

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

«Технології захисту навколишнього середовища при  
використанні протижелезних засобів на дорогах»

Мудрак Клавдія Василівна

Київ 2023 р.

# **КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

## **БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЗНС та ОП

\_\_\_\_\_ Т.М. Ткаченко

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 року

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ МАГІСТРА**

«Технології захисту навколишнього середовища при

використанні протижеледних засобів на дорогах»

Виконала студентка групи зТНС-61м

Мудрак Клавдія Василівна

Спеціальність: 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

Керівник: к.т.н., доцент Кравченко М.В.

Рецензент: к.т.н., доцент Василенко Л.О.

Київ 2023 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність: 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЗНС та ОП

\_\_\_\_\_ Т.М. Ткаченко

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ МАГІСТРА**

**Мудрак Клавдія Василівна**

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1.Тема роботи «**Технології захисту навколишнього середовища при використанні протижеледних засобів на дорогах**»

керівник роботи: к.т.н., доц. Кравченко М.В.

затверджена наказом вищого навчального закладу від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_  
2023 р. № \_\_\_\_\_

2.Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 2023 р.

3.Вихідні дані до роботи: наукова та нормативна література щодо впливу на довкілля протижеледних засобів на дорогах, результати експериментальних досліджень вмісту іонів хлору у цементобетонних автодорожніх конструкціях.

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України

2.Сучасний стан боротьби із зимовою слизькістю

3. Оцінювання впливу хлоридів на стан мостових споруд

4.Технології захисту навколишнього середовища, вимоги безпеки та охорони праці при зимовому утриманні автомобільних доріг України

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу а) Таблиці; б) Рисунки; в) Схеми.

## 6. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів атестаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Отримання теми завдання, пошук літературних джерел та законодавчої бази	січень/лютий 2023 р.	виконано
2	Підготовка основної частини (Розділ 1)	березень 2023 р.	виконано
3	Підготовка основної частини (Розділи 2, 3)	квітень/травень 2023р.	виконано
4	Підготовка основної частини (Розділ 4)	вересень 2023р.	виконано
5	Формування висновків та рекомендацій атестаційної роботи	жовтень 2023 р.	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	жовтень 2023 р.	виконано
7	Висновки	листопад 2023р.	виконано
8	Список використаної літератури	листопад 2023р.	виконано
9	Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	грудень 2023р.	
10	Попередній захист роботи на кафедрі	грудень 2023р.	

## 7. Консультанти розділів атестаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			

8. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та посилань. Робота містить 8 рисунків та 13 таблиць. Загальний обсяг магістерської роботи – 70 сторінок.

**Актуальність теми.** Автомобільні дороги повинні забезпечувати безперебійний рух транспортних засобів. Якість дорожнього покриття в кліматичних умовах України в осінньо-зимовий період суттєво залежить від використання протиожеледних засобів. Найбільш вживаним протиожеледним матеріалом є хлориди. Вони негативно впливають на матеріал покриття, металеві деталі машин і дорожніх споруд. Страждає також екологічний стан придорожньої смуги.

Інтенсивність обледеніння поверхні суходолу мостів значно більша за однакових погодних умов у порівнянні з автомобільною дорогою. Тому періодичний контроль вмісту агресивних складових протиожеледних матеріалів є необхідним саме в цементобетонних конструкціях мостів.

Забезпечення підтримки у відповідному технічному стані покриттів об'єктів дорожньої інфраструктури значно підвищить безпеку руху, знизить кількість викидів відпрацьованих газів автомобілів, зменшить фінансові витрати на ремонтні роботи.

**Мета роботи** – визначити оптимальні засоби захисту дорожніх покриттів від ожеледиці; попередити руйнування цементобетонних покриттів в осінньо-зимовий період.

**Ключові слова:** *навколишнє середовище, зимова слизькість, протиожеледні засоби, дорожні покриття, цементобетонні конструкції, хлорид натрію.*

## ЗМІСТ

	ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1.	УСУНЕННЯ ЗИМОВОЇ СЛИЗЬКОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ УКРАЇНИ.....	11
1.1.	Нормативні вимоги щодо експлуатаційного утримання доріг.....	11
1.2.	Розрахунок норм розподілення ПОМ.....	13
РОЗДІЛ II.	СУЧАСНИЙ СТАН БОРОТЬБИ ІЗ ЗИМОВОЮ СЛИЗЬКІСТЮ.....	18
2.1.	Фрикційний засіб.....	18
2.2.	Хімічний засіб.....	25
2.3.	Конструкційний засіб.....	34
2.4.	Тепловий засіб.....	40
2.5.	Комбінований засіб.....	43
РОЗДІЛ III.	ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ХЛОРИДІВ НА СТАН МОСТОВИХ СПОРУД .....	47
3.1.	Визначення вмісту хлорид-іонів у покритті мостового переходу .....	47
3.2.	Методика визначення вмісту водорозчинних хлоридів .....	48
3.3.	Аналіз стійкості цементобетонного покриття конструкції.....	52
РОЗДІЛ IV.	ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ЗИМОВОМУ УТРИМАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ.....	54
4.1.	Фрикційний засіб як засіб зменшення забруднення навколишнього середовища.....	54
4.2.	Технології захисту довкілля при використанні хімічних протиожедних матеріалів .....	56

4.3.	Екологічно безпечний комбінований засіб.....	60
4.4.	Організаційні заходи щодо оптимізації експлуатаційного утримання доріг як складова технологій захисту навколишнього середовища.....	64
4.5.	Основні вимоги безпеки та охорони праці.....	65
	ВИСНОВКИ.....	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	68

## ВСТУП

Автомобільні дороги повинні забезпечувати безперебійний рух транспортних засобів. Якість дорожнього покриття в кліматичних умовах України в осінньо-зимовий період суттєво залежить від використання протиожеледних засобів.

Аналіз міжнародного досвіду у вирішенні проблем боротьби із зимовою слизькістю доводить, що утримання автомобільних доріг у зимовий період має негативний вплив на довкілля [1, 2]. Сучасні протиожеледні матеріали (ПОМ) вирізняються екологічністю [3].

Боротьба із зимовою слизькістю на автомобільних дорогах України виконується із застосуванням в основному хімічних засобів. Найбільш вживаним ПОМ є хлориди. Вони можуть негативно впливати на матеріал покриття, металеві деталі машин і дорожніх споруд, на екологічний стан придорожньої смуги.

Наслідки зимового періоду пов'язані як з суттєвим збільшенням дорожньо-транспортних пригод, так і з необхідністю проведення профілактичних заходів, наступним ремонтом доріг, і особливо це стосується ремонту мостів, які найбільше серед дорожніх об'єктів потерпають в процесі експлуатації.

Інтенсивність обледеніння поверхні мостів значно більша за однакових погодних умов в порівнянні з автомобільною дорогою, що пояснюється швидким промерзанням дорожнього покриття мосту при загальному похолоданні [4]. Тому періодичний контроль вмісту агресивних складових ПОМ необхідним є саме в цементобетонних конструкціях мостів.

**Предмет дослідження:** вплив ПОМ на навколишнє середовище.

**Об'єкт дослідження:** Південний мостовий перехід м. Києва.

**Мета роботи** полягає у визначенні оптимальних засобів захисту дорожніх покриттів від ожеледиці, попередженні руйнування цементобетонних конструкцій в осінньо-зимовий період.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- виконати аналіз літературних даних щодо впливу протиожеледних засобів на навколишнє середовище;
- визначити вміст хлорид - іонів у зразках цементобетону;
- провести оцінювання корозійної стійкості цементобетонних покриттів мостових споруд під впливом іонів хлору.

# РОЗДІЛ І.

## УСУНЕННЯ ЗИМОВОЇ СЛИЗЬКОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ УКРАЇНИ

### 1.1. Нормативні вимоги щодо експлуатаційного утримання доріг

Закон України «Про автомобільні дороги» передбачає будівництво, функціонування, реконструкцію, ремонт та утримання автомобільних доріг в інтересах держави і користувачів автомобільних доріг [5]. Розвиток транспортної галузі потребує модернізації і комплексного підходу до вирішення проблем, зокрема, сезонної профілактики та боротьби з ожеледицею автомобільних доріг.

Ожеледиця – шар льоду, що виникає на поверхні дороги при температурах, близьких до 0°C і нижчих. Внаслідок зимової слизькості знижується коефіцієнт зчеплення ( $K_{зч}$ ) колеса автомобіля з покриттям дороги до значень 0,33-0,35. Згідно ДСТУ 3587-97 нормативне значення  $K_{зч} = 0,45$ . Негативне явище погіршує перепускную здатність доріг, збільшує кількість дорожньо-транспортних пригод тощо.

Проблема зимової слизькості потребує проведення профілактичних заходів, супроводжується наступним ремонтом доріг, і особливо ремонтом мостів.

Крім того, проблема ожеледиці охоплює не тільки автомобільну дорогу загального користування у межах смуги відведення (земляне полотно; проїзна частина; дорожнє покриття; смуга руху; споруди дорожнього водовідводу та водоочисні споруди; інші інженерні облаштування: снігозахисні споруди, протилавинні і протиселеві споруди; уловлювальні з'їзди; нагірні канали; випарні басейни; відкриті та закриті дренажні системи), а також пішохідні проходи, тротуари та інші відповідні елементи дорожньої інфраструктури.

Стан дорожнього покриття вулиць та доріг в населених пунктах має відповідати вимогам ДБН В.2.3-4 та ДБН В.2.3-5 [6,7]. Утримання вулично-дорожньої мережі в населених пунктах належить виконувати відповідно до вимог ДСТУ 3587:22 [8], Технічних правил ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів [9] та Єдиних правил ремонту і утримання автомобільних доріг, залізничних переїздів, правил користування ними та охорони [10].

Зазначені Технічні правила передбачають виконання робіт сезонного характеру, що забезпечують належну чистоту доріг і нормальні умови експлуатації. Правила обумовлюють необхідність регулярного очищення дорожнього покриття від забруднення, ліквідацію зимової ожеледі, своєчасне збирання сніжних валів, тощо. Правила регламентують два процеси – профілактичну обробку і безпосередньо чищення дорожнього покриття. Відповідно до правил профілактику потрібно проводити за 1-2 години до виникнення ожеледиці, прогнозованої метеоспостереженнями. Чищення відбувається в два етапи: спочатку лід обробляють сіллю, а через 3-5 годин сколюють спеціальним устаткуванням.

У відповідності до стандарту ДСТУ 3587:22 [8] профілактика ожеледиці відноситься до виду робіт під загальною назвою «утримання доріг» – комплекс робіт, в результаті яких підтримується транспортно-експлуатаційний стан дороги, дорожніх споруд, смуги відведення, елементів облаштування дороги, організації та безпеки руху.

Розробка нового складу для профілактики ожеледиці повинна базуватись на використанні наявних нормативів, існуючих засобів та техніки для проведення вказаних робіт.

Діючі нормативні документи в Україні передбачають норми витрат ПОМ, які повинні убезпечувати навколишнє середовище від техногенного впливу утримання дорожніх покриттів [10].

## 1.2. Розрахунок норм розподілення ПОМ

Найбільш поширеним засобом боротьби з ожеледицею в Україні є фрикційний – посипання доріг піском, пісчано-гравійною сумішшю [2,11].

Для усунення зимової слизькості, а також для профілактичної обробки широко застосовується також хімічний засіб.

Хіміко-фрикційний засіб передбачає змішування твердих кристалічних складових ПОМ з інертними матеріалами. Засіб застосовується для підвищення зчіпних якостей автомобільної дороги. Як інертні матеріали використовують пісок та інші мінеральні речовини, які забезпечують відповідність ПОМ вимогам чинних нормативних документів [9].

ПОМ розподіляють рівномірно по поверхні покриття. Норми розподілення хлоридів наведено в додатку 5 до вказаних Технічних правил:

Таблиця 1.1.

Усереднені норми розподілення чистих хлоридів [9]

Протиожеледні матеріали	Лід				Сніжно-льодовий накат				Пухкий сніг			
	усереднені норми розподілення чистих хлоридів, г/м <sup>2</sup> , за від'ємної температури атмосферного повітря											
	0-5°C	6-10°C	11-15°C	нижче 15°C	0-5°C	6-10°C	11-15°C	нижче 15°C	0-5°C	6-10°C	11-15°C	нижче 15°C
Хлористий натрій (технічна сіль)	20	40	70	-	15	30	50	-	10	20	30	-
Хлористий кальцій: лускоподібний ХКФ	30 35	60 65	80 90	100 100	25 30	40 50	60 70	80 90	20 20	30 35	40 45	50 60
Суміш хлористого натрію з хлористим кальцієм (88 : 12)	25	50	75	-	20	40	65	-	15	25	40	-
Ропа, природні розсоли,	170	240	-	-	140	170	-	-	100	120	-	-

пластові води, концентровані розчини хлористо-натрієвого складу												
Пластові води і концентровані розчини хлористо-натрієвого складу	140	180	220	260	100	130	160	200	80	100	130	160
Примітка.	<p>Норми розподілу технічної солі зазначені у складі ПСС (допускається застосування технічної солі у складі з ПСС і за температур від 0°C до мінус 15°C).</p> <p>Прочерк означає, що за такої температури повітря зазначена хімічна речовина не застосовується.</p> <p>Лускоподібний хлористий кальцій доцільно застосовувати за температури повітря від мінус 15°C до мінус 35°C.</p> <p>Норми розраховані для товщини льоду - 1 мм, сніжно-льодяного накату - 1 см, пухкого снігу - 2 см.</p>											

*{Додаток 5 редакції Наказу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства № 309 від 19.11.2018}*

Очищення покриття від шару снігово-льодового накату або льоду за умови відсутності снігопаду виконують у такій послідовності:

а) при температурі повітря до мінус 10°C обробка технічною сіллю за нормою розподілення 15-30 г/м<sup>2</sup>;

б) при температурі повітря від мінус 11°C до мінус 15°C покриття обробляють піско-соляною сумішшю (ПСС) за норми розподілення технічної солі 70 г/м<sup>2</sup>. Після розподілу ПОМ необхідно зробити витримку до тих пір, поки відкладення унаслідок часткового їх плавлення не розпушиться в результаті дії коліс автомобілів. Розпушену масу, що утворилася, сколюють та зсовують автогрейдером;

в) при температурі атмосферного повітря нижче мінус 15°C покриття обробляють ПСС з мінімальним вмістом солі (5%) за норми розподілення 150-400 г/м<sup>2</sup>, повторну і подальші обробки покриттів здійснюють при зсуві 50% фрикційних матеріалів з проїзної частини.

Застосування хімічних реагентів під час зимового утримання вулиць та доріг з цементобетонним покриттям дозволено лише після 1,5 року з моменту закінчення його будівництва, якщо в цементних бетонах використовувалися

повітряозалучаючі добавки, а за їх відсутності – після 3-х років.

Використання хімічних реагентів під час зимового утримання вулиць та доріг здійснюють з урахуванням граничних температур. Граничні температури застосування хімічних реагентів наведено у додатку 6 до цих Технічних правил.

Таблиця 1.2.

### Граничні температури застосування хімічних реагентів [9]

Найменування реагенту	Гранична температура повітря, °С
Технічна кухонна сіль	Мінус 15
Сіль силвінітових відвалів	Мінус 10
Хлористий кальцій лускавитий або фосфатований (ХКФ)	Мінус 35
Суміш хлористого натрію та хлористого кальцію у співвідношенні (відсоток) за масою 88:12 або 92:8	Мінус 20
Розчини хлоридно-натрієвої суміші (25% концентрації), розчин хлористого кальцію (28 % - 35 % концентрації)	Мінус 15

З метою зниження корозійної агресивності в хімічні реагенти вводять інгібітори. Норми введення інгібіторів в хімічні реагенти наведено у додатку 7 до цих Технічних правил.

Відповідно до Методики підготовки вулично-дорожньої мережі на підставі усереднених даних Українського гідрометеорологічного центру щодо кліматичних умов у зимовий період за адміністративно-територіальним поділом України визначаються

- граничні температури застосування хімічних реагентів, наведені в додатку 6 до Технічних правил;

- норми розподілу кожного виду матеріалу за даними, наведеними в додатку 3 до цієї Методики;

- кількість обробок за зимовий період і-м видом фрикційного матеріалу ( $N_i$ ) за формулою 1.1

$$N_i = N_c \times \left(1 + \frac{t_c}{t_q}\right), \quad (1.1)$$

де  $N_c$  - середня кількість випадків снігопадів;

$t_c$  - середня тривалість снігопадів, години;

$t_q$  - тривалість етапу обробки, передбачена технологією, години.

Тривалість  $t_q$  етапу обробки приймається за даними додатка 4 до Технічних правил, значення  $t_c/t_q$  заокруглюється у менший бік до цілого числа.

Середня кількість випадків снігопадів  $N_c$  приймається за даними, наведеними у додатку 2 до цієї Методики для кліматичної зони, у якій розташований даний населений пункт, і коригується у бік збільшення на підставі документально підтверджених статистичних даних стосовно цього населеного пункту за попередні роки щодо випадків снігопадів.

Кількість  $N_c$  випадків снігопадів, що приймається для розрахунку, визначається за формулою 1.2

$$N_c = (K_{он} \times 10 + \sum_{i=1}^n K_{oj}) / (n + 10),$$

(1.2)

де 10 - період статистичних даних, роки;

$K_{он}$  - нормативна кількість випадків снігопадів, що приймають за даними дodatка 2 до цієї Методики;

$n$  - кількість років, за які є статистичні дані;

$K_{oj}$  - кількість випадків снігопадів у  $j$ -му році,  $1 \leq j \leq n$ .

Суму у формулі 1.2 беруть за зазначені  $n$  років.

Необхідна кількість і-го виду технологічного матеріалу для боротьби

з ожеледицею для j-го виду покриття ( $Q_{ij}$ ) визначається за формулою 1.3

$$Q_{ij} = S_j \times q_j \times N_i \times 10^{-6}, \quad (1.3)$$

де  $S_j$  - площа оброблюваної ділянки,  $m^2$ ;

$q_j$  - щільність посипання,  $г/м^2$ ;

$N_i$  - кількість обробок за зимовий період i-м видом фрикційного матеріалу згідно з формулою 1.1.

Необхідна кількість i-го виду технологічного матеріалу для боротьби з ожеледицею на весь сезон ( $Q_i$ ), т, визначається за формулою 1.4:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_{ij}, \quad (1.4)$$

де  $n$  - кількість видів покриття.

Кількість певного виду фрикційного матеріалу, що потрібен для боротьби з ожеледицею на проїзній частині, визначається на підставі усереднених даних Українського гідрометеорологічного центру щодо кліматичних умов у зимовий період за адміністративно-територіальним поділом України та даних про площу оброблюваних ділянок, додаток 3 Методики:

Таблиця 1.3

**Норми розподілу технологічних матеріалів під час снігоочищення  
вулиць та доріг [12]**

Температура снігу, град. С	Кількість матеріалів, г/кв. м				
	кристалічні реагенти	ПСС	розчин хлоридно-натрієвої суміші		
			лід	сніжно- льодовий накат	пухкий сніг
1	2	3	4	5	6
Вище мінус 6	15	200	170	140	100
Від мінус 6 до мінус 18	18	300	240	170	120

Нижче мінус 18	35	400	-	-	-
----------------	----	-----	---	---	---

## РОЗДІЛ II

### СУЧАСНИЙ СТАН БОРОТЬБИ ІЗ ЗИМОВОЮ СЛИЗЬКІСТЮ

На автомобільних дорогах України застосовуються різні протиожеледні засоби. Слід розмежовувати засоби для боротьби із зимовою слизькістю та матеріали для виконання поставлених завдань.

Загалом, за принципом дії розрізняють наступні засоби профілактики і боротьби з ожеледицею: фрикційний, хімічний, комбінований, конструкційний та тепловий [13].

#### **2.1. Фрикційний засіб**

Осінньо-зимовий період ставить серйозні виклики для утримання автомобільних доріг. Покриття доріг має залишитися чистим і неслизьким навіть при інтенсивному русі транспорту. Використання протиожеледних реагентів є неминучим. Основою більшості з них є технічна сіль. Одна з найпоширеніших таких сумішей – ПСС. Вона була створена однією з перших і застосовувалась на протязі тривалого часу. Однак, згодом було виявлено ряд недоліків при її використанні: засмічення стоків, корозія автотранспорту і комунікацій, забруднення навколишнього середовища. Сучасні альтернативні протиожеледні засоби є більш ефективними і екологічно безпечнішими, але їх висока собівартість уповільнює впровадження. Наразі вже опрацьована методика використання ПОМ, які або не містять технічну сіль, або ж її частка дуже мала. Зазвичай використовуються суміші з різних хімічних речовин, зроблені на основі мармурового щебеню. Проте, незважаючи на заборону використання, в Україні для боротьби з ожеледицею й досі застосовують ПСС.

Для зменшення негативного впливу на довкілля боротьбу з ожеледицею і слизькістю на тротуарах і проїздах рекомендується проводити фрикційним засобом, використовуючи пісок без домішок солі.

Фрикційний засіб є одним із сучасних підходів до боротьби із зимовою слизькістю на дорогах. Він полягає в розсипанні фрикційних матеріалів по заледенілому покриттю, дозволяє роздробити лід та створити грубу поверхню (рис.2.1).



**Рисунок 2.1. Фрикційний метод боротьби із зимовою слизькістю на дорогах [1]**

Фрикційні матеріали не ліквідують зимову слизькість, але підвищують коефіцієнт зчеплення. Декілька прикладів таких матеріалів:

- Пісок або гравій. Використання піску або гравію на дорогах є поширеним методом боротьби із зимовою слизькістю. Вони надають додатковий опір ковзанню і покращують тягу автомобілів.
- Крихти гуми. В деяких випадках гумові крихти, виготовлені зі старих шин, використовуються як фрикційний засіб. Вони також надають додатковий опір та поліпшують тягу.

- Магній або кальцій. Деякі спеціальні фрикційні матеріали можуть містити магній або кальцій, які надають опір ковзанню та покращують тягу на слизьких поверхнях.

Розроблені також спеціальні фрикційні матеріали, які складаються з металевих часток або абразивних полімерних матеріалів. Ці матеріали розсипаються на дорозі, а під дією транспортних засобів розрізають верхній шар льоду або снігу, що покращує зчеплення.

Норма розсипу фрикційних матеріалів на прямих ділянках доріг з повздовжнім уклоном до 20% складає від 0,1 до 0,2 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup>. На аварійно небезпечних ділянках розсипають від 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup>. Може застосовуватися тільки на дорогах IV та V категорій. Для підвищення ефективності впливу фрикційних матеріалів перед розподілом їх рекомендується нагрівати до температури 80-100°C. Шорсткість обледенілого дорожнього одягу в зимовий період підвищували також нагріванням гранітного чи базальтового відсіву до температури 160-200°C. При цьому була відсутня потреба у використанні нової спеціальної техніки та спеціального обладнання [14].

Фрикційний засіб може застосовуватись окремо або в поєднанні з іншими методами, такими як розпилення солі або застосування антигололідних розчинів. Важливо враховувати, що фрикційні матеріали можуть вимагати регулярного поповнення та вивезення після закінчення зимового періоду.

Фрикційні матеріали повинні застосовуватися в сухому, розсипчастому стані з вологістю, що не перевищує безпечну відносно змерзнення. Найбільша величина частинок не повинна перевищувати 5,0 мм. Оптимальний модуль крупності від 2 до 3,5. В ньому не допускається вміст пилюватих, глинистих і інших забруднюючих домішок більше 3%, а також окремого крупного каміння або щебеню.

Для запобігання змерзнення і додання сипучості в фрикційний матеріал вводять сухий пісок – 20% за об'ємом або технічну сіль – 5% по масі.

Використання фрикційних матеріалів також має недоліки. Абразивні матеріали призводять до зносу дорожнього покриття, металеві частки можуть бути шкідливими для довкілля. Тому важливо контролювати та утилізувати ці матеріали.

Боротьбу з ожеледицею на тротуарах і внутрішньо-квартальних проїздах рекомендується вести фрикційним засобом, використовуючи пісок без домішок солі.

Фрикційні протиожеледні матеріали, які застосовують для боротьби із зимовою слизькістю повинні задовольняти вимогам таблиці:

Таблиця 2.1.

**Фрикційні протиожеледні матеріали, які застосовують для боротьби із зимовою слизькістю**

Найменування показників	Норми		
	Пісок	Щебінь	Шлак
1. Зерновий склад %, масова частка частинок розміром:			
- > 10 мм	не допускається	не допускається	не допускається
- > 5 мм до 10 мм, не більш	5	5	5
- > 1 мм до 5 мм, не менше	75	80	80
- 1 мм і менш, не більш	20	15	15
2. Модуль крупності	2,0-3,5	-	-
3. Масова частка пилоподібних і глинистих частинок %, не більш	3	3	5
4. Масова частка глини в грудках %, не більш	0,35	не допускається	не допускається
5. Масова частка металевих домішок %, не більш	-	-	3
6. Марка по міцності, не менше	-	600	600
7. Вологість %, не більш	5	5	5
8. Питома ефективна активність природних радіонуклідів, Бк/кг, не більш:			
для доріг і вулиць в населених пунктах	740	740	740
для позаміських доріг	1500	1500	1500

В окремих випадках обледенілі або покриті сніго-льодовим накатом середквартальні проїзди допускається посипати ПСС з 3 % вмістом солі.

Фрикційний засіб, не дивлячись на значну економію коштів від використання доступних та дешевих сипких матеріалів, носить виключно миттєву вигоду. Абразивний матеріал різної природи та походження дисперсністю до 5 мм, посипаний на проїзній частині дороги, здатний забезпечити профілактику тривалістю не більше 0,5 години. Матеріал не затримується на проїзній частині, розсіюється до обочини дороги. Цей засіб найбільш ефективний при відсутності атмосферних опадів на підйомах та спусках автомобільних шляхів, де швидкість транспортних засобів обмежено. Недоліком методу в умовах значної урбанізації міст є додаткові витрати на прибирання відповідних територій, утилізацію отриманих продуктів. Використання абразивних матеріалів типу гранітного відсіву призводить до засмічення систем водостоку.

Характеристики фрикційного засобу усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України:

1. Склад: Фрикційні засоби можуть містити різні компоненти, такі як ПСС, абразивні матеріали, хімічні добавки, полімери тощо. Ці компоненти сприяють збільшенню тертя між шинами та дорогою.

2. Застосування: Фрикційний засіб наноситься на дорожнє покриття за допомогою спеціальних обладнань, таких як посипальні машини або розпилувачі. Він може застосовуватися на різних типах доріг, включаючи асфальт, бетон та кам'яну кладку.

3. Ефективність: Фрикційний засіб допомагає покращити адгезію шин до дороги, забезпечуючи кращу контрольованість та стабільність автомобіля. Він допомагає зменшити ризик заносу та ковзання, що сприяє безпеці на дорозі.

4. Тривалість дії: Ефективність фрикційного засобу може залежати від погодних умов, інтенсивності руху та кількості опадів. Деякі засоби мають довготривалу дію і можуть підтримувати покращену адгезію на дорозі

протягом тривалого періоду, тоді як інші потребують регулярного застосування.

5. Вплив на дорожнє покриття: Використання фрикційного засобу може мати певний вплив на дорожнє покриття, зокрема на асфальт і бетон. Деякі речовини можуть спричиняти знос та пошкодження покриття, тому важливо ретельно обирати відповідні компоненти.

Плюси використання фрикційного засобу усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України:

1. Покращена безпека: Використання фрикційного засобу допомагає підвищити адгезію шин до дороги, що зменшує ризик ковзання, заносу та нестабільного керування автомобілем на слизьких дорогах. Це сприяє покращенню безпеки руху і зменшенню аварійності.

2. Покращена прохідність: Фрикційний засіб забезпечує кращу адгезію шин до дороги, що поліпшує прохідність транспортних засобів на засніжених або ожеледицевих ділянках. Це допомагає забезпечити більш ефективний рух транспорту та зменшити затори.

3. Зменшення використання солі: Використання фрикційного засобу може допомогти зменшити залежність від солі або хлоридів для боротьби зі слизькістю. Це має позитивний екологічний вплив, оскільки допомагає знизити негативний вплив на навколишнє середовище і інфраструктуру.

4. Покращення умов руху: Фрикційний засіб допомагає покращити умови руху для автомобілів, забезпечуючи кращу контрольованість та стабільність при гальмуванні, прискоренні та поворотах.

Враховуючи ці плюси, використання фрикційного засобу усунення зимової слизькості є ефективним засобом забезпечення безпеки та поліпшення прохідності на автомобільних дорогах України в зимовий період.

Мінуси використання фрикційного засобу усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України:

1. Знос дорожнього покриття: Фрикційні матеріали, особливо абразивні, можуть спричиняти знос та пошкодження дорожнього покриття – зростання ям, тріщин, загальне погіршення стану доріг.

2. Вплив на автомобілі: Фрикційні матеріали можуть мати вплив на зовнішній вигляд автомобілів. Вони можуть залишати сліди, плями або корозію на кузові автомобіля. Це вимагає додаткових зусиль для очищення та підтримки естетичного стану автомобілів.

3. Залежність від погодних умов: Вплив дощу, снігу, температури та інших факторів може зменшити тривалість дії фрикційного засобу і вимагати частішого застосування.

4. Вартість та обмежені ресурси: Використання фрикційного засобу на автомобільних дорогах вимагає фінансових витрат на придбання, застосування та підтримку необхідного обладнання. Крім того, наявність обмежених ресурсів може бути проблемою для покриття всіх ділянок доріг.

5. Потенційний вплив на довкілля: Деякі фрикційні матеріали можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, деякі хімічні компоненти можуть потрапляти до ґрунту або водних джерел і впливати на екосистему.

Ці мінуси важливо враховувати при розгляді використання фрикційного засобу усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України і розробці відповідних стратегій та заходів для зменшення їх негативних наслідків.

*Таблиця 2.2.*

**Плюси і мінуси використання фрикційного засобу для усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України**

<b>Плюси</b>	<b>Мінуси</b>
Покращена безпека руху	Знос дорожнього покриття
Поліпшена прохідність транспорту	Вплив на зовнішній вигляд автомобілів
Зменшення ризику аварій	Залежність від погодних умов
Зниження використання солі та хлоридів	Вартість та обмежені ресурси

Плюси	Мінуси
Покращення умов руху	Потенційний вплив на довкілля

## 2.2. Хімічний засіб

Найбільш вживаним засобом боротьби із зимовою слизькістю на дорогах в Україні є хімічний засіб. Профілактика та усунення ожеледиці хімічним засобом передбачає обробку покриття твердими або рідкими реагентами. Принцип їх дії полягає в зниженні температури замерзання розчину на поверхні дорожнього полотна.

Це явище кріоскопії – зниження температури замерзання розчину порівняно з чистим розчинником. Ефективність зниження температури відповідно до закону Рауля [4] прямо пропорційна концентрації розчиненої речовини відповідно до формули 2.1:

$$t_{\text{зам}} = Km, \quad (2.1)$$

де  $K$  – коефіцієнт пропорційності, називаний кріоскопічною сталою;

$m$  – моляльна концентрація, що дорівнює числу молів розчиненої речовини в  $1000 \text{ м}^3$  розчинника.

Для сильно розведених розчинів моляльна концентрація збігається з мольною концентрацією і обидві вони пропорційні мольній частці розчиненої речовини. Пораховано кріоскопічну сталу для води за формулою 2.2:

$$K = t_{\text{зам}}/m = (0 - (-0,186))/0,1 = 1,86. \quad (2.2)$$

При дії хімічного реагенту лід розчиняється з утворенням розчину, температура замерзання якого нижча за температуру замерзання води. Кількість реагенту повинна збільшуватись пропорційно градієнту температури довкілля. Розчин солі розтоплює лід, поки концентрація розчину достатня, щоб температура замерзання була нижчою за температуру

плавлення льоду. Швидкість танення льоду і снігу залежить від швидкості розчинення солей і евтектичної температури розчинів.

На практиці використовують показник робочої температури. Встановлено основні експлуатаційні характеристики хімічних реагентів.

*Таблиця 2.3.*

**Термодинамічні характеристики реагентів для профілактики ожеледиці**

Реагент	Температура, °С		Теплота розчинення, ккал/моль	
	евтектична	робоча	екзотермічна	ендотермічна
Хлорид кальцію	-51,0	-34,0	-51,40	
Хлорид натрію	-21,2	9,0...-12,0		1,18
Хлорид калію	-10,0	-4,0		4,28

Однією з основних характеристик реагентів є плавляча здатність – кількість льоду в грамах, яку здатний розплавити один грам реагенту. Враховуючи, що молекулярна маса NaCl – 58,5, а молекулярна маса CaCl<sub>2</sub> – 111, дві молекули NaCl рівнозначні по витраті реагенту одній молекулі CaCl<sub>2</sub>. Тому хлористий кальцій при низьких температурах більш ніж в два рази ефективніший хлористого натрію.

Використання більш ефективних в порівнянні з хлоридом натрію ПОМ на основі хлориду кальцію і хлориду магнію, в тому числі у вигляді розчинів, забезпечує більш низькі норми витрат – в середньому 70 г/м<sup>2</sup>, тоді як ПСС – 300 г/м<sup>2</sup>. Аналіз літературних джерел, патентів та нормативних регламентів свідчить, що використання ПОМ на основі хлоридів калію, кальцію, магнію, а також їхніх сумішей зумовлює менші проблеми порівняно з традиційним хлоридом натрію.

При виборі реагенту потрібно враховувати його екологічні характеристики (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4.

**Гранично допустимі концентрації, орієнтовні безпечні рівні діяння (ОБРД) забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених місць**

Речовина	Клас шкідливості	ОБРД, мг/м <sup>3</sup>	ГДК, середньодобова мг/дм <sup>3</sup>
Натрію хлорид	3	0,15	0,15
Кальцію хлорид	3	0,10	0,05

Для боротьби з ожеледицею використовують тверді протиожеледні матеріали та їх розчини. При цьому для підвищення протиожеледного ефекту ПОМ у кристалічному вигляді безпосередньо на диску піскорозподільника зволожуються розчином хлоридів 23-25% концентрації в кількості 10-30% від маси сухої солі (рис. 2.2).



**Рисунок 2.2. Метод боротьби із зимовою слизькістю за допомогою хімічного засобу [1]**

Хімічні ПОМ застосовують в твердому, рідкому і змоченому вигляді. Сировиною для отримання цих матеріалів частіше за все є природні запаси або відходи промисловості (сільвинитові, карнолітові відходи і ін.).

Очевидно, використання хлориду натрію повинно бути обмежене та замінене на реагенти більш екологічно безпечні та менш агресивні щодо конструктивних матеріалів [11, 2].

На сучасному етапі боротьби із зимовою слизькістю використовуються крім зазначених солей різні хімічні матеріали:

- Кальцій магнезійний ацетат (CMA): CMA є екологічно безпечним і ефективним хімічним розчином, який використовується для боротьби зі слизькістю на дорогах. Він має здатність розтоплювати лід і сніг, а також запобігати його утворенню.
- Магній хлорид ( $MgCl_2$ ): Магній хлорид є іншим хімічним розчином, який застосовується для боротьби зі слизькістю. Він швидко розтоплює лід і сніг, і використовується як розчин для обробки доріг.

Сучасні хімічні засоби використовуються для боротьби із зимовою слизькістю з метою попередження утворення льоду:

Антижеледні агенти. Хімічні речовини, які застосовуються на дорожньому покритті для утворення плівки, яка запобігає проникненню води і утворенню льоду. Ці агенти можуть бути використані як попередні заходи перед очікуваною зимовою погодою або як реагенти під час появи льоду.

Антижеледні гель-пасти. Спеціальний тип антижеледного матеріалу, який застосовується на дорожніх поверхнях. Він містить хімічні речовини, які утворюють гелеву плівку, що запобігає утворенню льоду. Цей матеріал залишається на дорозі протягом тривалого часу, що забезпечує тривалу дію.

- Антижеледні препарати: Речовини знижують температуру замерзання води, запобігають утворенню льоду та забезпечують більш стійку тягу на дорозі. Деякі з них включають калій формат ( $\text{HCOOK}$ ), кальцій магній ацетат (СМА) та інші.

Доступними є також антижеледні препарати, що містять органічні сполуки, такі як етанол або гліколеві ефіри. Ці речовини знижують температуру замерзання води, утворюють плівку на дорожньому покритті та запобігають утворенню льоду. Нові розробки в галузі антижеледних матеріалів включають в себе використання органічних речовин, таких як біодизель або зернові етаноли. Ці речовини можуть мати менший вплив на довкілля і бути більш екологічно безпечними, порівняно зі звичайними хімічними антижеледними препаратами.

- Полімерні антижеледні покриття: Деякі компанії розробляють спеціальні полімерні покриття, які можна нанести на дорожній покриття. Ці покриття мають властивості, що зменшують ковзання, забезпечують кращу тягу і запобігають утворенню льоду. Вони можуть бути використані окремо або у поєднанні з іншими методами боротьби зі слизькістю.

- Органічні антижеледні речовини: Отримані з біомаси або відновлюваних джерел біосолі можуть бути ефективними альтернативними ПОМ. Вони є менш шкідливими для навколишнього середовища.

- Протимікробні агенти: Хімічні матеріали містять протимікробні агенти, що сприяють зниженню конденсації, а, отже, запобігають утворенню льоду на дорожньому покритті.

- Біологічно активні антиожеледні розчини: Використання мікроорганізмів або бактерій, що виробляють біологічно активні речовини, здатні утворити плівку, яка запобігає ковзанню.

Розроблено також засіб попередньої обробки покриттів хімічними реагентами, які поліпшують гідрофобні властивості поверхні покриттів. Гідрофобізація полягає в нанесенні водовідштовхуючих речовин. На гідрофобній поверхні кут розтікання рідини значно більший, лід не утворюється або утворюється у вигляді окремих крапель. Зчеплення льоду в три-чотири рази менше, ніж на гідрофільній поверхні, його легко видалити щитковим механізмом.

Для гідрофобізації використовують кремнійорганічні рідини: ГКЖ-12, ГКЖ-20, фенілетасілоксан та інші. Норма розподілу рідини ГКЖ-12 та ГКЖ-20 12%-ної концентрації – 0,3 л/м<sup>2</sup> за два тижні до початку осіннього дощового періоду. В першу добу після обробки поверхні покриття кремнійорганічними рідинами коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям дещо знижується і необхідно обмежувати швидкість руху до 35 км/годину.

Є досвід виготовлення цементобетонних плит на заводі: кремнійорганічну емульсію наносять на поверхню пульверизатором (витрата емульсії 200–300 г/м<sup>2</sup>). При цьому адгезія льоду зменшується у сім разів, тобто ожеледиця практично не утворюється. Термін придатності обробки – біля п'яти років.

Все хімічні ПОМ, які застосовуються для боротьби із зимовою слизькістю на дорогах і вулицях, повинні мати наступні загальні властивості:

- знижувати температуру замерзання розчину;
- забезпечувати танення сніжно-льодяних відкладень на дорожніх покриттях;

- не збільшувати слизькість оброблених покриттів, особливо при використуванні ПОМ у вигляді розчинів;
- бути технологічним при зберіганні, транспортуванні і вживанні;
- бути екологічно безпечним і не робити шкідливого впливу на природне середовище, метал, бетон, шкіру і гуму.

Хімічний засіб більш ефективний завдяки використанню добавок солей, які зумовлюють танення снігу, льоду. Він дозволяє знизити норму витрат сипких матеріалів відповідно від 700 г/м<sup>2</sup> до (200-300) г/м<sup>2</sup>. Технічна сіль відноситься до найбільш доступних засобів боротьби з ожеледицею. На безпечних ділянках доріг норми витрати піщано-сольових сумішей становлять від 100 г/м<sup>2</sup> до 400 г/м<sup>2</sup>, або 0,1-0,2 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup> покриття, а на небезпечних 0,3-0,4 м<sup>3</sup>. Але ропа, що утворюється в результаті танення снігу та льоду, є одним з найбільш агресивних розчинів і завдає істотної шкоди. Це – активна корозія металів і контактувальних поверхонь мостів, комунікації та відповідна інфраструктура, не менший за обсягами є руйнівний вплив солей на взуття, кузов автомобіля, тощо; виділення хлору в атмосферу, в тому числі при утилізації негативно впливає на людину, природу та довкілля. Ці фактори в деяких країнах та великих мегаполісах призвели до заборони використання хлориду натрію.

Характеристики хімічного засобу усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України:

1. Хімічний засіб усунення зимової слизькості є спеціально розробленим продуктом, призначеним для забезпечення безпеки руху транспортних засобів на автомобільних дорогах під час зимового періоду в Україні.
2. Засіб виготовляється з використанням хімічних компонентів, які дозволяють знизити слизькість дорожнього покриття та запобігти утворенню криги і ковзання автомобілів.

3. Застосування цього засобу допомагає забезпечити кращу адгезію шин автомобілів до дороги, покращуючи керованість та знижуючи ризик заносу.

4. Хімічний склад засобу розроблений таким чином, щоб бути ефективним при низьких температурах, що зазвичай спостерігаються взимку в Україні.

5. Засіб виробляється у формі рідини або розчину, який може наноситися на дорожнє покриття за допомогою спеціальних розпилювачів або інших технологій нанесення.

6. Використання цього засобу сприяє покращенню безпеки дорожнього руху, зменшенню кількості аварій та покращенню прохідності доріг під час зимових умов.

7. Після застосування засіб швидко взаємодіє з поверхнею дороги та витримує певний період часу, що дозволяє підтримувати оптимальну ступінь безпеки на дорозі.

8. Хімічний засіб усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України є одним із заходів, які вживаються для поліпшення дорожньої інфраструктури та забезпечення безпеки учасників дорожнього руху в зимовий період.

Хімічний засіб усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України має кілька плюсів:

1. Покращена безпека: Використання цього засобу допомагає знизити слизькість дорожнього покриття, що значно зменшує ризик нестабільного керування автомобілем і заносу. Це сприяє зниженню аварійності та постраждалих на дорогах.

2. Збереження часу і зусиль: Застосування хімічного засобу дозволяє швидко й ефективно очистити дорогу від льоду та криги. Це допомагає зменшити час, необхідний для очищення доріг, і зменшує потребу в ручному розчищенні.

3. **Покращена прохідність:** Засіб усунення зимової слизькості поліпшує адгезію шин автомобілів до дороги, що сприяє кращій прохідності на слизьких дорогах. Це робить рух транспорту більш безпечним і допомагає знизити затори на дорогах.

4. **Екологічна ефективність:** Деякі хімічні засоби можуть бути більш екологічно безпечними, що дозволяє знизити негативний вплив на навколишнє середовище порівняно з іншими методами очищення доріг від снігу і льоду.

5. **Широкий спектр застосування:** Хімічні засоби можуть бути застосовані на різних типах дорожнього покриття, включаючи асфальт, бетон та кам'яну кладку. Вони підходять для використання на автомобільних дорогах різного класу і підтримують ефективну роботу незалежно від погодних умов.

Хімічний засіб усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України, як і будь-який інший метод, має свої мінуси:

1. **Потенційний вплив на довкілля:** Деякі хімічні компоненти, які використовуються в засобах усунення слизькості, можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище. Це може включати забруднення ґрунту, водних джерел і негативний вплив на рослини і тварин.

2. **Пошкодження дорожнього покриття:** Деякі хімічні речовини можуть мати агресивний вплив на дорожнє покриття, зокрема на асфальт і бетон. Це може спричинити його пошкодження і прискорити процес зношування доріг.

3. **Вартість і обмежені ресурси:** Використання хімічних засобів для усунення зимової слизькості може бути витратним процесом. Придбання, транспортування і застосування засобів вимагає фінансових витрат. Крім того, іноді можуть виникати обмежені ресурси, особливо під час масштабних зимових погодних умов.

4. **Потреба в постійному застосуванні:** Хімічні засоби мають обмежений термін дії і вимагають постійного застосування для підтримання

ефективності. Це може потребувати частого нанесення на дороги, особливо під час тривалих зимових періодів, що збільшує затрати часу, зусиль та витрат.

5. Вплив на автомобілі: Деякі хімічні засоби можуть мати вплив на зовнішній вигляд автомобілів, зокрема можуть спричиняти корозію металевих частин, пошкодження лакофарбового покриття або інші негативні ефекти.

При виборі методу усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах слід враховувати як позитивні, так і негативні аспекти.

*Таблиця 2.5*

**Плюси і мінуси використання хімічного засобу усунення зимової  
слизькості на автомобільних дорогах України**

<b>Плюси</b>	<b>Мінуси</b>
Покращена безпека руху на дорогах в зимовий період	Потенційний вплив на довкілля
Зменшення ризику аварій та нестабільного керування автомобіля	Пошкодження дорожнього покриття
Покращена адгезія шин автомобілів до дороги	Вартість і обмежені ресурси
Зниження часу та зусиль, потрібних для очищення доріг від снігу та льоду	Потреба в постійному застосуванні
Покращена прохідність доріг та зменшення заторів	Вплив на зовнішній вигляд автомобілів
Можливість застосування на різних типах дорожнього покриття	

Хімічний засіб покращує безпеку на дорогах, однак необхідно враховувати його вплив на інфраструктуру та навколишнє середовище. Слід неухильно дотримуватися протоколів використання хімічних ПОМ.

Використання хімічного засобу повинно здійснюватись також з урахуванням економічних аспектів, альтернативних методів боротьби та місцевих правил і обмежень.

### **2.3 Конструкційний засіб**

Конструкційний засіб усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах надає додаткові фізичні зміни, які поліпшують тягову та гальмівну дію автомобілів під час зимових умов. Однак, такі конструкційні зміни можуть вимагати додаткових витрат та можуть бути обмежені технічними та екологічними факторами.

Напрямок попередження утворення ожеледиці за рахунок створення матеріалів покриттів автомобільних доріг, які мають антиожеледні властивості, є найбільш перспективним. Введення антиожеледних реагентів до складу дорожнього покриття підвищує вартість покриття дороги, але усуває негативний вплив хімічних реагентів.

Наразі є досвід розробки антиожеледних добавок, але високої вартості. Практично не вивчений вплив вищевказаних добавок на фізико-механічні властивості асфальтобетону: теплостійкість, деформативність, корозійну стійкість бітумомінеральних матеріалів, а також стабільність збереження його початкових властивостей під дією комплексу кліматичних факторів.

Для зменшення вартості асфальтобетону з антиожеледними властивостями може бути використаний хлорид натрію. Дослідження його впливу (вид, крупність, кількість) на фізико-механічні властивості асфальтобетону дозволяє регулювати і протиожеледні, і фізико-механічні властивості матеріалу.

Рекомендується як ефективну антиожеледну добавку в асфальтобетоні використовувати технічну сіль з вмістом NaCl не менше 95%. Введення в склад асфальтобетону 5% подрібненої технічної солі забезпечує високі протиожеледні властивості покриттів, а також довговічність їх роботи.

Хлорид натрію впливає на груповий хімічний склад бітуму – збільшується частка асфальтенів бітуму з підвищенням їх ліофільності за рахунок зниження парафіно-нафтонових вуглеводів.

Основні переваги композиційних реагентів:

- швидко знижують температуру замерзання води навіть при низьких

температурах;

- дуже швидко взаємодіють з льодом і снігом, завдяки чому небезпечні крижані брили на дорозі починають швидко танути;

- не впливають на стан покриття і не пошкоджують покриття при використанні інгібіторів корозії.

Матеріали, що використовуються для забезпечення протиожеледних властивостей дорожнього покриття, повинні відповідати наступним вимогам:

- мати низьку температуру замерзання евтектичної концентрації, яка повинна бути якомога нижчою;

- швидко вступати у взаємодію зі сніговими та льодовими відкладеннями, суттєво впливаючи на час, необхідний для усунення зимової слизькості, а отже, і на безпеку дорожнього руху;

- не збільшувати слизькість дорожнього покриття до небезпечного рівня через високу гігроскопічність багатьох протиожеледних реагентів;

- не викликати передчасного зносу дорожнього покриття;

- не збільшувати суттєво вартість готового асфальтобетону;

- не мати негативного впливу на метал, гуму або шкіру;

- не порушувати зелені зони за межами дороги та мати низький вплив на рослинність біля дороги;

Цим умовам найкраще відповідає технічний хлорид натрію.

Хоча  $\text{CaCl}_2$  і  $\text{MgCl}_2$  більш м'які, точки замерзання розчинів з концентрацією до 10% є порівнянними, а швидша швидкість танення снігу і льоду значно зменшує зчеплення льоду з поверхнею покриття. Не збільшують слизькість бітумних покриттів. З іншого боку, застосування інших солей, в тому числі  $\text{CaCl}_2$ , обмежено згідно з чинними рекомендаціями щодо зимового заносу на дорогах, оскільки тривале невисихання знижує їх коефіцієнт зчеплення на гладких і дрібношорстких поверхнях.

$\text{CaCl}_2$  – найбільш економічно ефективний з комерційно доступних матеріалів для цієї мети, може бути використаний з багатьох промислових відходів, хімічний склад яких містить понад 95% активних інгредієнтів. Не

подразнює шкіру і не має значного негативного впливу на рослинність на відстані більше 3-4 м від узбіччя.

Протиожеледний ефект введенням до асфальтобетону хлориду натрію може бути досягнутий лише в діапазоні температур від 0 до мінус 7°C. Це пов'язано з більшою силою замерзання льоду на дорожньому покритті: чим ближче температура льоду до температури евтектики реагенту, тим сильніша сила зледеніння на дорожньому покритті. Температура евтектики хлориду натрію становить мінус 21,2°C при евтектичній концентрації 23,3% NaCl і мінус 49,8°C при евтектичній концентрації 30,5% хлориду кальцію. Тому використання останнього є більш ефективним при більш низьких температурах.

Хлориди натрію і кальцію використовуються разом у співвідношенні приблизно 1:7. (12,5% NaCl і 87,5% CaCl<sub>2</sub>), що дозволяє знизити витрату протиожеледних реагентів на 25-40% і розширити температурний діапазон до -18°C. При цьому покращуються екологічні аспекти системи. Крім того, хлорид кальцію виділяє велику кількість тепла під час плавлення (екзотермічна реакція плавлення), що сприяє таненню льоду. Хлорид натрію хоча сприяє таненню льоду, при розчиненні поглинає тепло (ендотермічна реакція розчинення). Хлорид кальцію має вищу корозійну стійкість, ніж хлорид натрію. Для запобігання злежування NaCl рекомендується додавати до нього 10% більш гігроскопічного CaCl<sub>2</sub>. Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що додавання комплексного типу протиожеледного реагенту (суміш хлориду натрію і хлориду кальцію) в структуру поверхневого шару бетону покращить протиожеледний ефект.

Для профілактики ожеледиці транспортних шляхів, шляхопроводів, тротуарів перспективним є також використання ПОМ на основі природнього мінералу цеоліту з добавкою традиційних компонентів солей [4].

До складу дорожнього покриття можна додавати речовини з протиожеледним ефектом, зокрема, хімічний реагент НМА. Склад може відрізнятися залежно від виробника реагенту та очікуваних умов

використання. Як правило, використовуються ці компоненти, але їх кількість може змінюватися.

В результаті вкрите льодом дорожнє покриття швидко звільняється від льоду і стає безпечним для руху. Окремі реагенти повинні відповідати певним вимогам, бути безпечними для здоров'я людини та не завдавати шкоди навколишньому середовищу.

Основна характеристика конструкційного засобу включає:

1. Грубе або шорстке покриття: Дорожнє покриття може мати спеціальну структуру, таку як виїмки, текстуровану поверхню або грубі абразивні матеріали, що забезпечують збільшення тертя між шинами автомобілів та дорогою.

2. Додаткові елементи на дорозі: Можуть використовуватись додаткові елементи, такі як шипи, спеціальні пластини або сітки, які вбудовуються в дорожнє покриття для поліпшення тягової або гальмівної дії шин.

3. Коригування геометрії дороги: Деякі конструкційні засоби можуть включати зміни в геометрії дороги, такі як збільшення нахилу або розширення кривих, що поліпшує дренаж та допомагає запобігти утворенню льодових поверхонь.

4. Врахування мікрокліматичних умов: Конструкційні засоби можуть бути розроблені з урахуванням мікрокліматичних умов певного регіону, забезпечуючи оптимальну пристосованість до місцевих кліматичних умов та погодних умов зими.

Деякі плюси використання конструкційного засобу для усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України:

1. Покращення тягових характеристик: Конструкційний засіб, такий як грубе або шорстке покриття, допомагає підвищити тягу автомобілів на слизьких дорогах, поліпшуючи їх тримання.

2. Збільшення гальмівної дії: Спеціальні елементи або абразивні

матеріали, використовувані в конструкційному засобі, забезпечують кращу гальмівну дію шин на зимових дорогах.

3. Підвищення безпеки: Конструкційні зміни дорожнього покриття сприяють зменшенню ризику аварій та нещасних випадків, пов'язаних зі сковзанням на слизьких дорогах.

4. Тривалість дії: Конструкційний засіб може мати тривалий ефект, що дозволяє забезпечити стабільну антислизькову захисту на дорогах протягом тривалого часу.

5. Менша залежність від погодних умов: Конструкційний засіб може бути ефективним у різних погодних умовах, не обмежуючись лише температурою або наявністю опадів.

Деякі мінуси використання конструкційного засобу для усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України:

1. Високі витрати: Реалізація конструкційних змін у дорожньому покритті може бути дорогою процедурою, яка вимагає значних фінансових витрат.

2. Обмежена ефективність: Ефективність конструкційного засобу може бути залежною від певних факторів, таких як тип покриття, масштаби застосування та кліматичні умови. Деякі зміни можуть бути менш ефективними при високих температурах або при сильних опадах.

3. Потенційні проблеми з екологією: Використання певних матеріалів або елементів, що впроваджуються в конструкційний засіб, може мати негативний вплив на довкілля. Наприклад, деякі абразивні матеріали можуть бути шкідливими для рослинності або ґрунту.

4. Потреба в постійному обслуговуванні: Конструкційні засоби можуть потребувати постійного обслуговування та ремонту, оскільки вони можуть піддаватись зносу або пошкодженням під впливом транспортних навантажень та погодних умов.

5. Обмежена пристосованість до зміни умов: Конструкційний засіб може бути менш ефективним у змінних умовах, таких як швидке танення снігу

або замерзання дощу, коли зміна фізичної структури дорожнього покриття виявляється менш ефективною.

Важливо ретельно розглянути переваги та недоліки конструкційного засобу перед його використанням та врахувати місцеві умови та обмеження.

*Таблиця 2.6*

**Плюси і мінуси використання конструкційного засобу для усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України**

<b>Плюси</b>	<b>Мінуси</b>
Покращення тягових характеристик	Високі витрати
Збільшення гальмівної дії	Обмежена ефективність
Підвищення безпеки	Потенційні проблеми з екологією
Тривалість дії	Потреба в постійному обслуговуванні
Менша залежність від погодних умов	Обмежена пристосованість до зміни умов

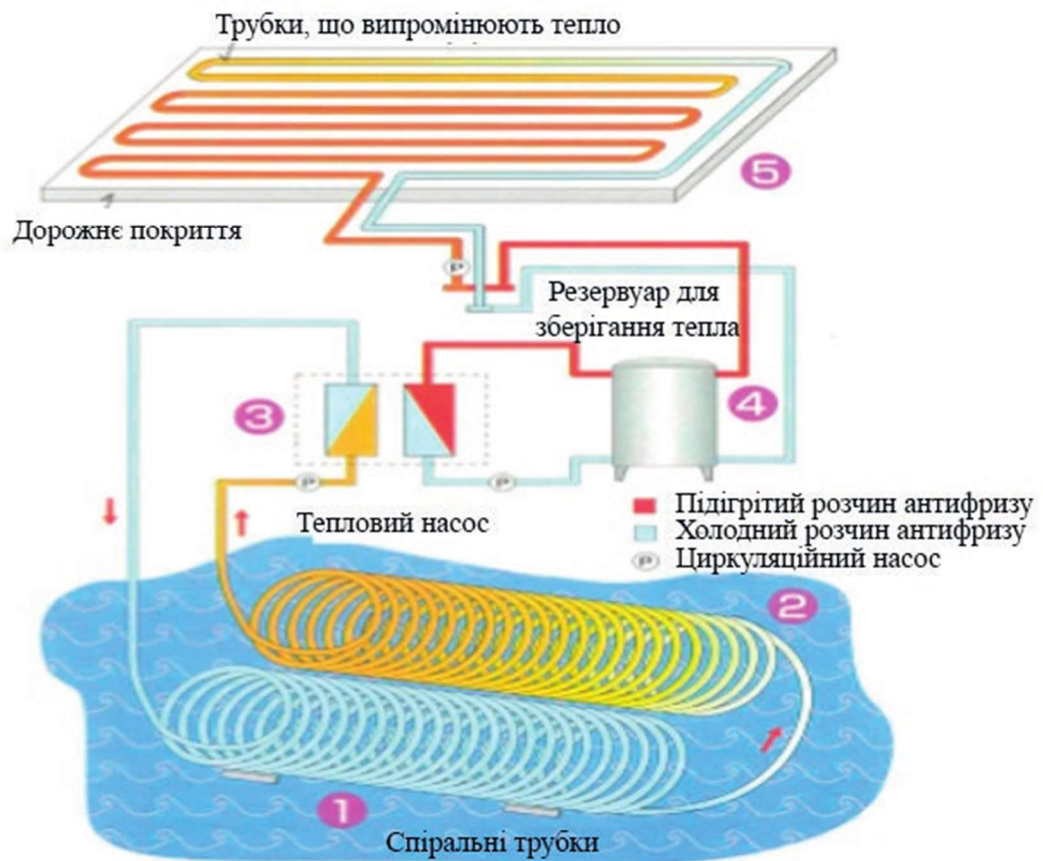
Слід зазначити, що ці плюси і мінуси можуть варіюватися в залежності від конкретного типу конструкційного засобу, умов доріг, кліматичних факторів та інших чинників.

## 2.4. Тепловий засіб

Аналіз існуючих засобів очищення автомобільних доріг від ожеледиці свідчить про те, що найбільш перспективним є тепловий. Існує вже великий досвід застосування цього засобу. Зазвичай, нагрівання покриття, пристрої з автоматичним розподілом та протиожеледні тротуари застосовують лише в особливих випадках (мости, пандуси, на під'їздах до тунелів, критичні похили дороги тощо) (рис. 2.3).

Тепловий засіб поділяють за типом обігріву поверхні дорожнього покриття на кондуктивний та конвективний. Відповідно підігрів покриття відбувається знизу (електрообігрів) або зверху (теповим струменем). Недоліки засобу – висока вартість та шкідливий вплив високих температур на

дорожнє покриття.



**Рисунок 2.3. Під'їзд до тунелю Накаяма на національній автомобільній магістралі 49, Японія [1]**

Зменшення витрат на енергоносії, спрощення проектування систем опалення та конструкції систем опалення підвищують економічну привабливість теплового засобу усунення зимової слизькості. Цього можна досягти шляхом:

- включення в систему опалення пристроїв, що виробляють електроенергію з відновлюваних джерел з мінімальними витратами;
- встановлення автоматичних датчиків для моніторингу дорожнього покриття об'єктів дорожнього руху.

Моніторинг дорожнього покриття об'єктів дорожнього руху за допомогою автоматичних датчиків дозволяє працювати в режимі очікування, коли освітлення вмикається лише за необхідності.

Економії енергоресурсів дозволяють досягти розробка, дослідження та впровадження інноваційних нагрівальних елементів та спрощення при відносно низьких будівельних витратах. Наразі розробляються, патентуються та комерціалізуються кілька проєктів виробництва електроенергії з використанням енергії сонця, вітру та води (наприклад, сонячні панелі, малі гідроелектрогенератори, вітрові турбіни).

Безперервний моніторинг проїжджої частини може здійснюватися за допомогою автоматичних дорожніх метеорологічних станцій (ADMS).

Інвестиції на встановлення ADMS та генераторів, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, можуть бути повернені за 5-6 років.

Найбільш вимогливим є напрямок створення інноваційних нагрівальних елементів з низьким енергоспоживанням і високою теплопровідністю.

Розробка технічних схем їх встановлення повинна забезпечувати не тільки підвищення теплопровідності, а й зняття рогового шару покриття під час ремонту. Нагрівання покриття відбувається при випромінюванні теплової енергії з поверхні теплогенеруючого шару. Підключення нагрівальних елементів відбувається через електричну шину, з'єднану електричними кабелями з блоком управління, встановленим на світильнику.

Увімкнення та вимкнення блоку управління контролюється за допомогою ADMS, розташованого на освітлювальній опорі на висоті 2-4 м над поверхнею тротуару.

Запропонована концепція системи підігріву спрямована на:

- Запобігання виникненню явищ промерзання шляхом підігріву дорожнього покриття проїжджої частини транспортних об'єктів до необхідної ширини;
- Зменшення споживання електроенергії на 1/3, автоматична робота системи в режимі очікування зменшує споживання енергії на третину, з відповідним зменшенням витрат. Це також запобігає утворенню льоду;
- Мінімізацію витрат на встановлення системи та подальшу експлуатацію.
- Продовження терміну служби арматури, запобігаючи утворенню відбивних тріщин.

Впроваджуючи цю інновацію на дорожніх об'єктах, можна забезпечити утримання покриттів у сприятливому технічному стані, значно підвищити безпеку руху в осінньо-зимовий період року.

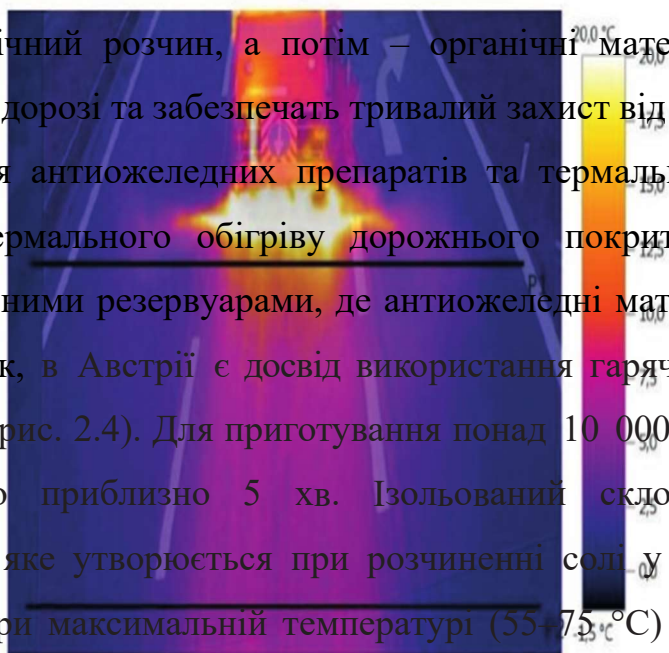
## **2.5. Комбінований засіб**

Комбінований засіб боротьби із зимовою слизькістю передбачає поєднання різних методів та технологій одночасно для максимальної ефективності. Такий підхід дозволяє поєднувати переваги різних засобів і знижувати їх недоліки. Приклади комбінованих засобів:

- Попереднє солове розпилення та покриття піском. Спочатку дорожнє покриття може бути оброблене соляним розчином для запобігання замерзання води та утворення льоду. Потім на дорогу розсипають пісок або гравій, що покращує тягу транспортних засобів та надає додатковий опір ковзанню. При комбінованому хіміко-фрикційному методі на поверхню покриття розсипають фрикційні матеріали, вже змішані з твердими хлоридами ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ). ПСС готують шляхом змішування фрикційних матеріалів з кристалічною сіллю в співвідношенні 9:1; 8:1; 6:1 або 4:1. Перевага таких сумішей в тому, що вони не злежуються і не замерзають.

- Комбіноване використання антиожеледних препаратів: Може бути ефективним використання різних типів препаратів, таких як хімічні розчини та органічні матеріали. Наприклад, спочатку для швидкого плавлення льоду застосовують хімічний розчин, а потім – органічні матеріали, які довше триматимуться на дорозі та забезпечать тривалий захист від ожеледиці.

- Комбінація антиожеледних препаратів та термального обладнання. Деякі системи термального обігріву дорожнього покриття можуть бути оснащені спеціальними резервуарами, де антиожеледні матеріали додаються до теплоносія. Так, в Австрії є досвід використання гарячого розчину солі хлориду кальцію (рис. 2.4). Для приготування понад 10 000 літрів сольового розчину потрібно приблизно 5 хв. Ізольований склопластиковий бак «зберігає» тепло, яке утворюється при розчиненні солі у воді і підтримує подачу розчину при максимальній температурі ( $55-75^\circ\text{C}$ ) тривалий період. Спрей-бар дозволяє застосовувати розчин під високим тиском (7 бар). Результатом є потрійний ефект — хімічний, тепловий і механічний [1].



**Рисунок 2.4. Температура покриття після розподілення розсолу машиною Firestorm [1]**

- Використання інтелектуальних систем та сенсорів. Розробка електронних систем, які комбінують дані з датчиків слизькості, температури повітря та поверхні дороги, а також інших показників, може дозволити автоматично визначати оптимальні методи боротьби зі слизькістю. Наприклад, системи можуть регулювати кількість антиожеледних матеріалів, що розпилюються, або ввімкнути термальне обладнання відповідно до потреб дорожньої ситуації.

- Покращення дорожнього покриття та використання шин з покращеним зчепленням. Розробка більш стійкого та неслизького дорожнього покриття (наприклад, рифлення або текстурування поверхні) може бути поєднана з використанням шин, які мають спеціальні протектори або матеріали для поліпшення зчеплення на слизьких поверхнях.

Комбінований засіб є найбільш оптимальним і інноваційним для профілактики ожеледиці.

Основна характеристика комбінованого засобу включає:

1. Антиожеледний ефект: Комбінований засіб може мати властивість попереджати утворення крижаних плівок на дорозі шляхом зниження точки замерзання води та запобігання заледенінню.

2. Абразивна дія: Деякі комбіновані засоби можуть містити абразивні матеріали, що підвищують тертя між шинами автомобіля та дорогою. Це забезпечує кращу адгезію шин до дорожнього покриття.

3. Хімічний розтоплювальний ефект: Деякі компоненти комбінованого засобу допомагають швидше плавити лід – видаляти небезпечні слизькі шари з дороги.

4. Довготривала дія: Комбінований засіб може мати тривалу дію, що дозволяє забезпечувати стабільний захист на дорогах протягом тривалого часу після застосування.

Залежно від складу і якості комбінованого засобу його плюси і мінуси можуть варіюватись.

*Таблиця 2.7*

**Плюси і мінуси використання комбінованого засобу для усунення зимової слизькості на автомобільних дорогах України**

<b>Плюси</b>	<b>Мінуси</b>
Антижеледний ефект, запобігає утворенню криги	Можливість зносу дорожнього покриття
Абразивна дія, покращує тримання дороги	Потребує додаткових фінансових витрат
Хімічний розтоплювальний ефект, розчиняє сніг та лід	Залежність від погодних умов
Довготривала дія, забезпечує стабільний захист	Потенційний вплив на довкілля
Покращує безпеку та прохідність на дорогах	Вимагає правильного застосування та дозування

Комбінований засіб боротьби із зимовою слизькістю повинен бути адаптований до конкретних умов та особливостей кожного регіону.

## **РОЗДІЛ III.**

### **ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ХЛОРИДІВ НА СТАН МОСТОВИХ СПОРУД**

#### **3.1. Визначення вмісту хлорид-іонів у покритті мостового переходу**

Як показав досвід багатьох держав, відмова від використання хлоридів у боротьбі з ожеледицею призвела до підвищення вартості утримання доріг мінімум у три рази. Тому доцільно проаналізувати можливість застосування хлоридів із зменшенням недоліків їх використання [14,15].

Зазначені ПОМ мають агресивну хімічну здатність: зокрема, руйнують залізобетонні елементи мостів, поверхні цементобетонних покриттів [16].

Для зниження корозії металів до хлоридів додають уповільнювачі корозії – інгібітори [17, 18].

Беручи до уваги високу корозійну активність хлоридовмісних ПОМ по

відношенню до металевих конструкцій, що експлуатуються на автомобільних дорогах, важливим, з практичної точки зору, є призначення, з урахуванням критеріїв ефективності, оптимальних видів інгібіторів корозії та їх концентрацій як добавок до хлоридовмісних ПОМ.

Визначення ефективності інгібіторів корозії, що знижують негативний вплив модифікованих ПОМ на матеріал дорожнього покриття, при їх використанні в різних дорожніх та погодних умовах необхідно здійснювати за критерієм хлоридостійкості згідно з М 218-00018112-668:2010 [19].

Найбільш доступними з інгібіторів, що доцільно використовувати, є гексаметафосфат натрію, гідро- и дигідрофосфат натрію, суперфосфат. Ці добавки не погіршують властивості дорожніх покриттів, нетоксичні, не шкодять рослинам. До твердих хлоридів додають 2–3 % дигідроортофосфату натрію або 5–7 % гідроортофосфату натрію. При використанні рідких розсолів норми інгібіторів знижують: 0,5–1,0 % гідро- або дигідроортофосфату (або гексаметафосфату) натрію.

Вихідною сировиною і напівпродуктами для виготовлення інгібованих ПОМ є: сіль технічна (хлорид натрію технічний), кальцій хлористий, природні хлоридні розчини, пісок, шлак, піщано-гравійна суміш, інгібітор корозії згідно з [18].

Встановлено, що хлориди мають агресивний вплив тільки на цементобетонні покриття у ранньому віці – до трьох років. Частково усувається хімічна корозія цементобетону при застосуванні повітрянозалучаючих добавок – біля 0,1% до маси цементу (милонафт, абиєтинова смола, сульфітно-спиртова барда тощо). На цементобетонних покриттях, виготовлених з зазначеними добавками, використання хлоридів рекомендовано тільки через рік. Застосовувати хлориди на цементобетонних покриттях без добавок слід не раніше трьох років.

Максимально допустимий вміст хлоридів у бетоні конструкцій регламентується нормативним документом [19].

Нами було проведено визначення вмісту водорозчинних хлоридів у

цементобетонній конструкції Південного мостового переходу.

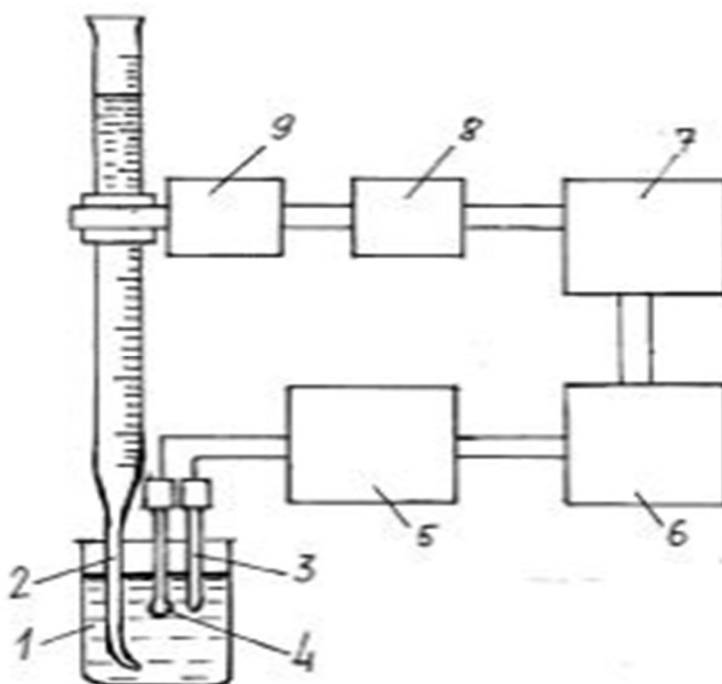
### 3.2. Методика визначення вмісту водорозчинних хлоридів [20].

Відбір проб цементобетону (ЗШ – захисний шар (№1); ВП – верх плити(№2); НП – низ плити (№3) та їх консервування виконувались за стандартною методикою .

Вміст іонів хлору в пробах визначали потенціометричним титруванням стандартним розчином азотнокислого срібла методом осадження. Суть потенціометричного титрування полягає у зміні електрохімічних властивостей розчину – визначенні точки еквівалентності за різкою зміною ЕРС [21].

Електродом порівняння був хлорсрібний електрод. Потенціометричне титрування проводили на блоці автоматичного титрування БАТ-15 в середовищі ацетону з додаванням азотної кислоти [22].

Автотитратор чи блок автоматичного титрування типу БАТ-15 випускається в комплекті з бюреткою та рН-метром – мілівольтметром, що має діапазон вимірювань в одиницях рН від  $-1$  до  $+14$  ( $-100 \pm 1400$  мВ). Схема установки для автоматичного титрування наведена на рис. 3.1.



### Рисунок 3.1. Схема установки для автоматичного титрування [22]

В розчин 1, що аналізується, вводиться дозуюча трубка 2 для подачі титранту, індикаторний електрод 4 (скляний чи платиновий) та хлорсрібний електрод порівняння 3. Подача титранту до розчину регулюється клапаном 9. Напруга  $E_x$ , пропорційна ЕРС системи, з виходу рН-метра – мілівольтметра 5 подається на вхід БАТ-15, де порівнюється з раніш заданою напругою на задатчику кінцевої точки титрування ( $E_{ктт}$ ) 6. Різниця заданої та дослідно встановленої величини  $E_x - E_{ктт}$  через підсилювач 7 подається на безконтактне електродне реле 8, яке керує роботою електромагнітного клапана 9, що відкриває чи закриває подачу титранту. При  $E_x = E_{ктт}$  клапан завершує подачу титранту. Об'єм робочого розчину відраховують по бюретці. Похибка титрування на цій установці не перевищує  $\pm 1\%$ .

Наважки зразків (дисперсність 0,08 мм) 1, 2, 3 (2,00г), зважені на аналітичних вагах, кількісно переносили в стаканчики, додавали 30 мл дистильованої води і перемішували на протязі години на магнітній мішалці. Після перемішування розчини відфільтровували і кількісно переносили в мірні колби на 50 мл. Відбирали аліквотну частину (від 20 до 25 мл) і переносили в склянку для титрування. До розчину додавали 15 мл ацетону, 1,5 мл  $HNO_3$  (1:1) і при постійному перемішуванні на магнітній мішалці титрували стандартним розчином  $AgNO_3$  ( $5 \times 10^{-3}$  екв/л), реєструючи зміну потенціалу після кожної порції прибавленого титранту. Після цього будували криву титрування в координатах  $E$ , мВ –  $V(AgNO_3)$ , мл. Потім дані піддавалися математичній обробці з метою отримати диференційну криву титрування в координатах  $dE/dV - V$ .

В якості прикладу для зразку №1 на рисунках 3.2 і 3.3 показані інтегральна та диференційна криві титрування.

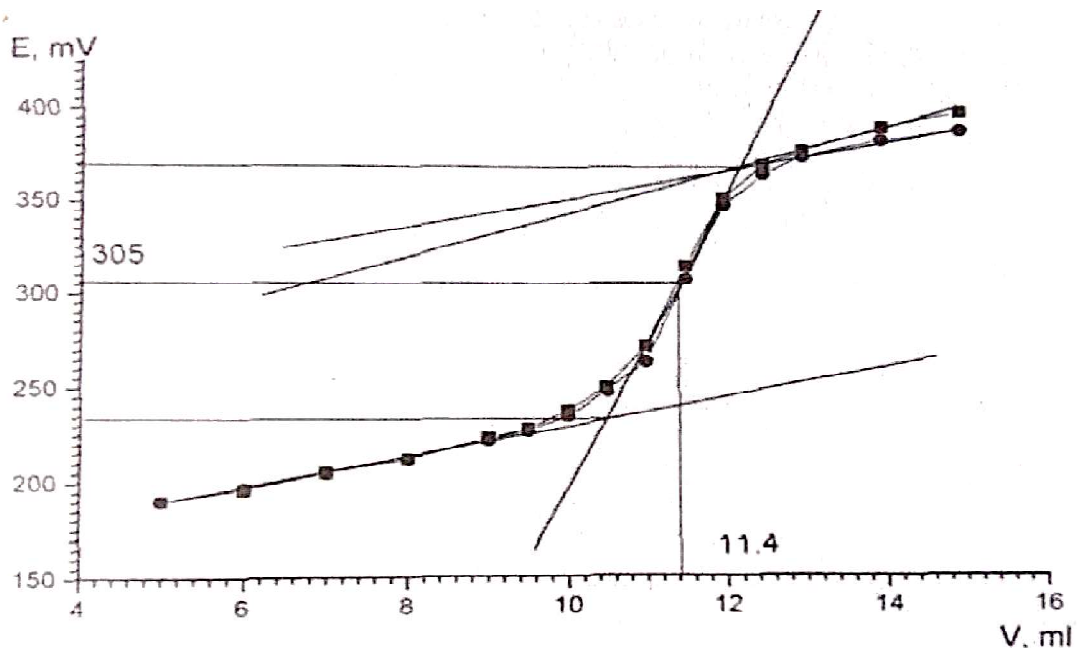


Рис. 3.2. Інтегральна крива потенціометричного титрування. Потенціал точки еквівалентності дорівнює 305 мВ (джерело: розробка автора).

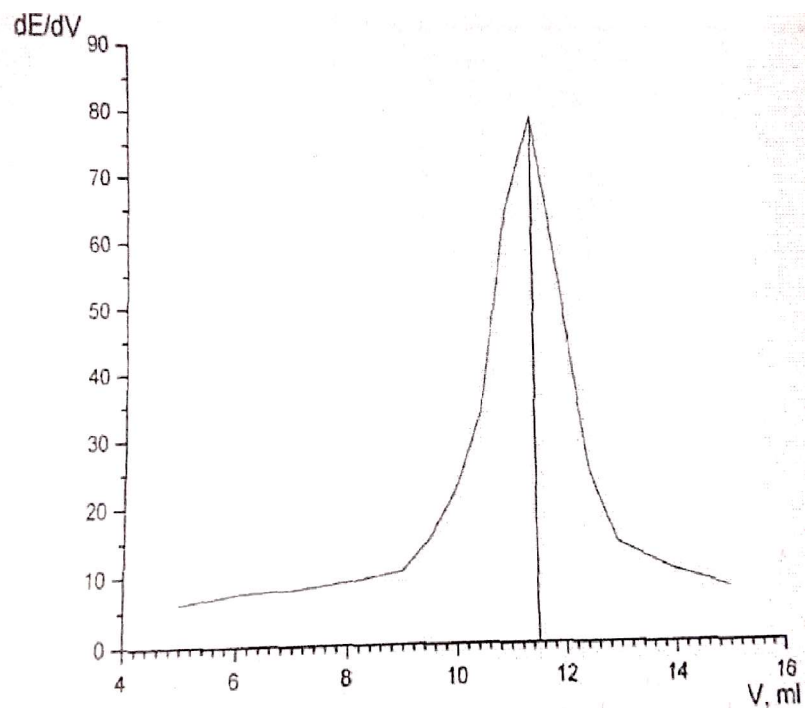


Рисунок 3.3. Диференційна крива (джерело: розробка автора).

Розрахунок процентної концентрації іонів проводився за формулою:

$$C_{\%} = (NVE/10g) \times (50/a), \text{ де}$$

$N$  – нормальність  $\text{AgNO}_3$ , екв/л;

$E$  – еквівалент хлорид-іона;

$V$  – об'єм титранта в точці еквівалентності, мл;

$g$  – наважка зразку, г;

50 – об'єм розчину, мл;

$a$  – аліквота, мл.

Таблиця 3.1.

### Результати аналізу зразків на вміст хлорид-іонів

№ зразка	$V$ ( $\text{AgNO}_3$ ), мл	$a$ , мл	$C\% \text{Cl}^-$
1	10,60	25	0,188
2	3,21	20	0,071
3	1,30	25	0,023

### 3.3. Аналіз стійкості цементобетонного покриття конструкції

За даними випробувань по визначенню наявності хлорид-іонів в зразках цементобетону можна зробити висновок, що максимальна кількість іонів хлору знаходиться у захисному шарі (рис.3.4).

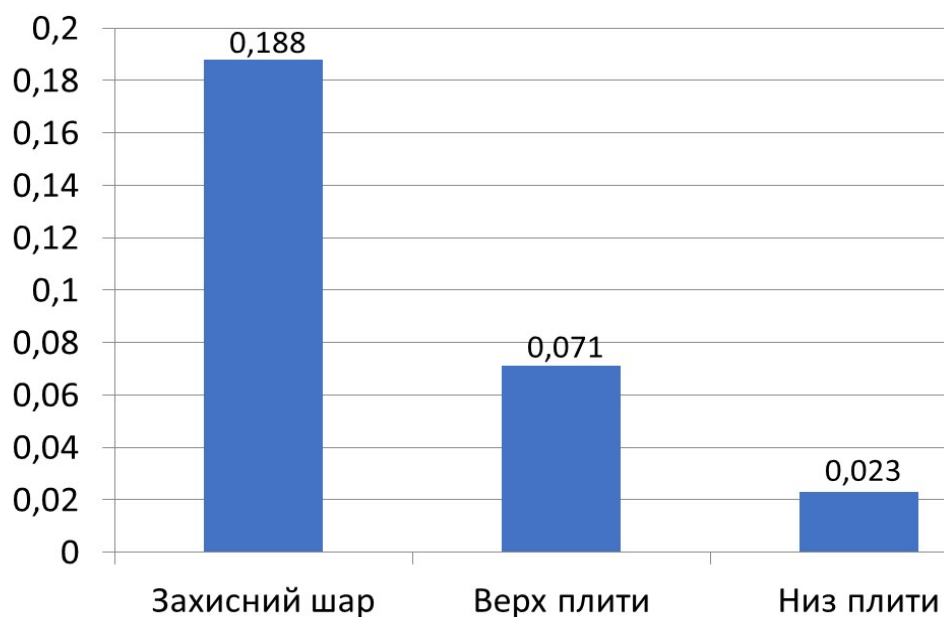


Рисунок 3.4. Результати аналізу наявності хлорид-іонів ( $C\%$ ) в зразках цементобетону (джерело: розробка автора).

Ступінь агресивності ґрунтів по відношенню до бетонних та залізобетонних конструкцій згідно діючим в Україні нормативам визначається відповідно до ДСТУ Б В.2.6-145:2010, додаток В (обов'язковий) «ДОПУСТИМИЙ ВМІСТ ХЛОРИДІВ» [19]. У таблиці наведені дані з цього державного стандарту.

*Таблиця 3.2.*

**Максимально допустимий вміст хлоридів у бетоні конструкцій**

Вид армування	Марка по вмісту хлоридів <sup>1)</sup>	Максимально допустимий вміст хлоридів, % маси цементу <sup>2)</sup>
Неармовані конструкції	Cl 1,0	1,0
Ненапружена арматура	Cl 0,4	0,4
Попередньо напружена арматура	Cl 0,1	0,1

1) Марка за максимально допустимим вмістом хлоридів призначається з урахуванням умов експлуатації споруди.

2) У разі застосування цементу в поєднанні з активними мінеральними добавками вміст хлоридів підраховується по відношенню до суми мас цементу та мінеральної добавки

Як бачимо, вміст хлориду в досліджуваних зразках є допустимим.

**РОЗДІЛ IV.**  
**ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА,**  
**ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ЗИМОВОМУ**  
**УТРИМАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ**

**4.1 Фрикційний засіб як засіб зменшення забруднення навколишнього середовища**

При використанні протижеледних засобів для боротьби із зимовою слизькістю актуальним є питання охорони довкілля. Впровадження природоохоронних заходів при експлуатаційному утриманні доріг сприяють екологічній безпеці держави [23].

Фрикційний засіб є одним з альтернативних рішень, що, значно поліпшуючи транспортну безпеку, допомагає зберегти навколишнє середовище [24]. Ось деякі переваги засобу:

- Покращення тягових характеристик: Фрикційні матеріали, такі як абразиви або гумові гранули, додаються до дорожнього покриття, щоб поліпшити його тягові характеристики. Це дозволяє автомобілям легше

рухатися по слизьких дорогах, зменшуючи ризик заносу та забезпечуючи краще управління автомобілем.

- Зменшення використання хімічних ПОМ: Завдяки використанню фрикційних матеріалів, автомобілі можуть безпечно рухатися по дорозі, навіть якщо вона не повністю очищена від снігу та льоду.

Використання фрикційних матеріалів зменшує потребу у хімічних протиожеледних розчинах або солевмісних препаратах. Це зменшує кількість хімічних речовин, які потрапляють у ґрунтові води та водні екосистеми.

- Зниження відходів: Фрикційні матеріали, такі як гумові гранули або натуральні абразиви, можуть бути повторно використані. Після зношування вони можуть бути зібрані, відновлені та використані знову. Це дозволяє зменшити кількість відходів та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, зменшити витрати матеріалу і забезпечити більш ефективне використання ресурсів.

- Природність та біорозкладність: Фрикційні матеріали, такі як пісок, є природними матеріалами і мають властивості біорозкладання. Після використання вони можуть розкладатися природним шляхом, не залишаючи значного залишкового впливу на довкілля.

- Менше забруднення поверхні дороги: Фрикційні матеріали порівняно з хімічними препаратами мають менший вплив на навколишнє середовище. Після танення снігу або полегшення слизькості, фрикційні матеріали можуть бути легко зібрані та очищені, не залишаючи значного забруднення.

- Врахування екологічних аспектів при виборі фрикційних матеріалів: При виборі фрикційних матеріалів слід враховувати їхню екологічну безпечність та вплив на довкілля. Деякі компанії виробляють спеціальні фрикційні препарати, які мають менший вплив на довкілля, наприклад, застосовуються біорозкладні матеріали.

- Зниження негативного впливу на ґрунти: Фрикційні матеріали не мають прямого впливу на ґрунти порівняно з хімічними препаратами. Вони не залишають залишків або розчинів, які можуть потрапляти в ґрунтові води.
- Зменшення забруднення повітря: Використання фрикційних засобів сприяє зменшенню пилових частинок, які виникають при розпиленні хімічних препаратів на дорогах. Це сприяє поліпшенню якості повітря та здоров'я мешканців.
- Мінімізація впливу на водні ресурси: Фрикційні матеріали мають менший вплив на ґрунтові води та поверхневі стоки порівняно з хімічними протижелезними речовинами. Вони не розчиняються у воді і не потрапляють безпосередньо в водні екосистеми, що допомагає зберегти якість водних ресурсів.
- Мінімізація негативного впливу на флору та фауну: Використання фрикційних матеріалів допомагає зберегти природні середовища та мінімізувати негативний вплив на флору та фауну. Оскільки фрикційні матеріали зазвичай є природними речовинами, вони мають менший вплив на екосистеми.
- Ефективне використання ресурсів: Використання фрикційних засобів може допомогти забезпечити більш ефективне використання ресурсів. Наприклад, правильне розподілення фрикційних матеріалів на дорогу може дати більш тривалий ефект та потребувати меншої кількості матеріалу порівняно з хімічними препаратами.
- Менша потреба у регулярному очищенні: Використання фрикційних матеріалів полегшує рух транспортних засобів по слизьких дорогах, що може зменшити потребу в частому очищенні від снігу та льоду. Це сприяє економії води та енергії, які зазвичай витрачаються на процеси очищення.
- Економічна ефективність: Використання фрикційних засобів може бути економічно вигідним, оскільки воно дозволяє знизити витрати на хімічні препарати та їх постійне замовлення та постачання.

Використання фрикційного засобу є одним із способів екологічно свідомої боротьби із зимовою слизькістю. Проте, важливо правильно використовувати та утилізувати фрикційні матеріали, щоб забезпечити максимальну ефективність та мінімальний екологічний вплив.

Для оптимального контролю зимової слизькості фрикційні засіб може бути використаний як самостійний або в поєднанні з хімічними ПОМ.

#### 4.2. Технології захисту довкілля при використанні хімічних ПОМ

При використанні хімічних ПОМ також існують технології, які спрямовані на захист довкілля. Ці технології спрямовані на зменшення впливу хімічних реагентів на навколишнє середовище та забезпечення більш екологічного їх використання.

*Таблиця 4.1*

#### Технології захисту довкілля при використанні хімічних ПОМ

Технологія захисту довкілля	Опис
Використання екологічно чистих складників	Використання хімічних ПОМ, які мають низьку токсичність та мінімальний вплив на довкілля. Наприклад, використання ПОМ на основі органічних солей.
Відновлення та переробка використаних ПОМ	Розробка технологій для відновлення та переробки використаних хімічних ПОМ, що дозволяє зменшити викиди та вплив на навколишнє середовище. Наприклад, процес регенерації або рециклінгу.
Раціональне використання та дозування	Контрольоване та раціональне використання хімічних ПОМ з мінімальними втратами та перевищенням доз. Це допомагає знизити вплив на довкілля та зменшити кількість використання хімікатів.
Моніторинг та контроль викидів	Системи моніторингу та контролю викидів хімічних ПОМ, які дозволяють виявляти та відстежувати викиди, а також реагувати на них швидко та ефективно.
Ефективне очищення водних ресурсів	Використання спеціальних систем для очищення стоків, що містять хімічні ПОМ, з метою зниження викидів у

Технологія захисту довкілля	Опис
	водні середовища та запобігання забрудненню водних ресурсів.

Основні тенденції у напрямку розвитку технологій захисту довкілля:

- Застосування екологічно безпечних ПОМ: Досліджуються та розробляються нові ПОМ, які мають менший негативний вплив на довкілля. Це можуть бути біорозкладні матеріали, які швидко розкладаються після використання і мають менший токсичний ефект на ґрунт і воду. Наприклад, використання органічних солей, таких як кальцій магнієвий ацетат або кальцій магнієвий формат, може бути більш екологічно безпечним варіантом порівняно з традиційними хлоридами.

- Обмежене застосування ПОМ: Важливо зменшити кількість використовуваних ПОМ шляхом обмеження їх застосування лише до необхідних ділянок. Це означає точкове застосування препаратів лише на слизьких або небезпечних ділянках дороги, замість широкого розпилення по всій поверхні.

- Системи контролю та точного дозування: Важливо розраховувати та застосовувати необхідну кількість хімічного ПОМ для досягнення ефективного контролю над слизькістю. Залежність від погодних умов і періодичні переоцінки необхідності використання ПОМ можуть допомогти знизити їхнє надмірне використання та негативний вплив на довкілля. Використання автоматизованих систем контролю та точного дозування ПОМ допомагає уникнути перевищення рекомендованих доз та зменшує надмірне розсіювання матеріалу.

- Мікрокапсульовані ПОМ: Розробляються технології мікрокапсульовання, де протиожеледні речовини укладаються в мікроскопічні капсули. Це дозволяє контролювано вивільняти матеріал та зменшує його розсіювання в навколишнє середовище. Такий підхід допомагає знизити кількість використаного матеріалу та його потенційний вплив на довкілля.

- Утилізація та переробка відпрацьованих матеріалів: Важливо розробляти системи для утилізації та переробки відпрацьованих ПОМ. Це дозволяє уникнути їхнього негативного впливу на природні ресурси та довкілля.
- Моніторинг та дослідження: Важливо проводити моніторинг впливу хімічних ПОМ на довкілля та виконувати наукові дослідження для пошуку нових, більш екологічно безпечних альтернативних матеріалів та методів боротьби зі зимовою слизькістю.
- Захист водних ресурсів: Важливо уникати прямого відведення ПОМ до водних джерел. Для цього можуть використовуватись бар'єри або системи збору, які запобігають потраплянню ПОМ у ґрунт і водні ресурси. Також можуть використовуватись методи очищення або обробки стічних вод, щоб зменшити концентрацію хімічних речовин у водних джерелах.
- Посів рослин і рекультивація: Використання посіву рослин на узбіччях доріг або відновлення рослинного покриву в окремих зонах може допомогти утримати ПОМ у ґрунті та запобігти його змиванню до водних джерел. Рослини можуть допомагати впіймати та розкласти частину хімічних речовин, що попадають у ґрунт.

Ці підходи можуть сприяти збереженню довкілля при використанні хімічних ПОМ. Постійне вдосконалення технологій та врахування екологічних аспектів є важливими кроками у напрямку збалансованої боротьби із зимовою слизькістю, забезпечуючи одночасно безпеку на дорогах та охорону довкілля:

- Попереднє розподілення ПОМ. Що стосується попереднього розподілення ПОМ, то його використовують до 85 % країн, здебільшого все це країни Європи. Причому третина з них використовує змочену сіль, інша третина — розчин NaCl (розсіл) і ще одна третина — обидва способи. Кількість ПОМ, що використовують для профілактики, коливається залежно від ситуації в межах від 5 г/м<sup>2</sup> до 40 г/м<sup>2</sup>. В Україні — 20–40 г/м<sup>2</sup>. У половині випадків профілактичне розподілення використовують лише на основній

мережі, інші 50 % країн використовують його на всіх типах доріг. Профілактичні дії планують на основі достовірної та детальної інформації про погоду на дорогах і мають різний час виконання залежно від ситуації (до 8 год до очікуваного утворення льоду).

- Використання альтернативних матеріалів: Розглядаються альтернативні матеріали, які можуть замінити хімічні ПОМ. Наприклад, використання органічних матеріалів, таких як сіль, пісок або зола, може бути менш токсичним і має менший вплив на довкілля.

- Розробка нових технологій очищення: Для зменшення впливу хімічних ПОМ на водні ресурси, проводяться дослідження та розробка нових технологій очищення стоків, що містять ці матеріали. Це допомагає зменшити виведення токсичних речовин у водні джерела.

- Ефективне управління матеріалами: Важливо мати ефективну систему управління матеріалами, яка дозволяє контролювати їх використання та забезпечувати правильне зберігання та переробку. Відповідне збирання та утилізація використаних матеріалів допомагають уникнути їх надмірного розповсюдження в довкіллі.

Продовжуються дослідження та розробки нових рішень, що дозволять мінімізувати їх вплив та забезпечити більш екологічно безпечні методи боротьби зі зимовою слизькістю.

- Вдосконалення процесів застосування: Важливо враховувати оптимальні дозування та правильність процесу застосування ПОМ. Недотримання інструкцій може призводити до перевищення концентрації матеріалів та їх непотрібного використання. Регулювання і контроль процесу застосування можуть зменшити негативний вплив на довкілля. Норми застосування хлоридів при боротьбі з ожеледицею жорстко обмежені. Закордонний і вітчизняний досвід свідчить, що діючі норми менші за гранично дозвалені відповідно до вимог з охорони природи і навколишнього середовища. Перевищення цих вимог відбувається при порушенні правил їх зберігання та транспортування.

- Використання альтернативних протижеледних засобів: Розробляються нові технології та методи, які не базуються на хімічних препаратах. Наприклад, використання теплових систем, які підігрівають дорожнє покриття, може зменшити необхідність у використанні хімічних ПОМ.

### **4.3. Екологічно безпечний комбінований засіб**

Екологічно безпечний комбінований засіб для боротьби зі зимовою слизькістю може бути складеним з різних компонентів, які мають менший вплив на довкілля. Ось декілька прикладів такого комбінованого засобу:

- Біологічно активні речовини: Замість хімічних речовин, комбінований засіб може містити біологічно активні компоненти, які використовуються для покращення тяги і попередження утворення льоду. Наприклад, використання бактерій або грибків, які виробляють природні антифризові речовини, може допомогти зменшити використання хімічних ПОМ.

- Натуральні абразиви: Замість шкідливих хімічних абразивів, комбінований засіб може використовувати натуральні матеріали, такі як дрібний пісок або кам'яний пил, які мають природний фрикційний ефект. Вони допомагають забезпечити належну тягу і безпечні умови руху без шкоди для довкілля.

- Екологічно безпечні розчинники: Комбінований засіб може містити екологічно безпечні розчинники, які допомагають розчинити лід та сніг без негативного впливу на навколишнє середовище. Наприклад, використання натуральних розчинників, таких як органічні соляні розчини, може бути ефективним і екологічно безпечним варіантом.

- Комбіновані методи: Комбінований засіб може поєднувати декілька методів боротьби зі слизькістю, включаючи фрикційні матеріали,

біологічні компоненти та натуральні абразиви. Це дозволяє забезпечити ефективну боротьбу з льодом і слизькістю при мінімальному впливі на довкілля.

Важливо враховувати, що екологічна безпека комбінованого засобу залежить від вибору правильних компонентів і відповідного застосування. Перед використанням такого засобу слід оцінити його вплив на довкілля та переконатись у його безпечності та ефективності. Слід звертати увагу на сертифікацію та маркування, які підтверджують екологічну безпеку комбінованого засобу. Такі сертифікати можуть включати назви, такі як "Екологічно безпечний", "Екологічно дружній" або "Біорозкладний". Сертифікація та стандарти: Виробник екологічно безпечного засобу може мати сертифікати або відповідати певним стандартам, таким як сертифікати ISO або екологічні маркування, які підтверджують його екологічну безпечність.

Основні характеристики екологічно безпечного комбінованого засобу включають:

- Біодеградабельність: Засіб повинен бути біодеградабельним, що означає, що він може розкладатися природним шляхом і не накопичуватися в довкіллі. Це допомагає зменшити його вплив на ґрунтові води, водні екосистеми та інші компоненти природного середовища. Інгредієнти, що входять до складу засобу, повинні бути природними або органічними та вироблятися з використанням сталих джерел.
- Низька токсичність: Екологічно безпечні комбіновані засоби мають низьку токсичність, що означає, що вони не завдають значного шкоди людям, тваринам або рослинам. Вони не містять шкідливих хімічних речовин, таких як важкі метали або отруйні речовини, які можуть негативно впливати на здоров'я та екосистеми.
- Мінімальне накопичення у довкіллі: Засіб повинен мати мінімальну здатність до накопичення в природних середовищах. Він не повинен накопичуватися в ґрунті, воді або рослинах.

- Ефективність та тривалість дії: Екологічно безпечні комбіновані засоби також повинні бути ефективними у боротьбі зі зимовою слизькістю. Вони повинні мати достатню сили для танення льоду і снігу, а також тривати достатньо довго, щоб забезпечити безпечні умови на дорогах.
- Відсутність абразивної дії: Деякі комбіновані засоби можуть мати абразивну дію на поверхню дороги або транспортних засобів. Екологічно безпечні комбіновані засоби розроблені таким чином, щоб уникнути абразивного зносу, що допомагає зберегти дороги та автомобілі у гарному стані.
- Вторинна переробка та утилізація: Комбіновані засоби, які можуть бути вторинно перероблені або утилізовані, також сприяють екологічно-орієнтованому підходу. Вони можуть бути повторно використані або піддані процесу переробки після використання, зменшуючи утворення відходів і негативний вплив на навколишнє середовище.
- Використання вторинних матеріалів: Екологічно безпечний засіб може включати в собі вторинні матеріали, які отримані з переробки та утилізації відходів. Це допомагає зменшити кількість відходів та сприяє сталому використанню ресурсів.
- Енергоефективність: Засіб може бути розроблений таким чином, щоб забезпечувати ефективну роботу при мінімальному споживанні енергії. Наприклад, комбінований засіб може мати збалансовану формулу, яка дозволяє досягати високої ефективності з використанням меншої кількості продукту.
- Мінімізація вторинних ефектів: Екологічно безпечний засіб повинен мінімізувати вторинні негативні ефекти на дороги, автомобілі та інфраструктуру. Він не повинен пошкоджувати асфальт, бетон або метал, забезпечуючи довговічність і збереження інфраструктури.
- Використання альтернативних матеріалів: Замість традиційних хімічних протижеледних речовин, екологічно безпечний комбінований засіб може використовувати альтернативні матеріали, які мають менший

негативний вплив на довкілля. Наприклад, він може містити органічні розчинники, екстракти рослин або біологічно активні компоненти.

Одним з прикладів екологічно безпечного комбінованого засобу для боротьби з ожеледицею є використання суміші солі та абразивного матеріалу, такого як пісок чи щебінь. Ось деякі характеристики, які роблять цей комбінований засіб екологічно безпечним:

- Використання солі: Сіль є природною речовиною, яка швидко тане лід і сніг. Вона є ефективним ПОМ, але може мати негативний вплив на довкілля, особливо якщо використовується у великих кількостях. У комбінованому засобі використовується менша кількість солі, ніж у традиційних хімічних ПОМ, зменшуючи її потенційний негативний вплив.

- Абразивний матеріал: Додавання абразивного матеріалу, такого як пісок чи щебінь, до солі допомагає покращити тягу автомобілів та забезпечити безпечні умови руху на слизьких ділянках дороги. Абразивний матеріал не має шкідливого впливу на навколишнє середовище і може бути природним походженням.

- Розумне використання: Екологічно безпечний комбінований засіб передбачає розумне використання та дозування. Використання правильної кількості комбінованого засобу допомагає забезпечити безпеку на дорогах, знижуючи при цьому вплив на довкілля.

- Врахування умов: При застосуванні комбінованого засобу необхідно враховувати умови і типи поверхонь, на які він застосовується. Наприклад, на екологічно чутливих ділянках, таких як річки або озера, можуть бути застосовані альтернативні екологічно безпечні засоби, які не мають негативного впливу на водні екосистеми.

Важливо враховувати місцеві законодавство та рекомендації щодо безпечного та екологічно-орієнтованого використання комбінованих засобів боротьби із зимовою слизькістю.

#### **4.4. Організаційні заходи щодо оптимізації експлуатаційного утримання доріг як складова технологій захисту навколишнього середовища**

Організаційні заходи щодо оптимізації експлуатаційного утримання доріг можуть включати різні заходи, спрямовані на ефективне використання ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля. Ось декілька прикладів таких заходів:

- **Планування та координація робіт:** Ефективне планування та координація робіт з утримання доріг може допомогти зменшити час та кількість проміжних перевезень техніки, що призводить до зменшення споживання палива та емісій шкідливих речовин.
- **Використання інформаційних систем:** Застосування сучасних інформаційних систем та технологій допомагає відстежувати стан доріг, планувати оптимальні маршрути для виконання робіт та зменшувати кількість зайвих поїздок.
- **Застосування енергоефективних технологій:** Використання енергоефективного обладнання та технологій при проведенні ремонтних та утримувальних робіт на дорогах допомагає зменшити споживання енергії та викиди шкідливих газів.
- **Промисловий екологічний менеджмент:** Впровадження системи екологічного менеджменту, яка передбачає визначення та контроль над екологічними показниками діяльності підприємств, сприяє зменшенню впливу на довкілля шляхом впровадження ефективних практик та процедур.
- **Застосування раціональних методів утилізації відходів:** Раціональна утилізація відходів, включаючи сортування, переробку та повторне використання, допомагає зменшити кількість відходів, що потрапляють на звалища та забруднюють навколишнє середовище.

## 4.5 Основні вимоги безпеки та охорони праці

При реалізації технології боротьби із зимовою слизькістю на дорожніх покриттях потрібно дотримуватись правил техніки безпеки, згідно з вимогами НПАОП 63.21-1.01 [25].

Забороняється розподіляти ПОМ вручну з кузова бортового автомобіля або самоскида, які рухаються.

До управління спеціалізованими і комбінованими дорожніми машинами (розподільники ПОМ) допускаються особи, які мають, посвідчення водіїв і стаж роботи на машинах даної категорії не менше ніж 12 місяців. Вони повинні мати дозвіл медичної комісії і пройти атестацію з правил техніки безпеки Працюючих з ПОМ забезпечують спецодягом згідно з НПАОП 63.21-3.03 [26].

Під час виконання робіт із застосуванням інгібітору корозії необхідно дотримуватись правил техніки безпеки згідно з [25]. При потраплянні інгібітору корозії в очі та на шкіру необхідно змити його теплою водою.

Під час вантажно-розвантажувальних, технічних та складських робіт з інгібітором корозії, працівники повинні застосовувати респіратори та захисні окуляри. Інгібітор корозії є сумішшю комплексної сполуки уротропіну та натрію (магнію) кремнійфтористокислого. В токсикологічному аспекті характеристики продукту обумовлені добре вивченими властивостями його компонентів.

За ступенем впливу на організм людини інгібітор корозії відноситься до помірно небезпечних речовин III класу небезпеки. Масову концентрацію інгібітору корозії у повітрі робочої зони визначають за ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 [27].

В організм людини інгібітор корозії може проникати через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, не викликаючи при цьому гострого токсикологічного впливу.

Заходи щодо охорони навколишнього природного середовища необхідно передбачати при кожному виді робіт: при приготуванні та зберіганні ПОМ з інгібітором корозії, їх транспортуванні та розподіленні.

Для зменшення негативної дії хімічних ПОМ на придорожній ґрунт і воду необхідно дотримуватись режимів і нормативів, що передбачені відповідно до П Г.1-218-118 [10].

Сховища інгібітору корозії та його сумішей з технічною сіллю повинні розташовуватися за межами водоохоронних зон водоймищ (водотоків) та першого, другого і третього поясів зон санітарної охорони джерел господарчо-питного водопостачання.

Для зберігання розчинів хлористих солей з інгібітором корозії на базах дорожніх господарств необхідно використовувати корозійностійкі цистерни, що запобігають витіканню розчинів в ґрунт і забруднення поверхневих і підземних вод.

## **ВИСНОВКИ**

1. Всі діючі речовини, які проявляють ефективність стосовно льоду і снігу, не можна назвати абсолютно безпечними для людей і довкілля.

2. Ступінь негативного впливу протиожедних засобів можна звести до мінімуму, дотримуючись рекомендацій із застосування.

3. В умовах України оптимальним, з точки зору зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, може бути використання комбінацій різних ПОМ. Так, хлориди можна рекомендувати використовувати лише на особливо небезпечних ділянках доріг в суміші з дрібним піском, нітратами і сульфатами. У цьому випадку витрата хлоридів знижується на 30-40 %. Застосування хлоридів в невеликих кількостях для попередження ожеледиці дає можливість запобігати її утворенню, і в той же час є безпечним для довкілля, оскільки концентрації солей у стічних водах при цьому незначні.

4. Контроль вмісту хлоридів в цементобетонних конструкціях підвищує довговічність дорожніх покриттів мостів.

5. Використання хлориду натрію повинно бути поступово обмежене та замінене на реагенти більш екологічно безпечні і менш агресивні щодо конструктивних матеріалів. Найбільш перспективним є напрямок попередження утворення ожеледиці за рахунок створення матеріалів покриттів автомобільних доріг, які вже мають антиожеледні властивості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Каськів В.І., Півторацький Д.С., Бідненко Н.А., Дубова О.А. Узагальнення міжнародного досвіду в боротьбі із зимовою слизькістю. *Дороги і мости*. 2021. Вип. 23. С. 225-236.

2. Вирожемський В.К., Бородіна Н.А., Трух М.Є. Екологічні наслідки зимового утримання автомобільних доріг. *Автошляховик України*. 2006. №2. С. 35-38.

3. Шимчук О.П. Вплив протиожеледних матеріалів для зимового утримання доріг на навколишнє середовище та безпеку дорожнього руху. *Містобудування та територіальне планування*. Київ: КНУБА, 2014. Випуск № 54, С. 486-490.

4. Лучко Й. Й., Фордзюн Ю. І. Багатофункціональний склад на основі природнього матеріалу для профілактики ожеледиці. *Дороги і мости*. Київ, 2019. URL: [www.dorogimosti.org.ua](http://www.dorogimosti.org.ua) ISSN 2524-0994. (дата звернення: 15.03.2023).

5. Про автомобільні дороги: Закон України від 08.09.2005р.

№ 2862-IV.

6. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: затв. наказом М-ва регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 21.09.2015 р. № 234. 2015. 104 с.

7. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів: затв. наказом М-ва регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 24.04.2018р. № 103. 2018. 55 с.

8. ДСТУ 3587:2022. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги. Вимоги до експлуатаційного стану. ТК 307, 2022. (Інформація та документація).

9. Технічні правила ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів: затв. наказом Мінрегіону України від 14.02.2012р. №54. *Мін'юст України*. 2012. № 365/20678.

10. ПГ.1-218-118:2005. Єдині правила зимового утримання автомобільних доріг. Київ-Харків: *Укрдортехнологія*, 2005. (Інформація та документація).

11. Бородіна Н. А., Вирожемський В. К. Оцінка впливу хлористих протижеледних матеріалів на навколишнє середовище при зимовому утриманні автомобільних доріг. *Дороги і мости*. Київ, 2004. N 2. С. 14-17.

12. Про затвердження Методики підготовки вулично-дорожньої мережі населених пунктів до зимового періоду: наказ М-ва регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 17.07.2013р. № 319.

13. Wuth E. Beanspruchung des Betons Bei Tausalzanwendung. *Betonwerk Fertigteil Technik*. 1977. No 11. P. 542–548.

14. ПГ.1-218-113:2009. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. Київ: *Укравтодор*, 2009. 56 с. (Інформація та документація).

15. Гончаренко Ф. П., Прусенко Є.С., Скорченко В. С. Експлуатаційне утримання та ремонт автомобільних доріг за складних погодних умов: навч. посіб. Київ, 1999. 264с.

16. Шимчук О.П., Процюк В.О., Талах Л.О. і ін. Вплив технології будівництва автомобільних доріг та екологічно чистих протижеледних матеріалів на експлуатаційні властивості дорожнього покриття та безпеку дорожнього руху. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2022. Випуск 18. URL: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-20](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-20). (дата звернення: 15.03.2023).

17. ТТР 218-00018112/31911658-408:2011. Застосування інгібітору корозії в хлоридних протижеледних матеріалах. Київ. 2011. (Інформація та документація).

18. М 218-00018112-668:2010. Методика оцінки ефективності інгібіторів корозії як добавок до хлоридомістких протижеледних матеріалів. Київ: *Укравтодор*, 2010. 60 с. (Інформація та документація).

19. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги.. (ГОСТ 31384-2008, NEQ). Київ, 2018. (Інформація та документація).

20. М-218-31911658-625:2007. Методика вимірювання масової частки водорозчинних хлоридів у залізобетонних автодорожніх конструкціях фототурбометричним методом. Київ, 2007. (Інформація та документація).

21. Жаровський Ф.Г., Піліпенко А.Т., П'ятницький І.В. Аналітична хімія: навч. посіб. Київ: Вища школа, 1982. 544с.

22. Інструментальні методи хімічного аналізу. URL: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/Instrumentalni-metodi-himichnogo-analizu.pdf>. (дата звернення: 20.03.2023).

23. Бородіна Н.А., Варбанець Р.А. Технологічна карта дослідження впливу на навколишнє середовище атомобільних доріг загального користування. *Вісник ЛДУ БЖД*. 2015. №12. С.107-113.

24. Транспортна екологія: навч. посіб. / О. І. Запорожець та ін. Київ:

НАУ, 2017. 507 с.

25. НПАОП 63.21-1.01-09. Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг. Київ, 2009. (Інформація та документація).

26. НПАОП 63.21-3.03-08. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам дорожнього господарства. Київ, 2009. (Інформація та документація).

27. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні. Київ, 2007. (Інформація та документація).

28. Бойчук В. С. Довідник дорожника: довідник. Київ: Урожай, 2002. 560с.