхід, що може реалізовуватися або як вхід або як вихід. Дані способи на схемі розділені пунктирною лінією. Дана лінія позначає корпус мікроконтролера.

3.2.4 Обмін даними у мережі 1–WIRE

В даній мережі присутні декілька правил передачі інформації:

- а) обмін даними розпочинається лише після ініціалтиви мікроконтролера, що виступає в ролі ведучого пристрою;
- б) на початку обміну даними мікроконтролер надсилає в мережу 1–WIRE скидаючий імпульс (RESET);
- в) після того, як пристрій, що під'єднано до шини, отримує живлення, він надсилає у лінію DQ імпульс присутності (PRESENCE). Такий самий імпульс надсилається пристроєм в разі отримання сигналу RESET;
- г) наявність імпульсу PRESENCE говорить про те, що на шині присутній хоча б один пристрій;
- д) ведеться обмін методом часових слотів. Один часовий слот функціонує для передачі одного біту інформації ;

е) передача даних відбувається байтами, починаючи з молодшого біта. Правильність даних обміну перевіряється підрахунком циклічної контрольної суми.

У разі не знаходження сигналу PRESENCE при ініціалізації, дізнаємося, що готових до обміну пристроїв немає.

3.3 Опис структурної схеми автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг

У додатку Б наведено розроблену структурну схему системи. У схемі наявно декілька автоматичних дорожніх метеорологічних станцій, котрі досліджують стан метеорологічних показників на обмеженій ділянці дороги. У кожній з автоматичних дорожніх метеорологічних станцій присутній модуль датчиків, що вимірюють метеорологічні показники і перетворюють їх у сигнали, що подаються на блок управління метеорологічною станцією. Блоки управління побудовано на основі мікроконтролерів. Мікроконтролери, що присутні у блоках управління отримують параметри, що були виміряні датчиками, обробляють отримані параметри, зберігають, виводять інформацію на екрани інформування користувачів доріг та надсилають через радіоканал до центру збору та обробки інформації. Центр збору та обробки інформації здійснює управління роботою окремих автоматичних дорожніх метеорологічних станцій та всієї системою в цілому.

З центру збору та обробки інформації отримані дані поступають до центру управління, котрий, в свою чергу відправляє їх до служби дорожнього утримання.

Служба дорожнього утримання, в разі необхідності, здійснює вплив на об'єкт управління.

3.4 Аналіз технічних засобів

Аналіз історії розвитку технічних засобів, що використовуються для збору інформації в системі погодного дорожнього моніторингу призводить до висновку, що вони можуть бути умовно розділені на чотири групи:

- ті, що здатні фіксувати метеорологічні і дорожні параметри;
- ті, що попереджають сигналом про небезпечний стан покриття;
- ті, що попереджають і прогнозують небезпечний стан покриття;
- ті, що прогнозують і протидіють небезпечному стан покриття.

Основний дорожній фактор, який визначає умови утворення зимової слизькості, — температура дорожнього покриття. Для її прогнозу, метеорологічної інформації, що надходить з державної спостережної метеорологічної мережі, недостатньо. З цієї причини в кінці 70-х років минулого століття почалися розробки різних дорожніх датчиків і сигналізаторів ожеледиці, що складають перші дві групи технічних пристроїв. На початковому етапі розвитку дорожніх метеосистем вони періодично послідовно опитувалися диспетчером вручну. Їхні свідчення згодом були виведені в приміщення дорожніх організацій для оповіщення про небезпечний стан покриття. Автоматичні системи оповіщення розроблялися практично у всіх країнах, де в зимовий період можливе утворення слизькості на дорогах.

Датчики поділялися на пасивні і активні. Пасивні датчики фіксували утворення льоду на покритті, а за допомогою активних (ті, що підігріваються або ті, що охолоджуються) датчиків з'явилася можливість завчасно попереджати про можливість утворення слизькості на дорожньому покритті. Спочатку вони використовувалися як дослідні зразки, а інформації про утворення слизькості або можливості її появи на дорозі передавалася у вигляді певного сигналу в дорожньо-експлуатаційну організацію. Такі автоматичні системи оповіщення розроблялися практично у всіх країнах.

Досвід експлуатації дорожніх датчиків показав, що для підвищення надійності, детальності і оперативності спеціалізованих дорожніх прогнозів при їх розробці необхідно використовувати дані про значення метеорологічних параметрів поблизу ділянки дороги, які можна було б отримувати з будь-якою періодичністю. Це дозволяли зробити тільки автоматичні дорожні метеорологічні станції, що представляють систему датчиків, що вимірюють метеорологічні і дорожні параметри.

Пристрої четвертої групи організовані таким чином, що профілактичні заходи (розподіл протиожеледних матеріалів) виконуються автоматично відразу після

надходження в систему достовірного попередження про слизький стан покриття. Така технологія не передбачає участь в зимовому утриманні обслуговуючого персоналу і техніки, але вона має дуже високу вартість і застосовується на локальних ділянках доріг (на мостах, в тунелях).

У світі налічується досить велика кількість фірм, які виробляють різні датчики, автоматизовані дорожні метеостанції, інформаційно-вимірювальні системи для дорожнього погодного моніторингу, інформацію про них можна знайти в мережі Інтернет. Інформація про найбільш відомих виробників технічних засобів погодного моніторингу, відображених на сайті Комісії SIRWEC, приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Інформація про фірми-виробники технічних засобів дорожнього погодного моніторингу

Назва фірми	Країна	Інтернет-сайт
Vaisala	Фінляндія	http://www.vaisala.com/businessareas/instruments
AerotechTelub ITS Technology	Швеція	http://www.rwis.net/pages/menyer/menuref.html
Boschung	Швейцарія	http://www.boschung.com

Продовження таблиці 3.1

Назва фірми	Країна	Інтернет-сайт
Coastal Environmental Systems	США	http://www.coastalenvironmental.com
Entice Technology	США	http://www.enticetechnology.com
Findlay Irvine	США	http://www.findlayirvine.com/images/global/logo.gif
LAB-EL	Польща	http://www.label.com.pl/index.en.html
Lufft	Німеччина	http://www.lufft.de/e_index.htm

Optical Scientific	США	http://www.opticalscientific.com
ScanMatic	Норвегія	http://www.scanmatic.no/en/view_frontpage.asp
Surface Systems	США	http://www.ssiweather.com
SDS Alexander Sensor-Daten-Systeme	Німеччина	http://www.alexander-sds.de

Автоматичні дорожні метеостанції можуть бути обладнані різним набором датчиків. Їх повний перелік, основні технічні дані і аналіз необхідності використання в системах погодного моніторингу наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Датчики автоматичних дорожніх метеостанцій

Назва датчика	Діапазон вимірювання	Характеристика вимірюваного параметра	Рекомендації по використанню датчика
Датчик швидкості вітру	0-75 м/с	При обробці результатів вимірювань фіксується максимальне и середнє (за 10 хв) значення швидкості вітру. При швидкості вітру більше 5 м/с можливі перенос снігу и снігові заноси на окремих ділянках дороги	Необхідно встановлювати на автоматизовану дорожню метеостанцію
Датчик напрямку вітру	0-360°	Дані не є інформативними для ділянок дороги великої протяжності, так як місцеві умови справляють істотний вплив на напрямок вітру, проте інформація може бути використана для оцінки ступеня заносимості ділянки дороги снігом при заметілях	Датчик суміщений з датчиком швидкості вітру і повинен бути встановлений на автоматизовану дорожню метеостанцію
Датчик атмосферного тиску повітря	940-1000 ГПа	Аналіз зміни атмосферного тиску дозволяє передбачити глобальні зміни погодних умов, ймовірність випадання опадів	Дані про опади можуть надходити від метеолокаторів і у вигляді прогнозів. Датчик може не встановлюватися на автоматизовану дорожню метеостанцію

Продовження таблиці 3.2

Назва датчика	Діапазон вимірювання	Характеристика вимірюваного параметра	Рекомендації по використанню датчика
Датчик температури повітря	Від -58 до 60° С	Важливий елемент для прогнозування дорожніх умов та вибору технологій утримання доріг в зимовий період (норми витрат ПОМ)	Необхідно встановлювати на автоматизовану дорожню метеостанцію
Датчик відносної вологості повітря	0-100%	Аналіз зміни відносної вологості дозволяє передбачити зміну погодних умов і має використовуватися в прогнозуючих моделях, необхідних для обчислення температури точки роси	Необхідно встановлювати на автоматизовану дорожню метеостанцію
Датчик опадів	-	В різних конструкціях датчиків можуть вимірюватися сумарна кількість і інтенсивність опадів	Датчик необхідний для деталізації показників метеолокаторів і має бути встановлений на автоматизовану дорожню метеостанцію
Датчик видимості	0-2000 м	Важливе встановлення таких датчиків у місцях найбільш частого утворення туману . Такі явища не відзначаються метеолокаторами. Дає достовірні дані і в темний період доби і в світлий період доби	Для небезпечних зон техніко-економічним розрахунком необхідно обґрунтувати встановлення або датчика видимості, або відеокамери

Продовження таблиці 3.2

Назва датчика	Діапазон вимірювання	Характеристика вимірюваного параметра	Рекомендації по використанню датчика
Датчик визначення стану дорожнього покриття (дорожній датчик)	Від -58 до 60°C	Найбільш цінний по інформативності датчик. Дозволяє отримувати інформацію: температури покриття; температури в дорожньої конструкції на глибині 7 см; електричної провідності; електричної поляризації. За допомогою програми обробки зазначених сигналів визначається стан поверхні дороги, наявність на ньому льоду, наявність протиожеледних матеріалів	Необхідно встановлювати на автоматизовану дорожню метеостанцію

Всі датчики, програмне забезпечення та інтерфейс мають представляти собою надійно працюючу єдину систему.

3.5 Структурна схема автоматичної метеорологічної станції

В даній роботі було розроблено структурну схему автоматичної дорожньої метеорологічної станції (Додаток Б). В її склад входять: модуль датчиків, центр збору та обробки інформації, екран інформування користувачів доріг та шину.

Модуль датчиків здійснює вимірювання таких параметрів метеорологічного забезпечення: тиску, швидкості і напрямку вітру, температури повітря, відносної

вологості, видимості, опадів, а також збирає інформацію про стан дорожнього покриття.

Сигнал кожного з датчиків проходить через аналогово-цифровий перетворювач, для подальшої його обробки.

Керування роботою автоматичною дорожньою метеорологічною станцією здійснюється за допомогою мікроконтролера. Мікроконтролер за заданим йому алгоритмом опитує стан датчиків, зберігає контрольовані параметри у зберігаючому пристрої, виводить інформацію та керує радіомодемом через інтерфейс RS232. Радіомодем пов'язує окремі автоматичні дорожні метеорологічні станції через радіоканал з центром збору та обробки інформації. Модуль універсального асинхронного приймача/передавача бере на себе виконання функції інтерфейса RS232.

У системі використовується пристрій перетворення рівнів для того, аби узгодити цифрові рівні сигналів інтерфейсу з рівнями модему.

Кварцевий резонатор необхідний для того, аби визначити значення системної тактової частоти.

Схема скидання створює сигнал «RESET» (скидання) при наданні живлення та від кнопки, що знаходиться у оператора.

3.6 Вибір елементної бази

Для схемотехнічного проектування принципової схеми пристрою розглянемо основні елементи схеми і визначимо вимоги, що висуваються до їх вибору.

3.6.1 Датчик тиску

Щоб обрати датчик тиску, важливо розуміти, що ми розглядаємо 3 типу тиску, які відповідають різним конструкціям датчиків.

Більшість датчиків тиску вимірюють деформацію мембрани під впливом тиску, який на неї впливає, і значення якої необхідно визначити. Так як мембрана має дві

грані, отже, інший тиск виявляється на другу грань, і яка вимірюється деформація фактично є результатом різниці тисків між двома гранями мембрани.

Залежно від цього, розрізняють три типи датчиків: датчик абсолютного тиску, датчик відносного тиску, датчик диференційного тиску.

Абсолютний тиск: в датчику абсолютного тиску друга грань мембрани піддається вакууму, її деформація точно відповідає вимірюваному тиску.

Відносний тиск: в датчику відносного тиску друга грань мембрани піддається атмосферному тиску, її деформація точно відповідає різниці між вимірюваним тиском і тиском навколишнього середовища.

Диференціальний тиск: датчик диференціального тиску має 2 входи, по одному для кожної грані мембрани, її деформація відповідає різниці тиску між двома входами.

Датчик відносного тиску (рисунок 3.2) підійде, коли необхідно усунути вплив атмосферного тиску на вимірювання. Наприклад, коли він використовується для вимірювання гідростатичного тиску рідини в резервуарі, поверхня рідини одночасно піддається атмосферному тиску, датчик відносного тиску дозволяє вимірювати тільки гідростатичний тиск, уникаючи коливань атмосферного тиску.



Рисунок 3.2 – Датчик відносного тиску

Розглянемо різницю між датчиком абсолютного тиску і датчиком відносного тиску (рисунок 3.3). Датчик абсолютного тиску вимірює тиск, по відношенню до

тиску вакууму. Датчик відносного тиску вимірює тиск по відношенню до атмосферного тиску навколишнього середовища і, таким чином, різницю між тиском процесу і атмосферним тиском.



Рисунок 3.3 – Датчик абсолютного тиску

Вибір датчика залежить, перш за все, від початкової задачі: чи хочу я знати тиск по відношенню до атмосферного тиску чи ні?

Датчик абсолютного тиску є єдиним датчиком, що здатний вимірювати атмосферний тиск, тому ми зможемо використовувати його для вимірювання барометричного тиску. Однією з цілей застосування датчиків є вимір висотності, засноване на різниці в атмосферному тиску при зміні висот.

Атмосферний тиск може варіюватися від приблизно 30 мбар через зміни погоди і близько 200 мбар при зміні висотності датчика (різниця між рівнем моря і висотою в 2000 м). Для одного і того ж значення вимірюваного тиску датчик відносного тиску може мати помилку вимірювання через коливання атмосферного тиску. Ця похибка може бути незначною при вимірюванні високого тиску і значною при вимірі низького тиску. Перевагою буде зупинити вибір на датчику абсолютного тиску

Розглянемо датчик диференціального тиску (рисунок 3.4). Цей тип датчиків має два входи тиску, він використовується, коли вам необхідно дізнатися різницю тисків між двома точками.



Рисунок 3.4 – Датчик диференціального тиску

Його можна використовувати, наприклад, для вимірювання витрати, використовуючи пристрої для зниження тиску.

Існує три технології, що використовуються в датчиках тиску: п'єзрезистивна, п'єзоелектрична, ємнісна.

У п'єзрезистивному датчику (рисунок 3.5), тиск здійснює вплив на вразливий елемент, що і змінює його опір. П'єзрезистивні датчики тиску мають високу чутливість, вони надійні і мають гарний тепловий опір, але їх вихідний сигнал є слабким.



Рисунок 3.5 – П'єзрезистивний датчик тиску

У п'єзоелектричному датчику (рисунок 3.6), тиск впливає на елемент п'єзоелектричного матеріалу, тим самим створюючи напругу на елементі. Ці датчики можуть мати дуже великий діапазон вимірювань, а також дуже гарний тепловий опір. З іншого боку, їх вихідний сигнал слабкий, вони не такі точні, як п'єзорезистивні датчики.



Рисунок 3.6 – П'єзорезистивний датчик тиску

У ємнісному датчику (рисунок 3.7), мембрана є однією з пластин конденсатора. Під дією тиску мембрана деформується, тим самим змінюючи ємність конденсатора. Ці датчики забезпечують високу точність і мають підвищену чутливість, вони можуть вимірювати низький тиск, виражене в mbar. З іншого боку, ці датчики не переносять вібрації, тому що вони можуть зробити їх вимірювання нестійкими.



Рисунок 3.7 – Ємнісний датчик тиску

3.6.2 Датчик швидкості вітру

Технічним завданням вимагається проводити вимірювання швидкості вітру. Тому слід почати розробку відповідного вимірювального каналу метеостанції з аналізу готових рішень і конструкцій.

Для вимірювання швидкості руху повітряного потоку в даний час застосовують, як правило, наступні три основних типи датчика: термоанемометри, ультразвукові датчики і різні типи механічних анемометрів.

Термоанемометр (рисунок 3.8) – прилад для вимірювання швидкості потоку рідини або газу від 0,1 м/с і вище, принцип дії якого заснований на залежності між швидкістю потоку і тепловіддачею зволікання, вміщеній в потік і нагрітої електричні струмом.



Рисунок 3.8 – термоанемометр

Основна частина термоанемометру – міст вимірювальний (рисунок 3.9), в одне плече якого включений чутливий елемент у вигляді нитки з нікелю, вольфраму або платини довжиною 3-12 мм і діаметром 0,005-0,15 мм, укріпленої на тонких електропровідних стрижнях. Кількість теплоти, переданої нагрітої дротиком потоку рідини (газу), залежить від фізичних характеристик середовища, що рухається, геометрії і орієнтації зволікання. Зі збільшенням температури проволочки чутливість термоанемометра збільшується. Завдяки малій інерційності, високій чутливості, точності і компактності термоанемометри широко застосовуються при вивченні несталих рухів і течій в прикордонному шарі поблизу стінки, для визначення

напрямку швидкості потоку (дво- і трьохніточние Т.) і гл. обр. турбулентності пов. потоків. Термоанемометри використовуються для зондування потоків як при звичайних тисках, так і при великих розрідженнях.

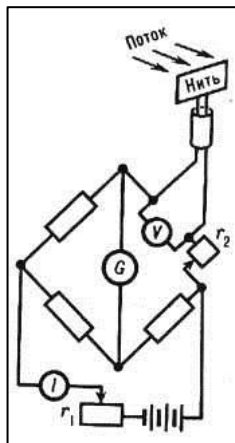


Рисунок 3.9 – Вимірювальний міст термоанемометру

У таблиці 3.3 наведені основні технічні характеристики декількох типових термоанемометрів.

Таблиця 3.3 – Основні технічні характеристики термоанемометрів

Характеристики	Найменування термоанемометрів		
	Testo 425	ТТМ-2	Testo 405
Робочий діапазон температур, °C	Від -20 до +70	Від -20 до +70	Від -20 до +50
Діапазон вимірюваної швидкості вітру, м/с	Від 0,1 до 20	Від 0,1 до 25	Від 0,1 до 15
Межі допустимої похибки для каналу вимірювання швидкості вітру, м/с	$\pm(0,03 + 0,05 V)$	$\pm(0,05 + 0,05 V)$	$\pm(0,05 + 0,05 V)$
Ціна, \$	624	250	156

Термоанемометри, представлені у таблиці 3.3, відрізняються малою межею допустимої абсолютної похибки вимірювання.

Однак діапазон вимірюваної швидкості вітру і робочий діапазон температур не задовольняє вимогам ТЗ. Всі представлені в таблиці 3.3 термоанемометри входять до реєстру засобів вимірювальної техніки, що, безсумнівно, позначилося на їх ціні.

Продовжимо аналіз номенклатури існуючих датчиків швидкості вітру.

Технічне завдання на створення метеостанції не має на увазі створення прецизійного датчика швидкості вітру. межі відносної похибки результатів швидкості вітру не повинні перевищувати $\pm (0,5+0,05V)$, де V — результат вимірювання швидкості вітру.

У зв'язку з цим використовувати в складі розроблюваної метеостанції термоанемометр не представляється доцільним. З цієї причини варто розглянути найбільш поширений тип датчиків швидкості вітру - з механічним первинним перетворювачем. На сьогоднішній день існує два основних типи анемометрів з механічним перетворювачем швидкості вітру: крильчасті і чашкові.

Чашковий анемометр (рисунок 3.10) був винайдений Джоном Робінсоном в 1846 році. Це був найперший, простий за своїм устроєм прилад для вимірювання швидкості вітру. Назву свою, цей анемометр отримав завдяки формі лопатей у вигляді півсфер, схожих на чашки.



Рисунок 3.10 – Чашковий анемометр

Чашкові анемометри можуть вимірювати швидкість вітру лише в одній площині, перпендикулярній осі обертання. Потік повітря обертає чашки, і по швидкості їх обертання обчислюється швидкість вітру.

Крильчатий анемометр (рисунок 3.11), також званий «лопатевої анемометр», а якщо перекладати дослівно його назва (windmill anemometer) на українську мову - «млиновий анемометр», з'явився, як результат еволюції і розвитку чашкового анемометра.

Головна відмінність крильчатого анемометра від чашкового полягає в тому, що деталь уловлює швидкість вітру виконана в формі вентилятора, а не у вигляді чашок. Потік повітря, потрапляючи на вентилятор, обертає лопаті і по швидкості їх обертання вимірюється швидкість вітру.

Крильчатий анемометр зовні може нагадувати флюгер. Він також, як і флюгер, змінює свій напрямок в залежності від напрямку вітру, шикуючись уздовж нього. Лопаті, закріплені на кінці анемометра, обертаються зі швидкістю вітру. Відповідно, крім швидкості повітряного потоку, крильчасті анемометр може визначати напрямок вітру, і в цьому полягає його перевага перед чашковим анемометром.



Рисунок 3.11 – Крильчатий анемометр

У таблиці 3.4 наведені основні характеристики портативних (ручних) анемометрів схожих конструкцій, але з різними типами первинного перетворювача.

Таблиця 3.4 – Основні технічні характеристики крильчатих та чашкових анемометрів

	Найменування портативних анемометрів			
Характеристики	АСО-3 крильчатий	МС-13 чашковий	АП-1М-1 крильчатий	АП-1М-2 чашковий
Робочий діапазон температур, °С	Від -45 до +65	Від -45 до +65	Від -45 до +65	Від -45 до +65
Діапазон вимірюваної швидкості вітру, м/с	Від 0,3 до 5	Від 1 до 20	Від 0,3 до 7	Від 1 до 20
Межі допустимої похибки для каналу вимірювання швидкості вітру, м/с	$\pm(0,1 + 0,05 V)$	$\pm(0,3 + 0,05 V)$	$\pm(0,1 + 0,05 V)$	$\pm(0,3 + 0,05 V)$
Ціна, \$	86	78	70	109

Як видно з даних, представлених в таблиці 3.4, крильчасті анемометри є більш точними, ніж чашкові. Однак їх діапазон вимірюваної швидкості вітру значно обмежений (не більше 7м / с).

Це пов'язано з тим, що крильчасті портативні анемометри застосовуються, в основному, в районах гірських виробок, шахтах, в будівлях, де необхідно контролювати невеликі значення переміщення повітряних мас. Чашкові анемометри в свою чергу більш придатні для експлуатації на відкритому повітрі.

Розглянемо моделі чашкових стаціонарних анемометрів (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Чашковий стаціонарний анемометр

Основні технічні характеристики чашкових стаціонарних анемометрів, що використовуються в складі метеостанцій, наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Основні технічні характеристики чашкових анемометрів, що використовуються у складі метеостанції

	Найменування портативних анемометрів			
Характеристики	АС-1	АСЦ-03	Vaisala WA15	AMES DHV39
Робочий діапазон температур, °С	Від -45 до +65	Від -45 до +65	Від -45 до +70	Від -45 до +70
Діапазон вимірюваної швидкості вітру, м/с	Від 2,5 до 45	Від 2 до 32	Від 1 до 35	Від 1 до 60
Межі допустимої похибки для каналу вимірювання швидкості вітру, м/с	$\pm(0,5 + 0,05 V)$	$\pm(0,5 + 0,05 V)$	$\pm(0,4 + 0,05 V)$	$\pm(0,5 + 0,05 V)$
Ціна, \$	218	234	359	296

У заключній частині огляду слід розглянути типові ультразвукові анемометри (рисунок 3.13).

Принцип дії анемометрів ультразвукового типу заснований на вимірюванні швидкості звуку, яка змінюється в залежності від орієнтації вектора руху повітря (напрямку вітру) щодо шляху поширення звуку.

Існують двокомпонентні ультразвукові анемометри - вимірюють крім швидкості і напрямок вітру по частинах світу - напрямок горизонтального вітру і трикомпонентні ультразвукові анемометри - вимірювачі всіх трьох компонент вектора швидкості повітря.

Швидкість звуку в таких анемометр вимірюється за часом проходження ультразвукових імпульсів між фіксованим відстанню від випромінювача до ультразвукового мікрофона, потім виміряні часи перераховуються в дві або три компоненти швидкості руху повітря.

Так як швидкість звуку в повітрі залежить ще від температури (зростає пропорційно кореню квадратному з абсолютної температури), в ультразвукових анемометр обов'язково є термометр, за показаннями якого вносяться поправки в обчислення швидкості вітру.



Рисунок 3.13 – Ультразвуковий анемометр

Основні технічні характеристики ультразвукових термоанемометрів наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні технічні характеристики ультразвукових анемометрів

	Найменування термоанемометрів		
Характеристики	S1404Z	FS ANM/O	S1419
Робочий діапазон температур, °C	Від -35 до +55	Від -50 до +70	Від -40 до +55
Діапазон вимірюваної швидкості вітру, м/с	Від 0 до 65	Від 0 до 60	Від 0 до 50
Межі допустимої похибки для каналу вимірювання швидкості вітру, м/с	$\pm(0,02 + 0,05 V)$	$\pm(0,02 + 0,05 V)$	$\pm(0,03 + 0,05 V)$
Ціна, \$	858	796	780

Ультразвукові анемометри, основні технічні характеристики яких наведені в таблиці 3.6, також як і термоанемометри відрізняються вкрай низькими значеннями меж допустимої похибки вимірювання швидкості вітру. Всі датчики мають досить широкий діапазон робочих температур, які відповідають вимогам технічного завдання.

Безсумнівною перевагою анемометрів даного типу є той факт, що вони малоінерційні і в зв'язку з цим мають малу динамічну похибку. Вимірювання, що виконуються з їх допомогою, засновані на отриманні значення швидкості проходження звуку в повітряному середовищі (відомої заздалегідь), яка підсумовується зі швидкістю переміщення самої повітряного середовища. Через відсутність механічних частин немає необхідності в регулярному обслуговуванні датчиків цього типу. Всі ці гідності дуже сильно впливають на ціну даного типу анемометрів.

З поданої вище таблиці видно, що за основними параметрами всі наведені моделі анемометрів відповідають вимогам ТЗ, їх ціна досить помірною.

3.6.3 Датчик температури

До вибору датчика температури ставляться такі вимоги, що впливають з технічного завдання. Датчик повинен працювати в умовах зовнішнього навколишнього середовища, можливо, несприятливих (вплив атмосферних опадів, перепадів температури і вологості). Отже, датчик температури повинен мати герметизований корпус. Оскільки температура навколишнього середовища не може змінюватися дуже швидко (за винятком швидкого перенесення повітряних мас вітрами), то особливих вимог до розміру корпусу, його масі і теплоємності не пред'являється. Разом з тим дуже масивний захисний кожух вибирати не варто, оскільки для захисту в повітряному середовищі досить більш простого корпусу.

Оскільки вимоги технічного завдання не є скільки-специфічними, не можна заздалегідь сказати, датчик якого типу виявиться найбільш доцільним використовувати. Тому нижче розглянуті зразки датчиків наступних типів (з конкурентними технічними характеристиками): аналогові датчики температури на основі термоперетворювачів опору, що використовуються на метеостанціях, аналогові датчики температури в монтажних корпусах, аналогові датчики без захисних корпусів і цифрові датчики.

Для вибірки датчиків температури першого з перерахованих типів були розглянуті спеціалізовані комплексні пристрої на основі термоперетворювачів опору для метеостанцій (таблиця 3.7).



Рисунок 3.14 – Аналоговий датчик температури на основі термоперетворювачів опору

Таблиця 3.7 – Основні технічні характеристики спеціалізованих комбінованих датчиків, що застосовуються в складі сучасних вимірювальних метеорологічних станцій

	Найменування спеціалізованих датчиків			
Характеристики	MELA KGC3/5- ME	MELA KRC 3/x-ME	Galltec FZC3/5	Vaisala HMP155
Вимірювальний елемент	Pt100	Pt100	Pt100	Pt100
Діапазон вимірюваних значень, °C	Від -30 до +70	Від -30 до +70	Від -25 до +125	Від -80 до +60
Максимальна абсолютна похибка, °C	±0,3	±0,3	±0,3	±0,2
Ступінь захисту, IP	65	30	65	66
Споживання струму, мА	<6	<7	<10	<6
Ціна, \$	440	380	680	800

За своїми технічними характеристиками всі датчики, представлені в таблиці 3.7, відповідають сформульованим вимогам (за винятком MELA KRC, який не підходить за вимогами, що висуваються до пило- та вологозахисності (ступінь захисту IP, розшифровка кодів ступенів захисту IP приведена в Додатку 1). Також необхідно відзначити, що вимірювачі температури і вологості повітря MELA KGC використовуються на дорожніх системах моніторингу навколишнього середовища, а Vaisala HMP155 застосовуються в автоматичних системах спостереження за погодою (АССП) в великих міжнародних аеропортах.

Однак суттєвим недоліком розглянутих датчиків є їх значна ціна. Для більш зваженого вибору по співвідношенню «Ціна / якість» розглянемо датчики температури на основі термоперетворювачів в монтажних корпусах (рисунок 3.15).

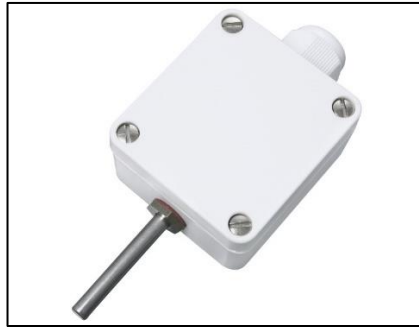


Рисунок 3.15 – Датчик температури на основі термоперетворювачів у монтажному корпусі

Датчики у захисних корпусах, придатні для використання на відкритому повітрі, представлені у таблиці 3.8

Таблиця 3.8 – Основні технічні характеристики датчиків температури повітря на основі термоперетворювачів опору в монтажних корпусах

	Найменування спеціалізованих датчиків			
Характеристики	Fuehler-systeme AF2/E	Martens 7134	Martens 7135	ОВЕН ДТС3005
Вимірювальний елемент	Pt100	Pt100	NTC10K	Pt100
Діапазон вимірюваних значень, °C	Від -50 до +90	Від -50 до +90	Від -50 до +90	Від -50 до +100
Максимальна абсолютна похибка, °C	±0,3	±0,3	±0,3	±0,3
Ступінь захисту, IP	65	65	54	54

Продовження таблиці 3.8

Споживання струму, мА	<5	<4	<5	<5
-----------------------	----	----	----	----

Ціна, \$	71	96	72	68
----------	----	----	----	----

Датчики, характеристики яких представлені в таблиці 3.8, мають широкий діапазон вимірюваних температур і межі абсолютної похибки результатів вимірювання, що задовольняють вимогам ТЗ. Наявність в їх комплектаціях спеціальних монтажних корпусів дозволяє кріпити датчики на вертикальних поверхнях на відкритому повітрі. Всі датчики фірм Fuehler-systeme, Martens, Thermokon і ОВЕН мають досить високий ступінь захисту від впливу пилу на чутливі елементи. Однак АGS54 і ДТС3005 мають клас захисту від бризок і вони не придатні до застосування під впливом водяних струменів, що не дозволяє застосувати їх в умовах впливу атмосферних опадів. Ціна датчиків досить висока внаслідок того, що вони всі мають сертифікати засобів виміру.

Можливо, датчик температури вдасться помістити всередину спеціального захисного корпусу метеостанції. Тому для обґрунтованого вибору також слід навести ще одну вибірку датчиків на основі термоперетворювачів опору (рисунок 3.16), але вже без монтажних корпусів (що, можливо, позитивно позначиться на їх ціні).

У таблиці 3.9 представлені широко застосовуються датчики температури без захисних корпусів. Критерії їх відбору з технічних характеристик ті ж самі, що були використані раніше (основним властивістю є значення максимально можливої похибки вимірювання).

Датчики фірми HERAEUS і Honeywell HEL-700, представлені в таблиці 3.6, мають межі абсолютної похибки вимірювання температури $\pm 0,3$ градуса Цельсія, що повністю задовольняє вимогам Технічного Завдання. HERAEUS W-EYK6 і HERAEUS SMD0805 мають високочутливі вимірювальні елементи на основі Pt1000. Ціна у всіх датчиків, представлених в таблиці 3.9, в більшості випадків, навіть трохи вище, ніж у розглянутих раніше в таблиці 3.8.

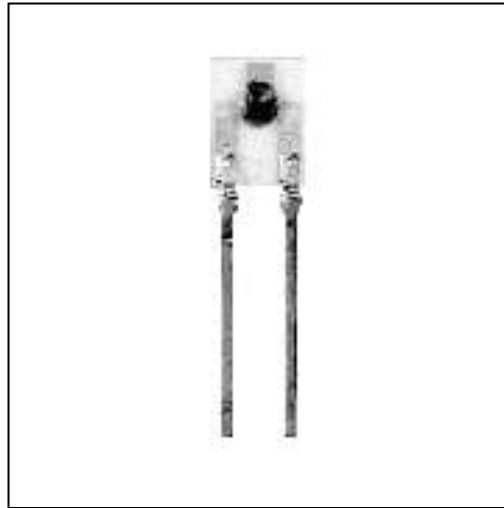


Рисунок 3.16 – Датчик на основі термоперетворювачів опору без монтажного корпусу

Таблиця 3.9 – Основні технічні характеристики датчиків температури повітря на основі термоперетворювачів опору без спеціальних захисних корпусів

	Найменування спеціалізованих датчиків			
Характеристики	HERAEUS WEYK6	HERAEUS SMD-0805	Honeywell HEL-775-A-U-0	Honeywell HEL-700-AU-0
Вимірювальний елемент	Pt100	Pt100	NTC10K	Pt100
Діапазон вимірюваних значень, °C	Від -50 до +150	Від -50 до +130	Від -55 до +150	Від -200 до +540
Максимальна абсолютна похибка, °C	±0,3	±0,3	±0,5	±0,3
Споживання струму, мА	<5	<5	<6	<6
Ціна, \$	76	98	70	80

Нерозглянутими залишилися лише термометри з цифровим виходом (рисунок 3.17). Як правило, в них використовуються напівпровідникові чутливі елементи. Для повноти огляду розглянемо також цифрові датчики по їх технічним характеристикам. В результаті буде сформована вичерпна картина пропозиції на ринку термометрів, що дозволяє обґрунтовано вибрати конкретний датчик температури.

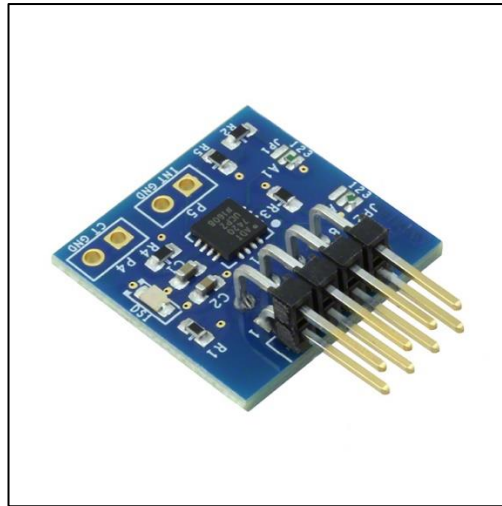


Рисунок 3.17 – Термометр з цифровим виходом

В таблиці 3.10 наведені основні технічні характеристики датчиків температури з цифровим виходом без спеціалізованих захисних корпусів.

Таблиця 3.10 – Основні технічні характеристики датчиків температури повітря з цифровим виходом без захисних корпусів

Характеристики	Найменування спеціалізованих датчиків			
	LM95010	ADT7420	DS18B20	ADT7302
Вимірювальний елемент	Pt100	Pt100	NTC10K	Pt100
Максимальний температурний діапазон, °C	Від -2 до +125	Від -40 до +150	Від -50 до +90	Від -50 до +100

Продовження таблиці 3.10

Характеристики	Найменування спеціалізованих датчиків			
	LM95010	ADT7420	DS18B20	ADT7302
Максимальна абсолютна похибка, °C	±0,3	±0,3	±0,5	±1
Сила струму споживання в активному режимі (в режимі конвертації), мкА	750	265	350	2200
Діапазон живильної напруги, В	3,0...3,6	2,7...5,5	3,0...5,5	2,7...5,25
Час перетворення, мс	200	240	750	700
Ціна, \$	5	7,6	5,8	4
Максимальна абсолютна похибка, °C	±0,3	±0,3	±0,5	±0,3

За інших рівних характеристик (точність, діапазон вимірюваних температур) датчики, що представлені в таблиці 3.8, відрізняються невеликою ціною та наявністю цифрового інтерфейсу, що дозволяє зекономити на їх погодженні з іншими вузлами принципової схеми (не потребують додаткових перетворювачів).

3.6.4 Датчик відносної вологості

Найбільш важливими технічними параметрами, які необхідно переглянути при виборі датчика вологості, є точність, повторюваність, взаємозамінність, довгострокова

стабільність, відновлення від конденсату, стійкість до хімічних і фізичних забруднень, розмір, корпус та вартість.

Додатковими факторами для розгляду можуть стати вартість заміни, калібрування, складність конструкції, надійність підсилювача сигналу і схеми обробки даних. Щоб розглянути всі пропозиції, які доступні на сучасному ринку електронних компонентів, необхідно розглянути основні типи датчиків вологості і загальні закономірності роботи кожного з них.

Ємнісні датчики вологості (рисунок 3.18) широко використовуються в сучасному промисловому обладнанні, побутовій техніці і телеметричних системах збору метеорологічних даних.

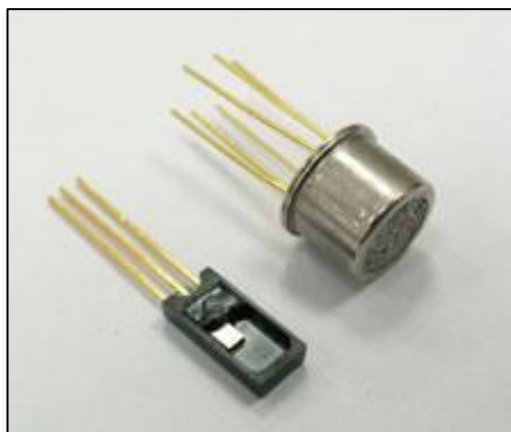


Рисунок 3.18 – Ємнісний датчик вологості

Такі датчики конструктивно складаються з підкладки, на якій розташований тонкоплівковий полімерний або металооксидних між двома провідними електродами. Чутлива поверхня покрита пористим металевим електродом для захисту від забруднення і конденсату. Підкладка зазвичай виготовляється зі скла, кераміки або кремнію. Інкрементальні зміни в діелектричній константі ємнісного датчика вологості практично прямо пропорційні відносній вологості навколишнього повітря. При коливанні вологості на 1% ємність змінюється на 0.2 — 0.5 пФ, а при 50% вологості (25 ° С) коливання можуть досягати від 100 до 500 пФ.

Ємнісні датчики вологості характеризуються низьким температурним коефіцієнтом, можливістю роботи на високих температурах (аж до 200 ° С),

можливістю повного відновлення від попадання конденсату і помірною стійкістю до хімічних випаровувань. Час відгуку датчиків становить від 30 до 60 секунд для кроку зміни вологості в 63%.

Сучасні технології виробництва ємнісних датчиків інтегрували в себе багато досягнень напівпровідникової електроніки, щоб домогтися мінімального зміщення параметрів і гістерезису при довгостроковій експлуатації. Наприклад, тонкоплівкові ємнісні датчики можуть інтегрувати на підкладці монолітну мікросхему підсилювача сигналу. Часто сучасні підсилювачі сигналів мають CMOS генератор для згладжування лінійного вихідного сигналу.

Типовий клас точності ємнісних датчиків складає $\pm 2\%$ відносної вологості в діапазоні від 5 до 95% при калібрування по двох точках. Слід враховувати, що ємнісні датчики мають обмеження по робочому віддалі, чутливий елемент може бути розташований далеко від схеми посилення сигналу, щоб уникнути паразитних ефектів з'єднувального кабелю (рівень коливань ємності датчика не великий). Відстань має бути менше 3 метрів.

Пряма заміна датчиків може стати проблемою, якщо датчик при виробництві не пройшов лазерну обробку або якщо не використовується комп'ютерна калібрування датчиків. Датчики з лазерною обробкою мають значення взаємозамінності $\pm 2\%$.

Для більш детального аналізу слід дослідити ємнісні датчики точки роси (рисунок 3.19).



Рисунок 3.19 – Ємнісний датчик точки роси

Тонкоплівкові ємнісні датчики відрізняються дискретним зміною сигналу при малої відносної вологості. Їх робота характеризується стабільністю і мінімальним зрушенням у всьому періоді експлуатації. Однак такі датчики не мають лінійного виходу, коли відносна вологість падає нижче декількох відсотків.

Така особливість датчиків привела до розробки системи вимірювання точки роси, яка об'єднує ємнісний датчик з мікропроцесорної схемою, що зберігає дані калібрування в блоці незалежній пам'яті. Такий підхід до вирішення проблеми значно скоротив вартість гігрометрів і передавачів точки роси, які використовуються в системах кондиціонування повітря і телеметричних системах збору метеорологічних даних.

Датчики монтуються на мікросхемі, яка має вихідний сигнал по напрузі в залежності від рівня відносної вологості. Мікропроцесорне управління запам'ятовує рівень напруги на рівні 20 в діапазоні температур від -40 до $+27^{\circ}\text{C}$. Опорні значення підтверджується з NIST гігрометром, що працює за технологією охолодженого дзеркала на елементах Пельтьє. Рівень напруги в точці роси і точці замерзання зберігається в EPROM пам'яті датчика. Мікропроцесор використовує ці дані для розрахунку алгоритму лінійної залежності при одночасному вимірі температури сухого термометра і тиску водяної пари. Як тільки визначено тиск водяної пари, температура точки роси розраховується з термодинамічної залежності, що зберігається в EPROM пам'яті.

Кореляція з технологією вимірювання охолодженого дзеркала вище $\pm 2^{\circ}\text{C}$ для точки роси в діапазоні від -40 до -7°C і вище $\pm 1^{\circ}\text{C}$ в діапазоні від -7 до 27°C .

Довгострокова стабільність датчика складає менше $1,5^{\circ}\text{C}$ на рік. Вимірювальні метрологічні прилади, що працюють за цим принципом, широко використовуються в різних системах, завдяки своїй привабливій ціні в порівнянні з приладами на технології охолодженого дзеркала.

Наступними слід розглянути резистивні датчики вологості (рисунок 3.20).

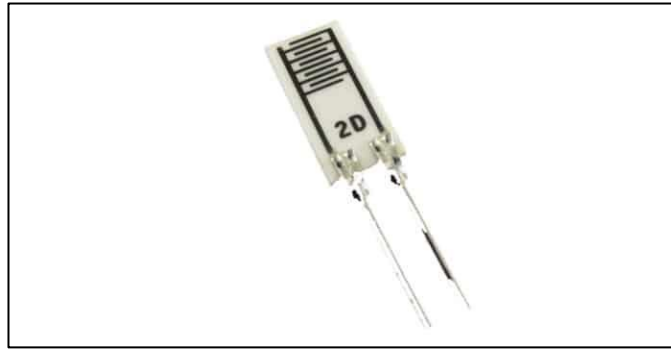


Рисунок 3.20 – Резистивний датчик вологості

Резистивні датчики вологості фіксують зміни електричного опору гігроскопічного середовища (наприклад, провідного полімеру, солі або обробленої підкладки).

Резистивні датчики мають біфілярного намотування. Після покриття гігроскопічним полімером, їх опір виявляється обернено пропорційним вологості.

Зазвичай, резистивні датчики складаються з металевих електродів, накладених на підкладку за допомогою фоторезистора або намотаних на пластикових або скляний циліндр електродів. Підкладка покривається сольовим або провідять полімером. Коли він розчиняється або поміщається в рідке речовина, він рівно покриває датчик. В іншому випадку, підкладка може бути оброблена будь-яким хімічним реагентом, наприклад, кислотою. Датчик поглинає водяну пару і іонні групи розпадаються, що збільшує електричну провідність. Час відгуку для більшості резистивних датчиків становить від 10 до 30 секунд для кроку вимірювань 63%. Діапазон опорів типового резистивного елемента коливається від 1 кОм до 100 МОм.

Більшість резистивних датчиків використовуються АС напруга збудження без зміщення постійним струмом для запобігання поляризації датчика. Що утворюється струм конвертується і випрямляється в сигнал постійної напруги для подальшого посилення, лінеаризації або аналого-цифрового перетворення.

Номинальна частота становить від 30 Гц до 10 кГц.

Резистивні датчики не є повністю резистивні за рахунок ємнісного ефекту в діапазоні більш 10-100 МОм. Головна перевага резистивних датчиків вологості полягає в їх відмінній взаємозамінності (зазвичай вона складає $\pm 2\%$ відносної

вологості), Що дозволяє використовувати резистор для калібрування схеми посилення сигналу на фіксованому рівні вологості. Це дозволяє усунути необхідність в стандартах калібрування вологості. Точність кожного резистивного датчика вологості можна виміряти в калібрувальній ємності або за допомогою спеціальної комп'ютерної системи. Діапазон робочих температур резистивних датчиків вологості становить від -40 до 100 ° C.

В умовах побутової та комерційної експлуатації термін служби таких датчиків становить понад 5 років, однак вплив хімічних парів та інших забруднень (масла, наприклад) може привести до їх дострокового виходу з ладу. Інший недолік резистивних датчиків вологості - їх тенденція до зрушення значень при роботі в конденсаті, якщо використовується розчинна у воді покриття. Резистивні датчики мають значну залежність від температури, коли застосовуються в середовищі з великими температурними змінами (більше 10 ° F). У той же час, схема термокомпенсація може бути додана в конструкцію датчика для збільшення його точності. Таким чином, основними перевагами резистивних датчиків є невеликі розміри, низька ціна, взаємозамінність і довгострокова стабільність.

У конструкції сучасних резистивних датчиків використовується керамічне покриття для зниження злиття умов навколишнього середовища при виникненні конденсату. Датчики складаються з керамічної підкладки з металевими електродами, нанесеними за фоторезистивною технологією. Поверхня підкладки покрита провідним полімером (або змішаним керамічним складом), а сам датчик вміщується в захисний пластиковий корпус з пиловим фільтром.

Матеріалом є керамічна порошок, зважений в рідкому середовищі. Після того, як поверхня покрита і висушена, датчики обробляється високою температурою. Результатом є товстоплівкові покриття, нерозчинний у воді, яке повністю захищає датчик від конденсату.

Після потрапляння в воду, типове час відновлення до рівня 30% датчика з керамічної підкладкою становить 5-15 хвилин, в залежності від швидкості руху повітря.

Взаємозамінність датчиків становить менше 3% в діапазоні вимірювань 15-95% відносної вологості. Точність складає $\pm 2\%$. При використанні датчика разом зі схемою посилення сигналу, вихідна напруга прямо-пропорційна відносній вологості навколишнього середовища.

Розглянемо також теплопровідні датчики абсолютної вологості (рисунок 3.21).



Рисунок 3.21 – Теплопровідний датчик абсолютної вологості

Такі датчики вимірюють абсолютну вологість шляхом визначення різниці між теплопровідністю сухого повітря і повітря, насиченого водяними парами.

Для вимірювання абсолютної вологості на високих температурах часто використовуються теплопровідні датчики. Їх робочий принцип сильно відрізняється від резистивних і ємнісних датчиків.

Якщо повітря або газ сухий, він має значні можливості поглинання тепла. Типовий приклад - клімат пустель. Днем в пустелі дуже жарко, однак вночі температура різко падає завдяки сухому атмосферному клімату. І навпаки, вологий клімат не може так швидко охолоджуватися, оскільки тепло зберігається водяними парами в атмосфері.

Теплопровідні датчики вологості (або датчики абсолютної вологості) мають в своєму складі два NTC термістора, що є узгодженими та включеними за мостовою схемою. Вихідна напруга моста прямо-пропорційна абсолютній вологості. Один терморезистор герметично ізольований в сухому азоті, а корпус іншого відкритий.

При проходженні струму через терморезистори, термоопір збільшує температуру до понад 200°C . Тепло, розсіюється з герметичного терморезистора, більше, ніж тепло відкритого терморезистора, за рахунок різниці в теплопровідності

водяної пари і сухого азоту. Оскільки розсіюється тепло створює різні робочі температури, різниця опору терморезисторів пропорційна абсолютної вологості.

Проста збірка резисторів дає вихідну напругу в діапазоні 0 - 130 г/куб.м при 60°C. Калібрування проводиться шляхом приміщення датчика в суху повітряне середовище або в азот з регулюванням вихідного сигналу до нуля. Датчики абсолютної вологості мають довгий термін служби, їхня робоча температура досягає 300°C, а корпус датчиків стійкий до хімічних парам.

Цікава особливість теплопровідних датчиків полягає в тому, що вони реагують на будь-який газ, що володіє відмінною від азоту теплопровідністю. Це вплине на результати вимірювань. Зазвичай, датчики абсолютної вологості використовуються в сушильних апаратах, мікрохвильових печах і пароварка.

В цілому, датчики абсолютної вологості мають більшу роздільну здатність при температурах понад 200° F, ніж ємнісні і резистивні датчики вологості. Їх можна використовувати в тих додатках, де звичайні датчики вологості не припустимі. Типова точність абсолютних датчиків складає 3г/куб.м., це складає близько 5% відносної вологи при 40°C або 0.5% при 100°C.

3.6.5 Дорожній датчик

Дорожній датчик — найбільш цінний з інформаційної точки зору в автоматизованій дорожній метеостанції. Він дозволяє отримувати інформацію, на основі якої оцінюється стан дорожнього покриття в зимовий період. Відомі три основних типи дорожніх датчиків: активні, пасивні та дистанційні.

Активний датчик (рисунок 3.22) визначає можливість утворення льоду на поверхні дороги шляхом охолодження поверхні датчика на 2°C по відношенню до вимірюваної температури дорожнього покриття. Якщо після охолодження датчика на його поверхні утворюється лід або іній, то станція формує відповідне попередження. Деякі типи активних датчиків мають також окрему поверхню, що обігрівається, яка дозволяє визначати можливість танення і випаровування льоду і снігу при підвищенні температури.



Рисунок 3.22 – Активний дорожній датчик

Пасивний датчик (рисунок 3.23) вимірює існуючу температуру дорожнього покриття або на певній глибині в дорожньої конструкції.



Рисунок 3.23 – Пасивний дорожній датчик

Існують також мікрохвильові та інфрачервоні дистанційні датчики (рисунок 3.24), які встановлюються на опорах над поверхнею дороги і виробляють безконтактне вимірювання температури дорожнього покриття.



Рисунок 3.24 – Інфрачервоний дистанційний дорожній датчик

Вимірювання товщини шару води, снігу, льоду на поверхні дорожнього полотна засновані на залежності інтенсивності відбитого сигналу від товщини шару речовини (води, снігу, льоду) на поверхні дорожнього полотна. Вимірювання температури поверхні дорожнього полотна засновані на вимірі інтенсивності потоку інфрачервоного випромінювання, яке надходить на датчики від поверхні дорожнього покриття.

На початку циклу вимірювань потік інфрачервоного випромінювання від двох лазерних діодів направляється на дорожнє полотно, відбивається від нього і приймається приймачем. За співвідношенням інтенсивності відбитих сигналів робиться висновок про тип покриття шару (вода, сніг, лід), на підставі типу покриття шару і сумарної величини відбитого сигналу розраховується товщина шару води, снігу, льоду на поверхні дорожнього полотна.

Для вимірювань температури поверхні дорожнього полотна використовується пірометр. Інфрачервоний потік від поверхні дорожнього полотна приймається приймачем пірометра і перетворюється в електричний сигнал, пропорційний температурі поверхні дорожнього полотна.

За результатами вимірювань температури поверхні дорожнього полотна, товщини шару води, снігу, льоду мікропроцесором розраховується коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з поверхнею дорожнього полотна.

Більшість сучасних дорожніх датчиків перших двох типів можуть вимірювати наступні параметри:

- електричну провідність;
- електричну поляризацію;
- наявність «чорного» льоду;
- температуру поверхні дорожнього покриття;
- температуру в дорожньої конструкції на певній глибині;
- кількість протижеледних матеріалів на поверхні дороги.

За результатами вимірювань визначається поточний стан поверхні дороги (суха, волога, іній, лід і т.д.).

3.6.6 Датчик видимості

Датчик видимості призначений для вимірювання метеорологічної (оптичної) дальності видимості. На рисунку 3.25 показано як виглядає датчик видимості.



Рисунок 3.25 – Датчик видимості

Принцип роботи датчика наступний. Датчик видимості має в своєму складі оптичний передавач – світлодіодний випромінювач інфрачервоного світла та чутливий фотодіод-приймач. Оцінка метеорологічної (оптичної) видимості виконується шляхом вимірювання показника ослаблення інфрачервоного світла, що викликано розсіюванням і поглинанням його у фіксованому зондованому просторі.

Виміряна величина розсіювання перетворюється в показник метеорологічної (оптичної) дальності видимості у цифровому вигляді інтерфейсом RS-485 передається на прилади обробки і відображення.

3.6.7 Датчик опадів

Такий спеціалізований пристрій, як датчик опадів (рисунок 3.26), застосовується для визначення наявності слідів опадів на поверхні, передбаченої для обігріву. У загальних системах обігріву він застосовується з електронними регуляторами температури певних моделей від фірм-виробників: РТ-200, РТ-220. Завдяки таким датчикам забезпечується найкраща температура нагрівального елемента, профілактика виникнення крижаної кірки і т.д.




Рисунок 3.26 – Датчик опадів

Принцип роботи датчика опадів наступний. Коли на поверхню потрапляє сніг, то елемент, що нагріває негайно розтоплює його, перетворюючи в наступний агрегатний стан - в воду. Коли краплі води потрапляють на контакти датчика опадів, вони замикаються і дають в датчик сигнал про наявність вологи. Таким чином пристрій і «розуміє», що опади в наявності.

У таблиці 3.11 описано характеристики всіх датчиків, що були обрані для розробки автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг.

Таблиця 3.11 – Повна характеристика обраних датчиків

Датчик тиску	
	
Розміри	100×65×41 мм
Вихідний сигнал	4 - 20 мА
Вага	~360 г
Довжина кабелю	0,3 м
Робоча температура	-40 ... 60°C
Робоча вологість	0 - 95% відн. вологості
Принцип роботи	Capacitive ceramic (за зміною ємності керамічного конденсатора)
Діапазон вимірювання	0 - 1200 гПа
Точність	±2,0 гПа, при -20°C < T < 45°C ; 600 гПа < P _{абс} < 1100 гПа

Продовження таблиці 3.11

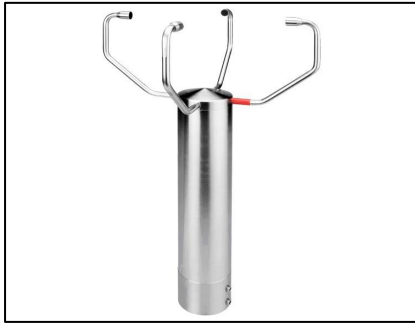
Датчик температури и вологості у захисному корпусі



Розміри	Довжина 185 мм, Ø 16 мм
Вихідний сигнал	За опором і частотою
Вага	400 г
Довжина кабелю	10 м
Робоча температура	-30 ... 70°C
Робоча вологість	0 - 100% відн. вологості
По вологості	
Принцип	Capacitive (за зміною провідності чутливого конденсатора)
Діапазон вимірювання	0 - 100% відн. вологості
Точність	±2% відн. вологості
По температурі	
Принцип	Pt1000 (термістор)
Діапазон вимірювання	-30 ... 70°C
Точність	±0,2°C

Продовження таблиці 3.11

Датчик напрямку і швидкості вітру



Розміри	Длина 555 мм, радіус 160 мм
Конструкція	Корпус з нержавіючої сталі
Вага	1,5 кг
Довжина кабелю	10 м
Підігрів	24 В DC
Живлення	9 ... 26 В DC
Робоча температура	-30 ... 60°C
Робоча вологість	5 - 100% відн. вологості
Вихідний сигнал	4 - 20 мА
За швидкістю вітру	
Принцип	Ультразвуковий
Діапазон вимірювання	0 - 60 м/с
Точність	$\pm 0,15$ м/с (0 - 5 м/с) < 2,5% від величини (>5 м/с)
За напрямком вітру	
Принцип	Ультразвуковий
Діапазон вимірювання	0 - 360°
Точність	$\pm 3^\circ$

Продовження таблиці 3.11

Датчик виду та інтенсивності опадів



Розміри	Довжина 200 мм, Ø 90 мм
Вага	~1,5 кг
Довжина кабелю	10 м
Діапазон вимірювання розміру крапель	від 0,5 мм до 8 мм
Властивості:	
- точність	0,01 - 0,1 - 1,0 мм/м ²
- вид опадів	дощ/сніг
Живлення	10 - 15 В
Підігрів	24 В
Робоча температура	-30 ... 70°C
Робоча вологість	0 - 100%
Принцип	24 ГГц - Доплер-радар (за зміною сигналу)

Продовження таблиці 3.11

Датчик визначення стану дорожнього покриття



Розміри	Ø 120 мм, висота 50 мм
Стани дороги що визначаються	Сухо, зволожено, волого, залишкова сіль, замерзаюча вода, лід або сніг
Вага	800 г
Робочий струм	< 200 мА
Інтерфейс	RS485, baud rate: 2,400 - 38,400 біт/с
Довжина кабелю	Від 25 м до 100 м
Живлення від	9 - 14 В DC
Робоча температура	-30 ... 70°C
Робоча вологість	0 - 100% відн. вологості
По визначенню стану дороги:	
Розрізняє	Сухо/зволожено/волого
По визначенню слизькості дороги	
Розрізняє	Немає льоду/снігу, сніг, замерзаюча вода, лід
За температурою:	
Принцип	NTC (напівпровідник)
Діапазон вимірювання	-30 ... 70°C
Точність	±0,2°C (-10 ... 10°C), в інших випадках ±0,5°C
Розмір кроку вимірювання	0,1°C

Продовження таблиці 3.11

Температура замерзання суміші:	
Діапазон вимірювання	-20 ... 0°C
Точність	±1°C (t > -10°C)
Розмір кроку вимірювання	0,1°C
Датчик видимості	
	
Вага	8 кг
Розміри	889×292×305 мм
Функції	Вимірювання видимості на відстані до 16 км
Інтерфейс	RS232 або RS422 (додатковий)
Робоча температура	-40 ... 60°C
Живлення	100 - 240 В АС, 14 ВА або 10-36 В DC, 6 ВА
Видимість	
Принцип	Розсіювання інфрачервоного-випромінювання
Діапазон вимірювання	30 - 16000 м
Точність	±10% RMSE

Висновки за розділом

В даному розділі було розроблено структурну схему автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг. Дослідження основних елементів системи, їх аналіз. Було створено структурну схему автоматичної дорожньої метеорологічної станції, що є одним з найважливіших вузлів досліджуваної автоматизованої системи моніторингу. Під час роботи над розділом були вивчені різні типи датчиків, варіанти їх виконання. В підсумку було обрано комплект з найоптимальніших для розроблюваної системи датчиків.

4. РОЗРОБКА І ОПИС СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ

Під час розробки алгоритму роботи автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг на блок – схемах було використано наступні позначення:

- currentBit – нумерація поточного біта пошуку у 8–байтному коді;
- BitA – значення поточного біта адреси пристрою;
- BitB – значення інверсії поточного біта адреси пристрою;
- BitPattern – 64–х бітовий масив, у котрий буде вестись запис знайденого коду адреси датчика;
- LastDiviation – індекс біта останнього неспівпадання, що було у попередньому циклі пошуку;
- NewDiviation – індекс біта останнього неспівпадання, що присутнє у поточному циклі;
- Devices – масив, що має в собі адреси пристроїв, що було знайдено;
- newId – посилання на масив із 64-ох бітів, у котрий ведеться запис адреси знайденого пристрою. Масив передається у наступну ітерацію пошуку;
- i – індекс масиву Devices;
- Error – змінна, у яку повертається помилка пошуку;
- CRC – контрольна сума поточного байту при перевірці;
- rowValue – змінна, яка має в собі адресу початкового біта початкового елемента масива пристроїв при перевірці контрольної суми;
- scratchpad – змінна, яка має в собі адресу початкового біта значення показника датчика при перевірці контрольної суми.

В даній дисертації було розроблено алгоритм роботи системи моніторингу доріг. Алгоритм наведено у додатку Г.

Згідно алгоритму, на початку роботи відбувається початкове програмування – ініціалізується мікроконтролер. На наступному етапі відбувається перевірка теоретичної появи команди віддаленого керування від центру збору та обробки інформації.

У випадку, якщо ця команда спрацьовує – починає свою роботу підпрограма обробки цієї команди. На наступному кроці, як показано в алгоритмі, що представлений на додатку Д, відбувається пошук активних пристроїв на шині. У разі помилки пошуку – пошук поновлюється.

При реалізації даного алгоритму програмно, необхідно при обміні байтами підраховувати їх контрольну суму за окремим алгоритмом та порівнювати отримане значення зі значенням контрольної суми що було прийнято. У випадку коли обидва значення контрольної суми однакові – мікроконтролер або пристрій приймають дані за ті, що є достовірними. За інших умов продовження прийому та передачі даних не можливе.

Далі за алгоритмом йде етап отримання значень від датчиків (додаток Ж), дані зберігаються у статичному оперативному запам'ятовуючому пристрої, інформація виводиться на пристрій відображення.

На останньому етапі відбувається аналіз надходження повідомлення про завершення роботи і у такому разі програма завершує свою роботу. В іншому випадку програма продовжує своє функціонування.

5. РОЗРОБКА СИСТЕМИ СПОВІЩЕННЯ

Для вирішення проблеми сповіщення користувачів доріг необхідний програмний продукт. Виконати необхідні функції в значній мірі може MATLAB.

MATLAB (скорочення від англ. «Matrix Laboratory») - пакет прикладного програмного забезпечення, що використовується для виконання технічних обчислень та однойменна мова програмування, що використовується в цьому пакеті.

Мова MATLAB є високорівневою інтерпретованою мовою програмування, що має в собі організовані матричним способом структури даних, широкий функціонал, середовище розробки, що є інтегрованим. MATLAB має можливості об'єктної орієнтованості та інтерфейси для роботи з програмами, що виконані іншими мовами програмування.

Програми, виконані у MATLAB, бувають двох типів – скрипти та функції. Скрипти у своєму виконанні використовують загальний робочий простір. Функції наділені вхідними і вихідними аргументами, а також власним робочим простором для збереження змінних та проміжних результатів обчислень. І скрипти і функції мають вигляд текстових файлів і їх компіляція у машинний код відбувається динамічно. Також пакет програм MATLAB надає можливість збереження pre-parsed програм – функції і скрипти, що пройшли обробку до вигляду, що є зручним для виконання машиною.

Головною ознакою мови MATLAB є її велика варіативність у взаємодії з матрицями. У складі програми MATLAB наявна велика кількість функцій, що будують графіки, навіть тривимірних, проводять візуальний аналіз інформації а також створюють ролики з анімацією.

Програма надає можливість побудови інтерфейси користувача у графічному вигляді. Вони можуть мати різноманітні елементи управління, наприклад поля для введення даних, кнопки, тощо.

Інтерфейс MATLAB представлено на рисунку 5.1.

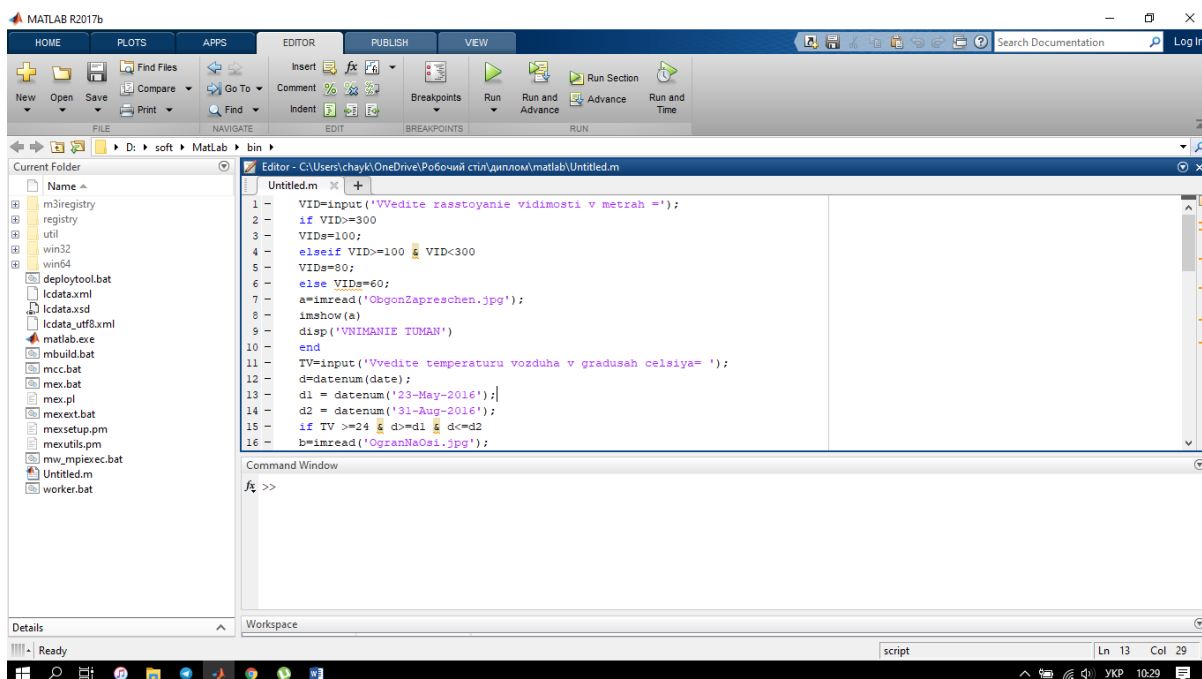


Рисунок 5.1 – Інтерфейс MATLAB

Для створення програми використовувалися наступні оператори:

Формування запиту для введення з клавіатури. Функція `input` виводить на екран запит і чекає відповіді користувача. Її синтаксис виглядає наступним чином:

$$n = \text{input}(\text{'запит'})$$

Функція повертає введенне з клавіатури значення. Якщо користувач вводить арифметичне вираз, функція обчислює його і повертає відповідне значення.

На даному етапі запит надходить до оператора, в комплексі з метеостанцією запит буде автоматично оброблятися ДІС без участі оператора.

Умовний оператор `if`. Для того щоб мати можливість реалізувати логіку в програмі використовуються умовні оператори.

У найпростішому випадку синтаксис даного оператора `if` має вигляд:

`if <вираз>`

`<оператори>`

`end`

Якщо значення параметра «вираз» відповідає значенню «істинно», то виконується оператор, інакше він пропускається програмою. Слід зазначити, що

«вираз» є умовним виразом, в якому виконується перевірка деякого умови. У таблиці 5.1 представлені варіанти простих логічних виразів оператора if.

Таблиця 5.1 – Варіанти простих логічних виразів оператора if

if a < b	Істинно, якщо змінна a менше змінної b і помилково в іншому випадку.
if a > b	Істинно, якщо змінна a більше змінної b і помилково в іншому випадку.
if a == b	Істинно, якщо змінна a дорівнює змінній b і помилково в іншому випадку.
if a <= b	Істинно, якщо змінна a менше або дорівнює змінній b і помилково в іншому випадку.
if a >= b	Істинно, якщо змінна a більше або дорівнює змінній b і помилково в іншому випадку.
if a ~= b	Істинно, якщо змінна a менше не дорівнює змінній b і помилково в іншому випадку.

Інші конструкції оператора if, що прискорюють швидкість виконання програми:

if <вираз>

<оператори1> % виконуються, якщо істинна умова

else

<оператори2> % виконуються, якщо умова помилкова

end

або

if <вираз1>

<оператори1> % виконуються, якщо істинний вираз1

elseif <вираз2>

<оператори2> % виконуються, якщо істинний вираз2

...

elseif <виразN>

<операториN> % виконуються, якщо істинний виразN

end

Функції `imread` та `imshow`. Під час роботи з файлами зображень, представлених у форматі `bmp`, `png`, `gif`, `jpeg`, `tif` і т.д., використовуються функції зчитування `imread` і функція виводу на екран `imshow`.

Система `MatLab` дозволяє завантажувати, показувати та зберігати растрові зображення, представлені у відомих графічних форматах: `bmp`, `jpg`, `tiff`, `gif`, `png` та ін. Для завантаження зображеного використовується функція

```
imread(FILENAME, FMT);
```

якій в якості параметрів передається шлях з вказанням графічного файлу і формат. На виході дається масив, що відповідає розмірності зображення із значеннями в форматі `uint8`:

```
A = imread ('1024.bmp', 'bmp'); % A - 1024x1024 матриця uint8
```

Функція `imshow` використовує для візуалізації зображень, які розміщуються у робочий простір системи `MATLAB`, а також для зчитування зображень, які розміщені у деякому графічному файлі. Синтаксис оператора має вид:

```
moon = imread('moon.tif');
```

```
imshow(moon);
```

Виведення значень на екран. Команда `disp` здійснює виведення значень обраної змінної або обраного текстового фрагменту у командне вікно. До неї звертаються наступним чином:

```
disp(<текстовий фрагмент в апострофах, або змінна >)
```

Наприклад:

```
disp(x1) – в командне вікно виводиться значення змінної x1.
```

```
disp('value') – в командне вікно виводиться текст value.
```

Робота з датами. Система `MATLAB` працює з трьома форматами дати: строковим, числовим та векторним. Зазвичай працюють з датами в строковому форматі: `10-Nov-1997`.

Система `MATLAB` включає функції для обробки часу та дат, що представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Функції обробки часу та дат

Тип функції	Ім'я функції	Призначення
	Now	Поточний час і дата у форматі числа
	Date	Поточна дата у форматі строки
	Clock	Поточний час і дата у форматі вектора
	Datenum	Перевести у номер порядкової дати
	Datestr	Строкове представлення дати
	Datevec	Векторне представлення дати
	Calendar	Календар
	Weekday	День тижня
	Eomday	Останній день місяця
	Datetick	Дата з мітками часу
	Cputime	Час роботи центрального процесору
	Tic	Початок відліку
	Toc	Кінець відліку
	Etime	Час, що пройшов

Код розробленої програми наведено в додатку.

Для забезпечення безпеки дорожнього руху необхідно враховувати основні показники датчиків метеоконтролю, таких як:

- температура покриття;
- температура повітря;
- обмежена видимість;
- боковий вітер.

Вищевказані параметри і були включені в програму. Оскільки не надається можливим на даному етапі перевірити комплексну роботу досліджуваної системи, дані про погодні умови програма запитує у оператора, який в свою чергу отримує інформацію з пунктів автоматизованих дорожніх метеостанцій. Якщо оператор визначає значення менше, ніж зазначено в програмі як «нормальне», відбувається

автоматичний висновок на інформаційне табло відповідного знака згідно Правил дорожнього руху (додатково може здійснюватися вивід тексту).

В даному випадку відстань видимості становить значення менше, ніж зазначено в програмі, отже на табло автоматично висвічується відповідний знак, який забороняє обгін. Результат роботи наведено на рисунку 5.2.

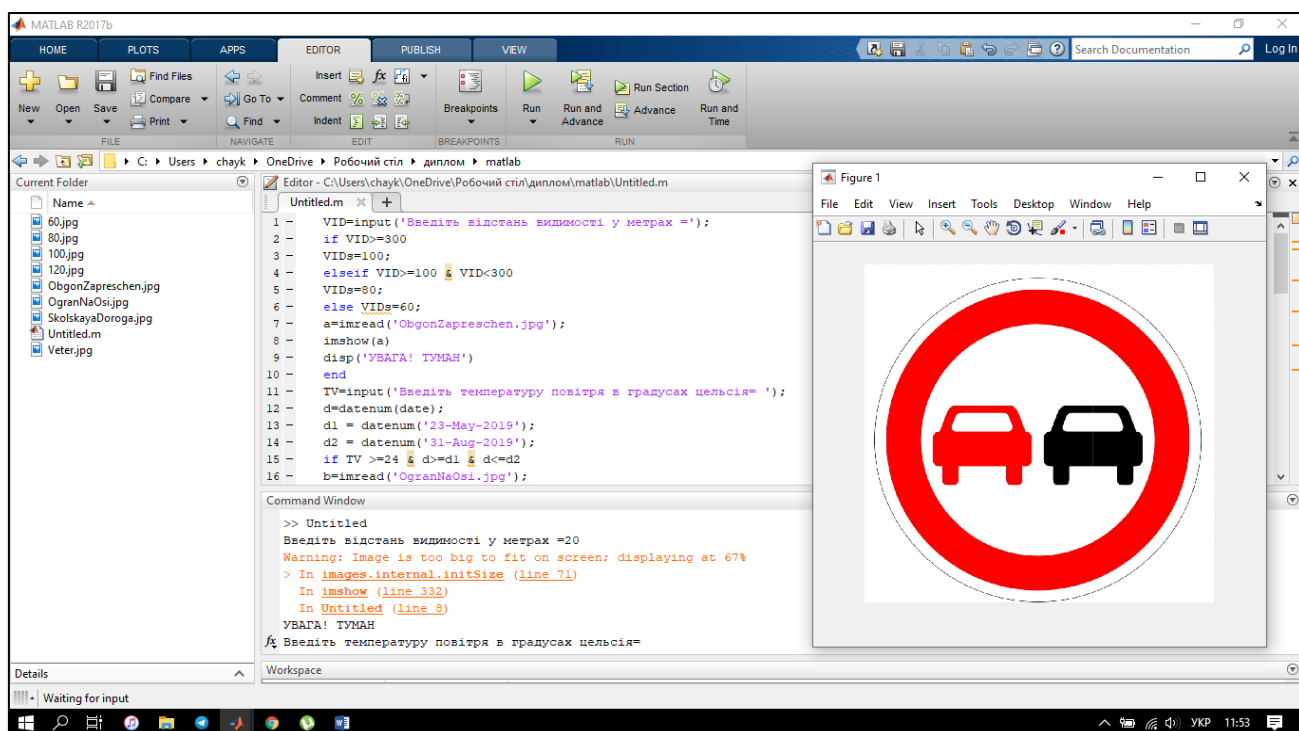


Рисунок 5.2 – Обробка результатів відстані видимості

У літній період року відбувається значне підвищення температури дорожнього покриття, і при русі по ньому великовагових транспортних засобів відбувається деформація дорожнього покриття. Щоб цього уникнути забороняється рух з навантаженням на осі більше 6-ти тонн. В даному випадку програма автоматично зчитує дату, температури і при необхідності виводить на табло відповідний знак. Результат роботи наведено на рисунку 5.3.

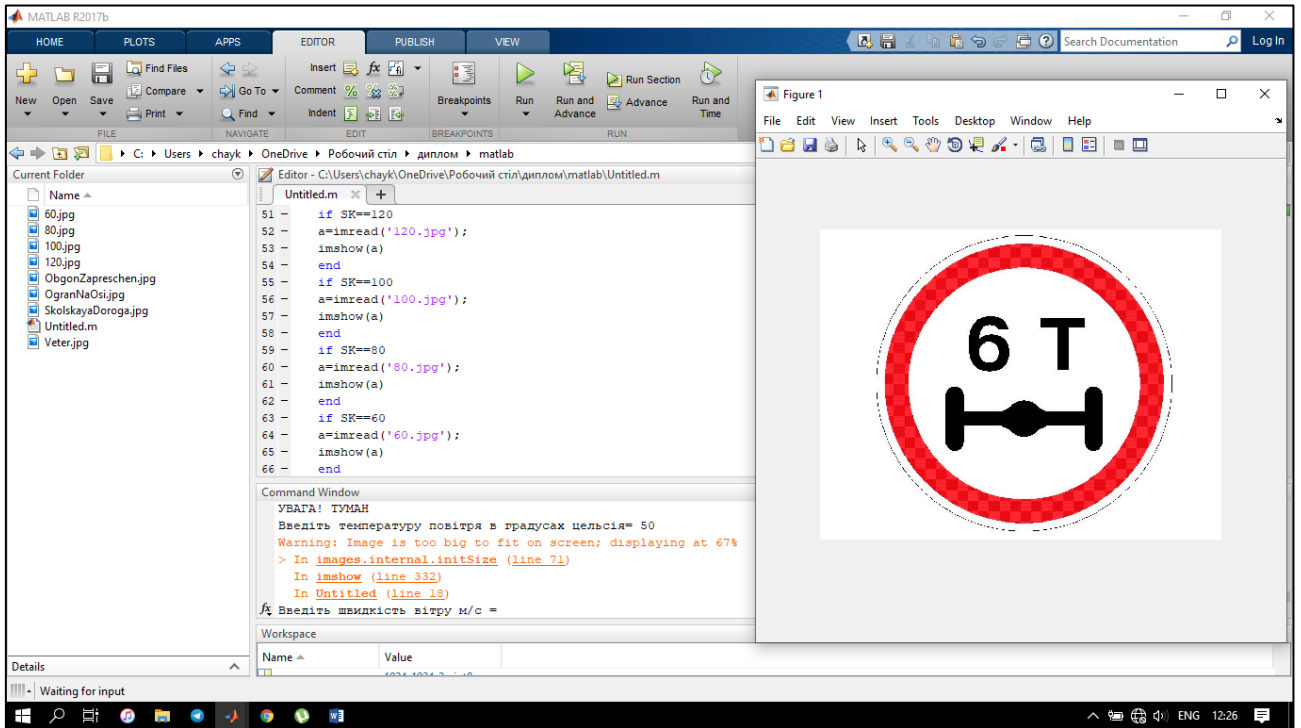


Рисунок 5.3 – Обробка результатів температурного режиму

Поетапне виконання програми представлено на рисунках 5.4 – 5.6.

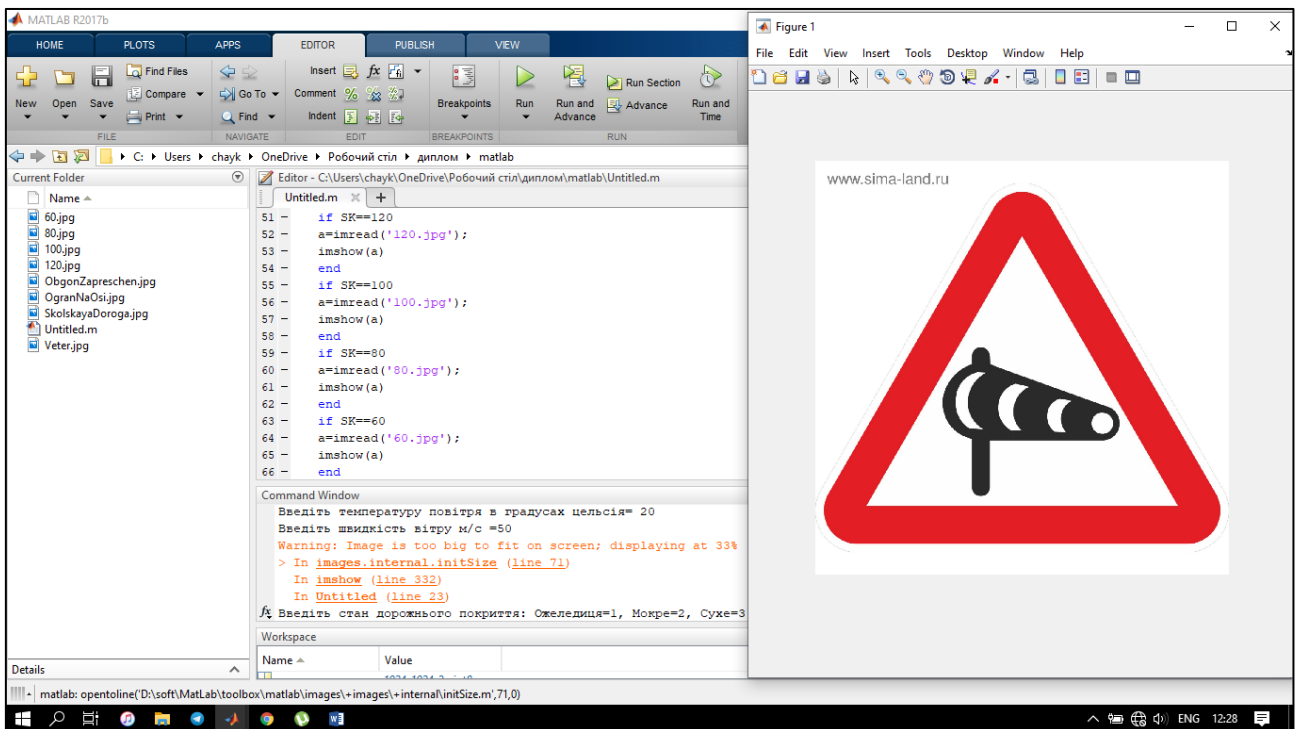


Рисунок 5.4 – Обробка результатів швидкості вітру

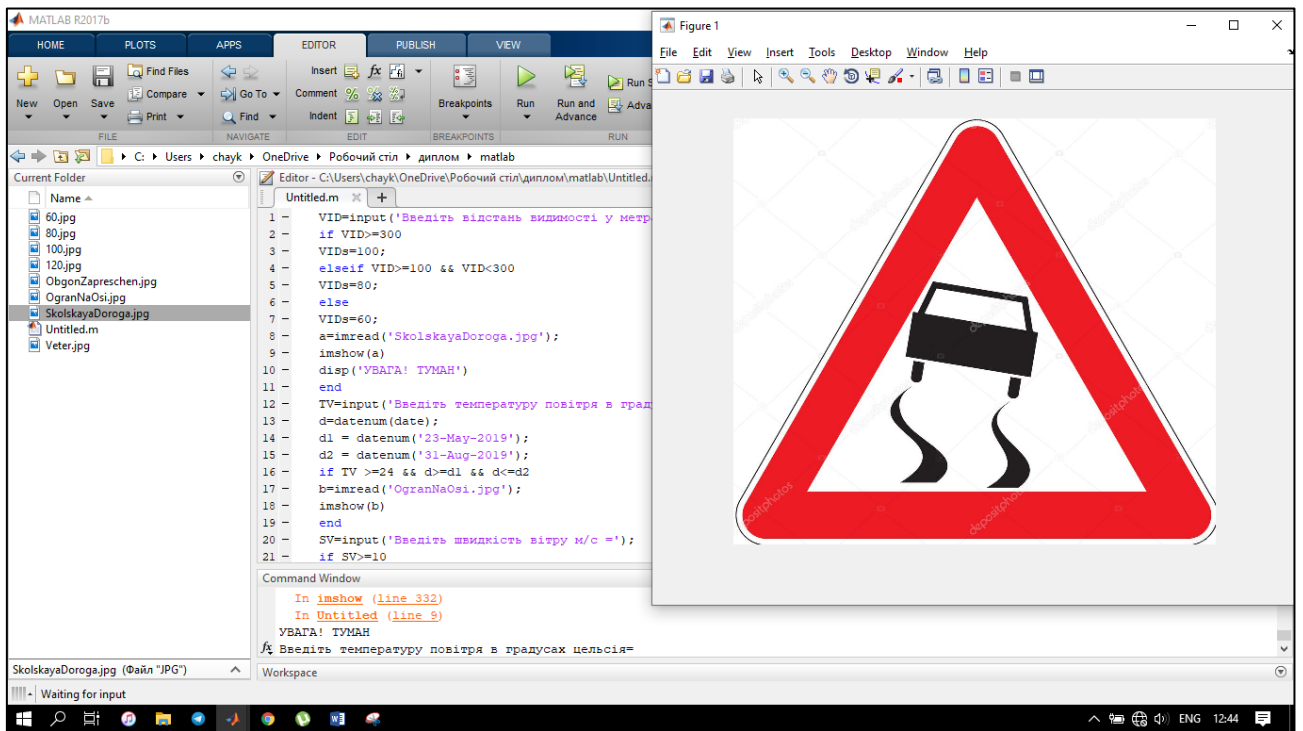


Рисунок 5.5 – Обробка результатів стану дорожнього покриття

В результаті обчислення всіх операторів програма показує значення швидкості по кожній складовій (рисунок 5.6). А також відображає мінімальну швидкість, котра в свою чергу є максимальною для учасників дорожнього руху. Результат роботи вказано на рисунку 5.7.

```

Швидкість за обмеженої видимості=
    60

Швидкість за сильного вітру=
    80

Швидкість за незадовільного стану дорожнього покриття=
    60

Підсумкова швидкість =
    60

```

Рисунок 5.6 – Значення швидкості по кожній складовій

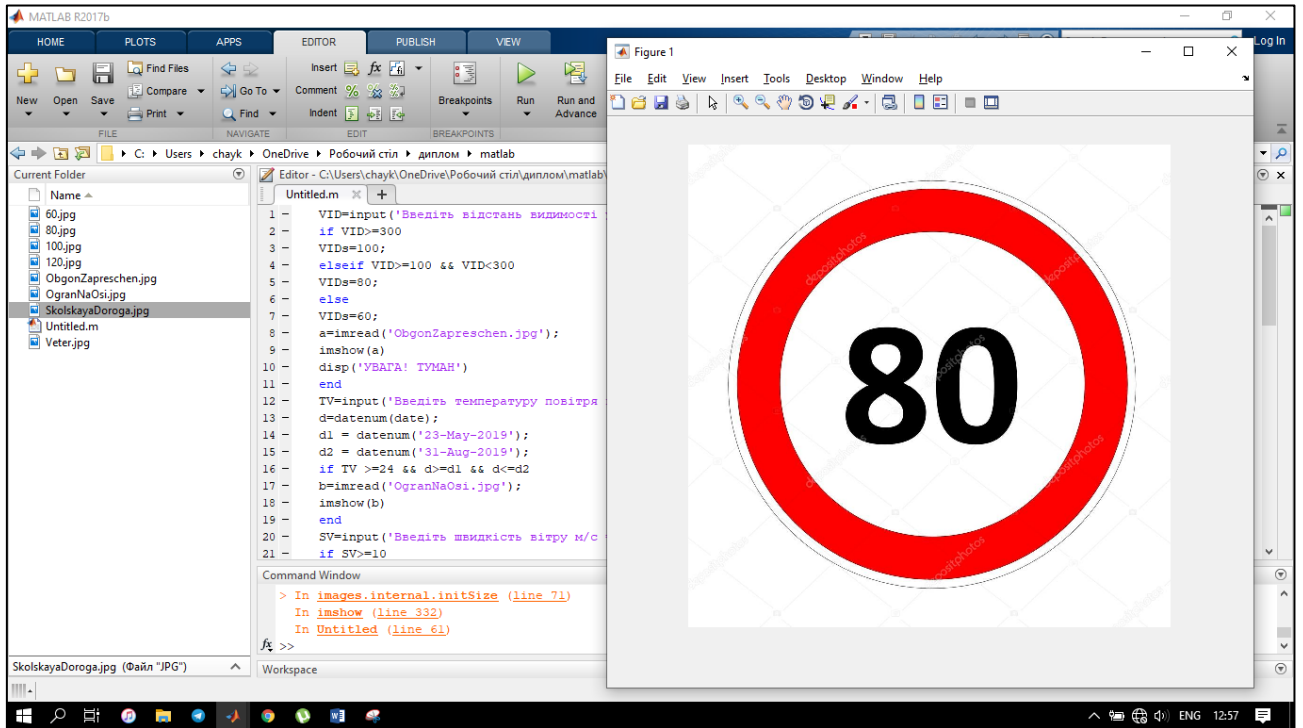


Рисунок 5.7 – Відображення підсумкової швидкості руху

Таким чином, дана програма дозволяє визначити оптимальну швидкість руху транспортних засобів, що в свою чергу дозволяє добитися зниження аварійності під час несприятливих погодних умов. Процес відбувається автоматично і є невід’ємною ланкою інтелектуальної транспортної системи.

6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

6.1 Опис ідеї проекту

6.1.1 Зміст ідеї, основні вигоди, що може отримати користувач товару, можливі напрямки застосування

Наведено опис у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
	1. Інформування користувачів автомобільних доріг про їх поточний стан	Дозволяє зменшити кількість дорожньо – транспортних пригод за рахунок інформованості учасників дорожнього руху про можливі небезпеки
	2. Передача даних про незадовільний стан автомобільних доріг до дорожніх організацій	Дозволяє дорожнім організаціям оперативно реагувати на наявні проблеми в дорожньому господарстві та підтримувати оптимальний стан доріг якомога довший час
	3. Прогнозування стану доріг у перспективі	Дозволяє спрогнозувати появу несприятливих погодних факторів на автомобільних дорогах і провести роботи з профілактики їх утворення

6.1.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Таблиця 6.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Восток - М	Дорекс			
1	Вартість обслуговування (грн)	5000	8000	6000	-	-	+
2	Розміри обладнання (м ²)	10	19	17	-	-	-
3	Технологічна собівартість товару (грн)	8000	12000	9000	-	-	+
4	Рівень токсичності (мг/м ³)	0,06	0,1	0,12	-	-	+
5	Кількість разів використання (од.)	1000	97000	86000	-	-	+
6	Досконалість виробничого виконання (0 – недосконале виконання, 1 – досконале)	0,8	0,6	0,7	-	-	-

Продовження таблиці 6.2

№ п/ п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторон а)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильна сторон а)
		Мій проект	Восто к - М	Дорекс			
7	Запах (0 – відсутній, 1 – різкий)	0,05	0,1	0,09	-	+	-
8	Ймовірність безпечної праці протягом визначеного часу	0,9	0,7	0,5	-	-	+
9	Середня трудомісткість підготовки одиниці продукції до перевезення	2	8	5	-	-	+
10	Ймовірні викиди шкідливих домішок	0,1	0,5	0,3	-	-	+

6.2 Технологічний аудит проекту

6.2.1 Аудит технології реалізації стартап- проекту

Таблиця 6.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Автоматична дорожня метеорологічна станція, що має змогу передавати інформацію до спеціалізованих дорожніх служб	Апаратно-програмний метод реалізації	Наявні у повному обсязі	Повністю доступні
Технологія для реалізації, що була обрана: програмно – апаратний метод реалізації системи.				

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

6.3.1 Аналіз попиту

Таблиця 6.4 – Попереднє оцінювання ринку потенційного стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Динаміка ринку	Зростає
2	Присутність вхідних обмежень	Зростає
3	Кількість гравців, од	Стагнує
4	Загальний продаж, грн/ум.од	Зростає
5	Вимоги до сертифікації	Зростає
6	Рентабельність по галузі, %	70%

Виходячи з поданої вище інформації, можемо дійти висновку, що ринок привабливий для входу в нього за попереднім оцінюванням.

6.3.2 Потенційні групи клієнтів

Таблиця 6.5 – Опис потенційних споживачів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності між різними цільовими групами	Вимоги до товару
1	База даних аналітичної інформації про стан автомобільних доріг та про можливі несприятливі дорожні фактори	Дорожні організації, держава	Цінове питання, різна стандартизація, можливість придбання проектного моніторингового комплексу	<ul style="list-style-type: none"> - якість виконання - рентабельність - доступність - тривалий час роботи

6.3.3 Аналіз ринкового середовища

Таблиця 6.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Суть загрози	Можлива реакція компанії
1	Присутність інертності на попит	Зменшення рівня рентабельності через розширення	Зникнення потреби для реалізації товару

Таблиця 6.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Суть загрози	Можлива реакція компанії
1	Зростання серійності автоматичних дорожніх метеорологічних станцій	Зростання кількості типів контролера	Зростання попиту на товар

6.3.4 Аналіз пропозиції

Таблиця 6.8 – Аналіз конкуренції на ринку за ступенями

Специфіка конкурентного середовища	Проявлення даної специфіки	Вплив на функціонування підприємства
1. Тип конкуренції: Чиста конкуренції	Відсутність конгломерації та монополізації	Зростання якості товару, зростання якості сервісу
2. Рівень конкуренції: Національна	Надання послуг на вседержавному рівні	Зростання обсягу систем, яким надається сервіс
3. Галузева ознака: Міжгалузєва	Суть конкуренції у вірності і досконалості даних, що надходять	Зростання впливу
4. За видами товарів: Товарно-видова	Велика кількість напрямків для реалізації виконання потреби конкуренції	Оптималізація якості та пониження вартості систем

Продовження таблиці 6.8

5. Конкурентні переваги: Нецінові/цінові	Зниження показника собівартості товару	Збільшення рівня стійкості систем для підтримання роботоздатності
6. Інтенсивність: Не марочна/ марочна	Відсутність власної торгової марки	Розробка та вдосконалення власної торгової марки

6.3.5 Аналіз умов конкуренції в галузі

Таблиця 6.9 – Аналіз конкуренції на ринку

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Восток М, Дорекс	Наявність патентів на товари та товарних знаків	Оцінка розміру	Рівень реагування на зміну вартості	Бар'єри для проникнення
Висновки	Невисока інтенсивність конкуренції	Існують можливості входження на ринок. Присутні потенційні конкуренти	Умов на ринку від постачальників не існує	Умови ринку виробляються клієнтами. Відбувається шляхом підвищення складності систем моніторингу автомобільних систем	Товари-замінники вирішують лише локальні проблеми

6.3.6 Фактори конкурентноспроможності

Таблиця 6.10 – Фактори конкурентноспроможності

№ п/п	Фактор конкурентноспроможності	Обґрунтування
1	Попит	Підвищення кількості серійності товару, складність товару
2	Рівень технології виробництва	Можливість безпечно функціонувати протягом певного періоду часу, досконалість виконання
3	Економічні фактори	Ціна на сервіс, експлуатацію, технологічна собівартість системи

6.3.7 Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

Таблиця 6.11 – Аналіз слабких та сильних сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентноспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом, що розробляється						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Попит	17			+				
2	Рівень технології виробництва	14				+			
3	Економічні фактори	18		+					

6.3.8 Аналіз стартап-проекту за матрицею SWOT

Таблиця 6.12 – Аналіз стартап-проекту за матрицею SWOT

Сильні сторони: Невисока собівартість виробництва Відносно невелика вартість сервісу Високи рівень використання виробничих технологій	Слабкі сторони: Вплив на вартість з боку енергоносіїв Нема наявних патентів та торгових марок
Можливості: Зниження собівартості Покращення стікості приладів до зношування Розширення впливу	Загрози: Підвищення ціни надання сервісів автоматичній дорожній метеорологічній станції Товарна конкуренція

6.3.9 Альтернативи ринкової поведінки

Таблиця 6.13 – Альтернативи ринкової поведінки

№ п/п	Альтернативи ринкової поведінки	Вірогідність отримання ресурсів	Строки виконання
1	Невисока вартість системи та низька вартість сервісу	0,7	2 роки
2	Гарантія постійного вирішення питання зношування	0,5	3 роки

Із зазначених альтернатив більш цікавою є перша, адже там існує вірогідність отримати ресурси та строки реалізації менші.

6.4 Розробка ринкової стратегії проекту

6.4.1 Визначення стратегії по охопленню ринку

Таблиця 8.14 – Визначення цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Цільова група потенційних клієнтів	Споживча готовність сприйняття товару	Орієнтовний попит в цільовому сегменті	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Дорожні організації	Висока	Середній	Низька	Середня
2	Метео-додатки	Середня	Середній	Висока	Низька
У якості цільових груп було обрано програмно-апаратні засоби метеорологічного контролю					

6.4.2 Базова стратегія розвитку

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентно- спроможні пропозиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Цільовою групою є служби дорожнього утримання	Стратегія концентрованого маркетингу	Невисока собівартість та низька вартість надання сервісу	Стратегія лідерства за витратами

6.4.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 6.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Не є	Буде шукати нових споживачів	Не буде копіювати характеристики	Стратегія заняття конкурентної ніші

6.4.4 Стратегія позиціонування

Таблиця 6.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій (три ключових аспекти)
1	Зменшення собівартості одиниці товару, що випускається	Стратегія лідерства по витратах	Технічна собівартість надання сервісної підтримки	Низька ціна Висока якість Низька вартість надання сервісної підтримки

6.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту

6.5.1 Формування маркетингової концепції товару

Таблиця 6.18 – Визначення стратегії позиціювання

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги над конкурентами
1	Збільшення зносостійкості системи автоматизованого моніторингу	Довготривале вирішення проблеми Низька вартість станцій Високий рівень технічної реалізації	Низька ціна Низька вартість надання сервісної підтримки

6.5.2 Трьохрівнева маркетингова модель товару

Таблиця 6.19 – Опис рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Кліматологічна база-даних, що впроваджує можливість підвищити якість розрахунків стану автомобільних доріг.		
	Характеристики/власності	М/Мн	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Вартість обслуговування	Мн	Вр
	2. Розміри обладнання	М	Тх
	3. Технологічна собівартість товару	М	Тл
	4. Рівень точності	М	Е
	Якість: стандарти ІЕС 61131-6		
	Параметри тестування: пере регулювання системи		
	Пакування: Полімерна тара		

Продовження таблиці 6.19

	Марка: Дорожні системи моніторингу Назва товару: не регламентується (широкий діапазон товарів)
	До продажу: Гарантія якості
	Після продажу: Можливість доставки та встановлення/налаштування приладу
Спосіб захисту від копіювання: Патент та захист інтелектуальної власності	

6.5.3 Визначення цінових меж

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	-	5500-11000	-	5000-13000

6.5.4 Визначення оптимальної системи збуту

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля для потреб підприємства пов'язана з складністю зукупуваного устаткування та взаємодією великої кількості людей	Встановлення безпосередніх контактів із споживачами та покупцями товарів Стимулювання руху товарів до споживача Транспортування товару Обслуговування проданих товарів Участь у формуванні ціни	Канал нульового рівня, що складається з виробника, який продає свій товар безпосередньо споживачам	Власна система збуту, що забезпечує обслуговування товару, формування ціни та встановлення контактів зі споживачами

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля для потреб підприємства пов'язана з складністю закуповуваного устаткування та взаємодією великої кількості людей	Встановлення безпосередніх контактів із споживачами та покупцями товарів Стимулювання руху товарів до споживача Транспортування товару Обслуговування проданих товарів Участь у формуванні ціни	Канал нульового рівня, що складається з виробника, який продає свій товар безпосередньо споживачам	Власна система збуту, що забезпечує обслуговування товару, формування ціни та встановлення контактів зі споживачами

6.5.5 Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Закупівля обладнання на довготривалий термін	Персональні Інформаційні	Позиціонування по перевазі	Інформуюче переконуюче	Представлення вигоди товару

Висновки до розділу

Ідея даного стартап-проекту є впровадження автоматизованих систем моніторингу стану автомобільних доріг по Україні. Напрямок застосування є дорожні організації.

Є можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки наявний попит та спостерігається динаміка ринку.

Конкуренція на ринку є чистою, товарно-родовою та внутрішньогалузевою, що сприяє виходу проекту на ринок.

Альтернативою впровадження найбільш вірно буде вибрати невисоку ціну товару та низьку вартість надання сервісної підтримки.

Отже, за результатами аналізу стартап-проекту, можемо дійти висновку про те, що впровадження проекту є доцільним.

ВИСНОВКИ

В ході роботи над дисертацією було проведено детальний аналіз оперативного управління роботами з зимового утримання доріг. Було досліджено основні принципи, якими керуються при наданні дорожніх сервісів, та основних стандартів, яких дотримуються при організації дорожнього господарства.

Для більш повного розуміння ситуації яка склалася у сфері погодного моніторингу автомобільних доріг, було розглянуто основні підсистеми погодного моніторингу. До них відносять термокартування доріг, інформування учасників дорожнього руху, та впровадження інформаційних технологій в дану сферу.

Під час аналізу структурної схеми автоматизованої системи моніторингу стану автомобільних доріг було перенесено акцент на проектування автоматичної дорожньої метеорологічної станції – однієї з основних блоків розробленої системи. Автоматична дорожня метеостанція проводить збір метеорологічної інформації, що дозволяє проводити аналіз поточного стану дорожнього покриття та своєчасно виконувати заходи щодо ліквідації несприятливих показників дорожньої поверхні а також проводити профілактичні заходи для майбутнього унеможливлення появи на дорожньому покритті небезпечних для учасників дорожнього руху факторів, таких як ожеледиця, заметіль тощо.

У дисертації було проведено детальний аналіз кожного типу датчиків. Було розглянуто переваги та недоліки кожного окремого варіанту реалізації. У підсумку було обрано найоптимальніший набір датчиків, що дозволяє використовувати автоматичну дорожню метеорологічну станцію найкращим чином.

В результаті роботи над дисертацією було розроблено програму підсистеми сповіщення учасників дорожнього руху. Реалізація програми сповіщення була вионана у пакеті програм Matlab.

Отже можна сказати, що поставлені у меті задачі було виконано у повному обсязі.

1. Васильев А.П., Апестин В.К., Куликов СВ. Критерии и методы планирования ремонта и очередности работ по результатам диагностики // Автомоб. дороги. - 1993. - №6. - С. 8-10.
2. Васильев А.П., Коганзон М.С., Яковлев Ю.М. Принципы прогнозирования транспортно-эксплуатационного состояния дорог // Автомоб. дороги. - 1993. - №1. - С. 8-10.
3. Жилин С.Н., Ермолаев В.И. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. - М., 2002. - 59 с. - (Автомоб. дороги: Обзорн. информ. / ГП «Информавтодор»; Вып. 5).
4. Мельников СР., Егоров М.Ю., Люляев О.В. Технология сбора полевых данных для наполнения ГИС автомобильных дорог // Информ. бюл. ГИС-Ассоциации. - 2000. - № 1 (23). - С.4-5.
5. Бойков В.Н., Крысин СП. Информационное обеспечение дорожной отрасли с позиций инженерного подхода // Наука и техника в дор. отрасли. -1999. - №2. - С 10-12.
6. Мониторинг дорог на основе географических информационных систем и передовых компьютерных технологий / П.И. Поспелов, А.А. Котов, В.И. Пуркин, Ю.В. Слободчиков: Сб. тр. / МАЛИ (ТУ). - М., 1999. - С. 43-49.
7. Хяркянен К.В. Совершенствование управления дорожной сетью Финляндии // Вестн. Акад. трансп. -1992. - №2. -С. 94-99.
8. Bark A., Levin C, Mattep V. Wirksamkeit des Strapenwinter-dienstes auf die verkohrssicherheit und die wirtschaftlichkeit des verkenrsablaufes auf Bundesautobahnon // Forsch Strassenbau und Strassenverkehrstechn. -1996. - № 719. - S. 1-108.
9. Durth W. Kosten und Nutzen des Winterdienstes // Strasse und Autobahn. - 1995. - Vol. 46. - № 9. - S. 505-509.
10. Giloppe O. Coordination des actions du service hivernal dans les DDE. Une approche methodologigie des niveaux de service // Revue Generale des Routes et des Aerodromes. - 1998. - № 758. - P. 22-25.

11. Gustafson K., Oberg G. Minsalt - a 5-year study to minimize the negative effects of salt?: Conf. Strateg. Highway Res. Program and Traffic Safety Two Gothenburg, 18-20 September, 1991. Pt. 5 // VIJ rapp. -1991. - 5, № 372A. - P. 159-174.
12. Reinhold M. Kein Angst Schnee und Eis // Stahlmarkt. -1993. -Vol. 43. - № 12. - P. 37-40.
13. Roussel J. Phenomenes hivernaux et conditions routieres de circulation // Revue Generale des Routes et des Aerodromes. - 1998. -№758.-P. 19-20.
14. Mergenmeier A. New strategies can improve winter road maintenance operations // Public Roads. -1995. - Vol. 55. - № 4. - P. 16-17.
15. Smithson L. Preserving and maintaining the highway system: New tools and strategies // TR News. - 1997. - № 118. - P. 20-25.
16. Сиденко В.М., Рокас С.Ю. Управление качеством в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1981. - 252 с.
17. Энциклопедия кибернетики. В 2 т. - Киев: Гл. ред. Укр. Сов. Энцикл., 1975. - Т. 1. - 607 с; Т. 2. - 618 с.
18. Организация и управление в строительстве. Основные понятия и термины: Учеб.-справ. пособие. - М.: Изд-во АСВ; С.-Пб.: С.-ПбГАСУ.-1998.-316с.
19. Важенин Н.А., Волковский А.С., Богачев В.М. Современные информационные технологии в задачах управления производственными процессами // Наука и техника в дор. отрасли. - 1999. - №1. - С. 7-9.
20. Самодурова Т.В. Совершенствование управления зимним содержанием дорог на основе метеорологического обеспечения // Повышение качества строит. работ, материалов и проект. решений. -Брянск, 2000. - С.78-81. - (Сб. науч. тр. / Брян. гос. инж.-техн. акад.).
21. Афанасьев Э.В., Ярошенко В.Н. Эффективность информационного обеспечения управления. - М.: Экономика, 1987. - 111 с.
22. Совершенствование информационной системы автомобильных дорог на основе опыта внедрения ГИС - проектов «Инвентаризация» и «Паспортизация» / П.И. Поспелов, А.А. Котов, В.И. Пуркин, Ю.В. Слободчиков // Информ. бюл. ГИС-Ассоциации. -2000. - № 4 (26)-5 (27). - С.26-29.

23. Кошенко А.М. Особенности образования гололедицы на Украине. - Киев, 1974. - С. 67-82. - (Тр. / Укр. науч.-техн. гидрометеорол. ин-та; Вып. 132).
24. Рудаков Л.М., Веселов Е.П. Метеорологические условия образования и прогноз гололедицы: Метод, письмо. - М.: Моск. отд-ние Гидрометеоиздата, 1971. - 12 с.
25. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. -Л.: Гидрометеоиздат, 1985. - 301 с.
26. Самодурова Т.В. Организация борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах по данным прогноза: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1992. -235 с.

ДОДАТОК А

Код програми системи сповіщення

```
VID=input('Введіть відстань видимості у метрах =');
if VID>=300
VIDs=100;
elseif VID>=100 && VID<300
VIDs=80;elseVIDs=60;
a=imread('ObgonZapreschen.jpg');
imshow(a)
disp('УВАГА! ТУМАН')
end
TV=input('Введіть температуру повітря в градусах цельсія= ');
d=datetime('now');
d1 = datetime('23-May-2019');
d2 = datetime('31-Aug-2019');if TV >=24 && d>=d1 && d<=d2
b=imread('OgranNaOsi.jpg');
imshow(b)
end
SV=input('Введіть швидкість вітру м/с =');if SV>=10
c=imread('Veter.jpg');imshow(c)
SVs=80;elseSVs =100;end
Gololed=1;
Mokro=2;
Suh=3;
SP=input('Введіть стан дорожнього покриття: Ожеледиця=1, Мокре=2,
Суше=3 = ');if SP<=2
f=imread('SkolskayaDoroga.jpg');
imshow(f)
SPs=60;elseSPs=100;end
disp('Швидкість за обмеженої видимості= '); disp(VIDs)
disp('Швидкість за сильного вітру= '); disp(SVs)
disp('Швидкість за незадовільного стану дорожнього покриття= ');
disp(SP)
if VIDs<=SVs
SK= VIDs;elseSK=SVs;end
if SK>=SPs
SK=SPs;end
disp('Підсумкова швидкість = '); disp(SK)
if SK==120
a=imread('120.jpg');
imshow(a)
end
if SK==100
a=imread('100.jpg');
imshow(a)end
if SK==80
a=imread('80.jpg');imshow(a)
end
if SK==60
a=imread('60.jpg');imshow(a)
end
```