

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
ПРОТИЖЕЛЕДНИХ РЕАГЕНТІВ ПРИ ЗИМОВОМУ УТРИМАННІ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРИГ**

**INCREASING THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF ANTI-ICING
REAGENTS DURING WINTER ROAD MAINTENANCE**

Седов А. В., к.т.н., доц. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет), Фоменко О. О., асис. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Sedov A. V., Ph.D., assoc. (Kharkiv National Automobile and Road University), Fomenko O. O., assistant (Kharkiv National Automobile and Road University)

Проаналізовані фактори, що впливають на циклічність робіт і потребу ресурсів для зимового утримання автомобільних доріг. Виконана оцінка основних погодно-кліматичних факторів, що сприяють утворенню ожеледиці на поверхні покриття. В якості основного дорожнього фактору прийнята температура дорожнього покриття. Для визначення циклічності робіт із зимового утримання запропоновані рекомендації, які визначають кількість циклів робіт з розподілу протижеледних матеріалів і патрульного снігоочищення для різних видів зимової слизькості, які можуть утворюватися в зимовий період.

The experience of winter maintenance of roads abroad shows that compliance with the requirements of the standards is possible when choosing optimal work strategies and using not only technologies for eliminating winter slippage, but also technologies for preventing its occurrence. For this, the collection of weather and road information, its processing, forecasting of the condition of the road surface and decision-making on the choice of work technology should be carried out practically in real time. The article analyzes the factors affecting the cycle of work and the need for resources for winter road maintenance. The assessment of the main weather and climate factors that contribute to the formation of ice on the surface of the coating has been carried out. Weather and climate factors form the water-heat regime of the road structure, which cause fluctuations in humidity and temperature. Analysis of the simulation results shows that the probability of slippage is determined by the transition of air temperature not through 0 °C, but through minus 2°C and the presence of moisture on the coating. Thus, it is necessary to take the temperature of the road surface as the main road factor. To determine the cycle of winter maintenance work, recommendations are proposed that determine the number of cycles of work on the distribution of anti-icing materials and patrol snow removal for various types of winter slippery conditions that can form in the winter period. For each snowfall, the following are calculated: duration, average air temperature, surface temperature, amount of precipitation in millimeters of water

(according to weather station data), thickness of the snow layer on the road surface taking into account the snow density, intensity of snow accumulation on the surface.

Ключові слова: протиожеледні реагенти, зимове утримання, автомобільна дорога.

Keywords: anti-icing reagents, winter maintenance, road.

Утримання автомобільних доріг в зимовий період займає особливе місце і відрізняється значною складністю робіт, яка обумовлена впливом кліматичних факторів і різким, іноді раптовим зниженням експлуатаційних показників покриття при утворенні зимової слизькості на всій дорозі або на окремих її ділянках. Для забезпечення безпечного проїзду транспортних засобів та підтримки високих зчепних якостей дорожніх покриттів дорожньо-експлуатаційні організації проводять комплекс робіт із зимового утримання. На зимове утримання доріг виділяються значні фінансові ресурси, отже, періодичність робіт і необхідні для цього ресурси повинні обґрунтовуватися з урахуванням кліматичних особливостей району проходження дороги та її значення. Всі заходи по боротьбі із зимовою слизькістю, в залежності від їх цільової спрямованості, можна розділити на три групи [1]:

- зниження негативного впливу утворення зимової слизькості на умови руху транспортних засобів та підвищення коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою шляхом розсипу по сніжно-льодяному шару фрикційних матеріалів;

- видалення з покриття крижаного або снігового шару з застосуванням механічних, теплових, хімічних, та інших методів;

- запобігання утворенню сніжно-льодяного шару або ослаблення його зчеплення з дорожнім покриттям шляхом профілактичної обробки протиожеледними матеріалами, або введення хімічних реагентів до складу покриття при його будівництві.

Досвід зимового утримання доріг в різних країнах світу показує, що дотримання вимог національних стандартів можливе за рахунок вибору оптимальних стратегій робіт, які засновані не тільки на використанні технологій ліквідації зимової слизькості, але і технологій попередження її виникнення. Для цього збір кліматичної і дорожньої інформації, її обробка, прогнозування стану покриття та прийняття рішень про вибір технології боротьби із зимовою слизькістю повинна виконуватися в режимі реального часу. Кліматичні умови характеризують рівень опадів, вологість повітря, добові зміни температури, напрямки і силу вітрів, тривалість і висоту снігового покриву і ще багато чого іншого (рис. 1) [1].

В якості фактору, який часто використовується для характеристики складності зимового періоду та розрахунку циклічності робіт з боротьби із

зимовою слизькістю, прийнята кількість переходів температури повітря через 0 °С.

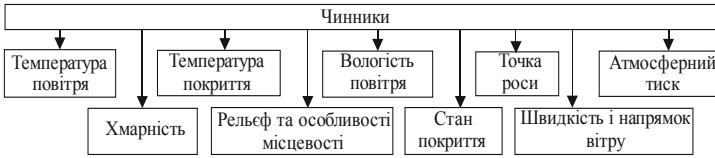


Рис. 1. Чинники, що визначають погодні явища, що впливають на енергоємність зимового утримання

У таблиці 1 представлена динаміка зміни температури поверхні покриття від температури повітря [2, 3].

Якщо температура покриття негативна, а лінії температур зближуються, то при їх перетині станеться утворення ожеледиці (рис. 2).

Таблиця 1

Динаміка зміни температур покриття при зміні температури повітря

Час виміру температур, година	Температура повітря, °С	Температура покриття, °С	Температура поверхні покриття зразків у лабораторному стенді, °С	Ймовірність утворення льоду на покритті, %
0	-14,0	-16,3	-14,0	86
1	-13,3	-16,1	-13,4	88
2	-11,8	-15,7	-12,5	88
3	-9,7	-15,2	-9,9	90
4	-7,0	-14,3	-7,5	95
5	-3,2	-13,7	-4,2	97
6	-3,0	-13,2	-3,6	97
7	-3,9	-13,2	-	-
8	-4,1	-13,4	-	-

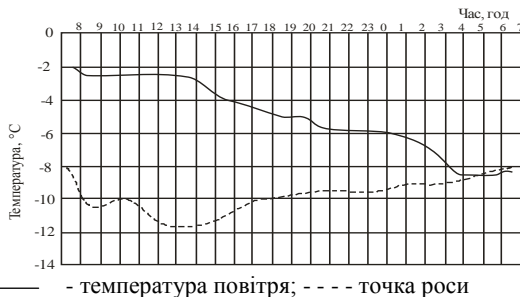


Рис. 2. Приклад графіка для прогнозу часу виникнення ожеледиці

Погодно-кліматичні фактори формують водно-тепловий режим дорожньої конструкції, що обумовлюють коливання вологості і температури [2].

У таблиці 2 представлена середня місячна і річна відносна вологість повітря на прикладі Сумської області.

Таблиця 2

Середня місячна і річна відносна вологість повітря

Час	Місяці						
	жовтень	листопад	грудень	січень	лютий	березень	квітень
7 ⁰⁰	88	90	89	88	87	89	80
13 ⁰⁰	62	78	84	82	77	72	55
21 ⁰⁰	79	86	88	87	86	85	71

У таблиці 3 наведено число днів з відносною вологістю на прикладі Сумської області.

Таблиця 3

Число днів з відносною вологістю

Вологість, %	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень
≥ 80	7,1	16,8	21,7	19,2	12,9	11,8	4,6
≤ 30	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0

Однією з причин, що сприяють утворенню ожеледиці на поверхні покриття, є ослаблення швидкості вітру [4, 5]. У таблиці 4 наведена імовірність вітру різної швидкості.

Таблиця 4

Імовірність вітру різної швидкості

Місяці	0-1	2-5	6-10	11-15	Більше 15
Листопад	7,4	62,9	24,7	4,0	1,0
Грудень	5,7	62,8	26,0	4,4	1,1
Січень	5,0	55,6	31,0	6,8	1,6
Лютий	6,0	55,5	30,1	6,7	1,7
Березень	5,6	59,0	28,5	5,1	1,8

На рис. 3 представлена зміна в часі швидкостей вітру в попередній період та період ожеледиці.

Ослаблення вітру призводить до зменшення турбулентного обміну і сприяє радіаційному охолодженню мас повітря [2, 3, 6, 7].

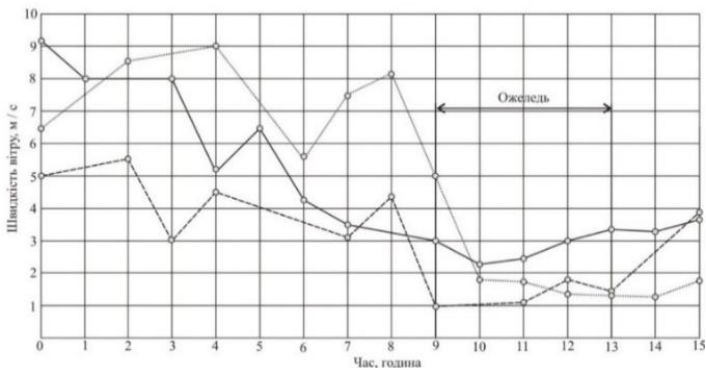


Рис. 3. Зміна в часі швидкості вітру

Унаслідок радіаційного охолодження дорожнього покриття нижче точки роси волога, яка знаходиться в повітрі, конденсується на ньому і перетворюється на тонкий шар льоду, який дуже важко виявити візуально, особливо під час руху автомобіля («чорний лід»). Після обробки, внаслідок взаємодії протиожеледних матеріалів з льодом температура льоду піднімається від мінус 10°C на 13°C і він спочатку перетворюється на воду, а потім на розчин солі. Після цього протягом 10-20 хвилин розчин остигає до вихідної температури мінус 10°C , залишаючись у рідкому стані.

Кількість реагенту, що залишається на покритті, не йде в пори та за рахунок постійної адсорбції вологи з повітря підтримує певний концентрований розчин.

Для визначення циклічності робіт із зимового утримання запропоновані рекомендації, які визначають кількість циклів робіт з розподілу протиожеледних матеріалів і патрульного снігоочищення для різних видів зимової слизькості, які можуть утворюватися в зимовий період [1, 7]:

– для кожного випадку утворення зимової слизькості у вигляді склоподібного льоду (ожеледь, ожеледиця, твердий наліт, чорний лід) приймається один цикл розподілу протиожеледних матеріалів для ліквідації або профілактики утворення слизькості. Норми розподілу хімічних реагентів залежать від температури повітря або покриття (враховується її мінімальне значення). Блок-схема вибору виду ПОМ наведена на рис. 4;

– для розрахунку кількості циклів патрульного снігоочищення обробка даних про снігопади проводиться з урахуванням вимог до рівня утримання дороги. Снігопади, що слідуєть один за одним, об'єднуються в один, якщо час розриву між ними не перевищує директивного, відведеного на прибирання снігу для заданого рівня утримання.

Для кожного снігопаду розраховується: тривалість, середня температура повітря, кількість опадів в міліметрах води (за даними метеостанції), товщина шару снігу на дорожньому покритті з урахуванням щільності снігу, інтенсивність снігонакопичення на покритті.

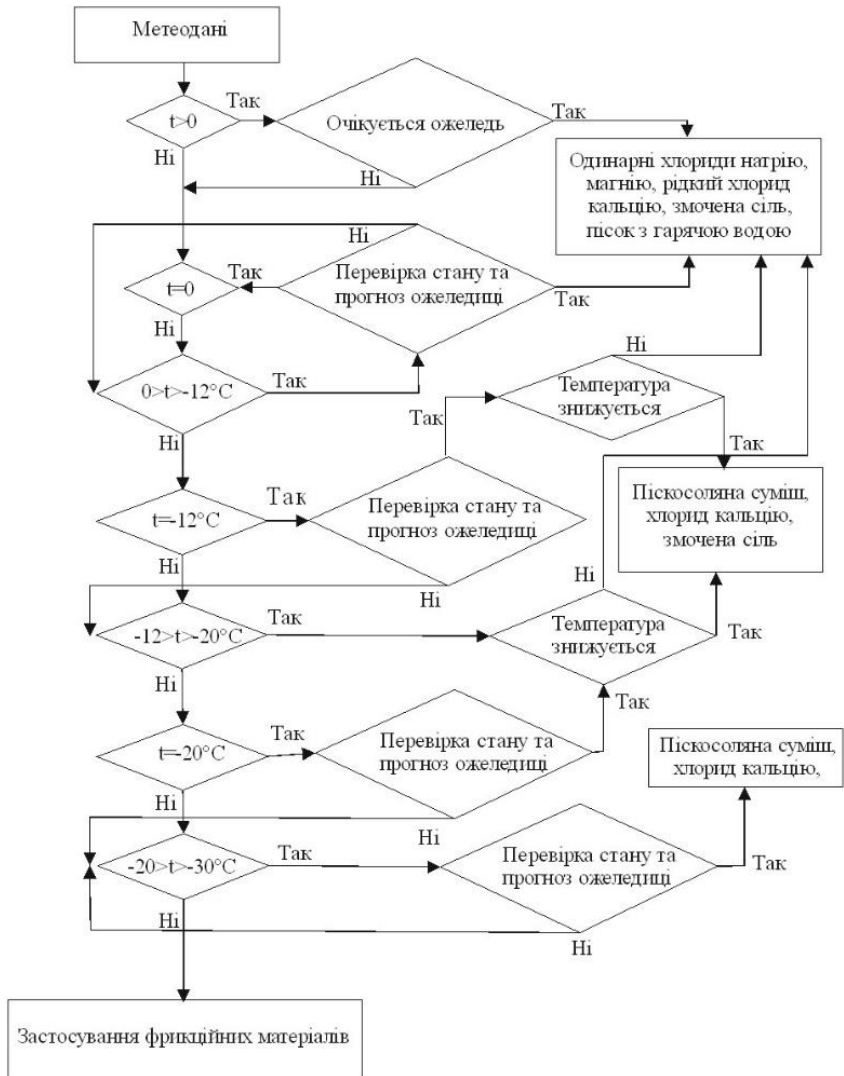


Рис. 4. Блок-схема вибору виду протиожеледних матеріалів

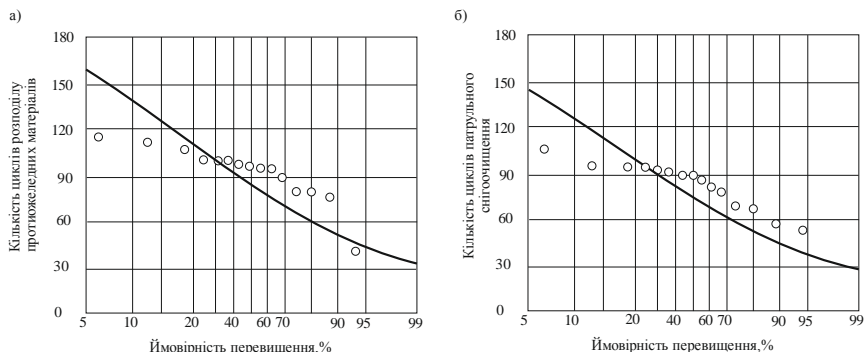
Для розрахунку циклічності вибираються снігопади, для яких кількість опадів перевищує допустиму товщину шару снігу на покритті, тобто потрібно хоча б один цикл патрульного снігоочищення;

– якщо можливо формування снігового накату, то приймаються 2 цикли розподілу протиожеледних матеріалів (на початку снігопаду – для профілактики ущільнення снігу і на заключному етапі очищення покриття);

– для снігопадів, які тривають більше доби, або з інтенсивністю більше 3 мм/год і при середній температурі повітря до мінус 8 °С передбачаються додатково 2 цикли обробки протиожеледними матеріалами;

– якщо на покритті можливий пухкий сніг, то розраховується інтенсивність снігонакопичення і кількість циклів патрульного снігоочищення з урахуванням вимог до рівня утримання. Для кожного снігопаду додатково враховується один цикл на прибирання снігу після його закінчення.

За результатами моделювання доведено, що ймовірність утворення слизькості визначається переходом температури повітря не через 0 °С, а через мінус 2 °С і наявністю вологи на покритті. Отже, цей параметр не придатний для розрахунків циклічності робіт із зимового утримання [1, 8-10]. Таким чином, температура дорожнього покриття є основним дорожнім параметром, що впливає на утворення слизькості на дорожньому покритті і визначальним для планування робіт з боротьби із зимовою слизькістю. Криві розподілу кількості циклів наведені на рис. 5.



а – для обробки проїзної частини протиожеледними матеріалами, б – для патрульного снігоочищення

Рис. 5. Криві розподілу кількості циклів

References

1. Baklanov Yu. V. Sovershenstvovanye orhanyzatsyyi zymneho soderzhaniya avtomobylnykh dorozh na osnove rascheta tsyklychnosti rabot:

URL: <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-organizatsii-zimnego-soderzhaniya-avtomobilnykh-dorog-na-osnove-rascheta-> (data zvernennia: 15.11.2022).

2. Zamorskiy A. D. Atmosfernyi led: ynei, hololed y hrad / Zamorskiy A. D. M.: Hydrometeoizdat, 1955. 450 s.

3. Veselov E. P. Meteorologicheskoye usloviya obrazovaniya y prohnolz hololedytsy: metod. pismo / Veselov E. P., Rudakov L. M. M.: Hydrometeoizdat, 1971. 16 s.

4. Skorobohatchenko D. A. Metodologicheskoye osnovy upravleniya ekspluatatsionnyim sostoianiem avtomobilynykh doroh po kachestvennym parametram, zadavaemym verbalno / VolhHASU, 2011. 219 s.

5. Sakuta N. B., Kodentseva Yu. V., Hainulyna Y. N.. Formyrovanye kontseptualnoi modely orhanyzatsyy rabot po borbe s zymnei skolzkostiu na avtomobilynykh dorohakh // Vestnyk SybADY. 2016. №3 (49). S.80-86.

6. Samodurova T. V. Meteorologicheskoye obespechenye zymneho soderzhaniya avtomobilynykh doroh. TYMR, 2003. 183 s.

7. Samodurova T. V., Baklanov Yu. V. Metodyka rascheta tsyklychnosty vypolneniya rabot po zymnemu soderzhaniyu avtomobilynykh doroh // Dorohy y mosty. 2013. № 2. S. 99-112.

8. Samodurova T. V., Baklanov Yu. V. Tsyklychnost rabot po zymnemu soderzhaniyu avtomobilynykh doroh // Nauchnyi zhurnal stroytelstva y arkhytektury. № 1(33). 2014. S. 72-82.

9. Bobrova T. V., Sleptsov Y. V. Optymyzatsiya struktury parka mashyn dlia zymneho soderzhaniya horodskykh ulyts y doroh s uchetom veroiatnostnoi otsenky klymatycheskykh faktorov // Vestnyk SybADY. 2015 № (3(43)). S. 32-38.

10. Leonovych Y. Y. Prohnolyrovanye zymnei skolzkosty avtomobilynykh doroh // Vestnyk Belorusskoho natsyonalnogo tekhnicheskoho unyversyteta: nauchno-tekhnicheskyy zhurnal. 2007. № 1. S. 50-55.

Список використаної літератури

1. Бакланов Ю. В. Совершенствование организации зимнего содержания автомобильных дорог на основе расчета цикличности работ: URL: <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-organizatsii-zimnego-soderzhaniya-avtomobilnykh-dorog-na-osnove-rascheta-> (дата звернення: 15.11.2022).

2. Заморский А. Д. Атмосферный лед: иней, гололед и град / Заморский А. Д. М.: Гидрометеиздат, 1955. 450 с.
3. Веселов Е. П. Метеорологические условия образования и прогноз гололедицы: метод. письмо / Веселов Е. П., Рудаков Л. М. М.: Гидрометеиздат, 1971. 16 с.
4. Скоробогатченко Д. А. Методологические основы управления эксплуатационным состоянием автомобильных дорог по качественным параметрам, задаваемым вербально / ВолгГАСУ, 2011. 219 с.
5. Сакута Н. Б., Коденцева Ю. В., Гайнулина И. Н.. Формирование концептуальной модели организации работ по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах // Вестник СибАДИ. 2016. №3 (49). С.80-86.
6. Самодурова Т. В. Метеорологическое обеспечение зимнего содержания автомобильных дорог. ТИМР, 2003. 183 с.
7. Самодурова Т. В., Бакланов Ю. В. Методика расчета цикличности выполнения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог // Дороги и мосты. 2013. № 2. С. 99-112.
8. Самодурова Т. В., Бакланов Ю. В. Цикличность работ по зимнему содержанию автомобильных дорог // Научный журнал строительства и архитектуры. № 1(33). 2014. С. 72-82.
9. Боброва Т. В., Слепцов И. В. Оптимизация структуры парка машин для зимнего содержания городских улиц и дорог с учетом вероятностной оценки климатических факторов // Вестник СибАДИ. 2015 № 3(43). С. 32-38.
10. Леонович И. И. Прогнозирование зимней скользкости автомобильных дорог // Вестник Белорусского национального технического университета: научно-технический журнал. 2007. № 1. С. 50-55.