

ВПЛИВ ПЛАВЛЯЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПРОТИОЖЕЛЕДНИХ ХІМРЕАГЕНТІВ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

THE INFLUENCE OF THE MELTING ABILITY TO TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF THEIR APPLICATIONS



Попелиш Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, доцент, I_I_P@ukr.net, +380668827221

<https://orcid.org/0000-0003-3358-6565>



Семенченко Оксана Василівна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри транспортних систем і безпеки дорожнього руху, асистент, O.Semenchenko@ukr.net, +380671314124

<https://orcid.org/0000-0002-9004-2575>



Корітчук Сергій Олександрович, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, асистент, K.s2501@ukr.net, +380938133430

<https://orcid.org/0000-0001-5100-873X>

Анотація. Високий рівень безпеки руху транспортних засобів і регулярності польотів в осінньо-зимовий період експлуатації аеродромів і автомобільних доріг у значній мірі залежить від готовності злітно-посадкової смуги до виконання безпечних злітно-посадкових операцій, що, у свою чергу обумовлюється попередженням утворення ожеледі і ущільненого снігу на аеродромних і дорожніх покриттях або їх видалення в мінімальний термін. Найбільш економічно прийнятним способом виконання даної вимоги в наш час є використання сучасних протиожеледних хімічних реагентів.

Запропоновано підхід, щодо оцінки впливу протиожеледних хімічних реагентів на техніко-економічні показники їх застосування на аеродромах і автомобільних дорогах. Розглянуто основні фактори, які впливають на ефективність застосування протиожеледних хімічних реагентів при видаленні сніжно-льодових відкладень із покриттів доріг і аеродромів. Наведені порівняльні дані про найпоширеніші хімічні протиожеледні реагенти які застосовуються на аеродромах і автомобільних дорогах, вказані їх переваги і недоліки.

Результати дослідження можуть бути запропоновані в експлуатаційних службах доріг і аеродромів для внесення відповідних коректив в методи зимового утримування.

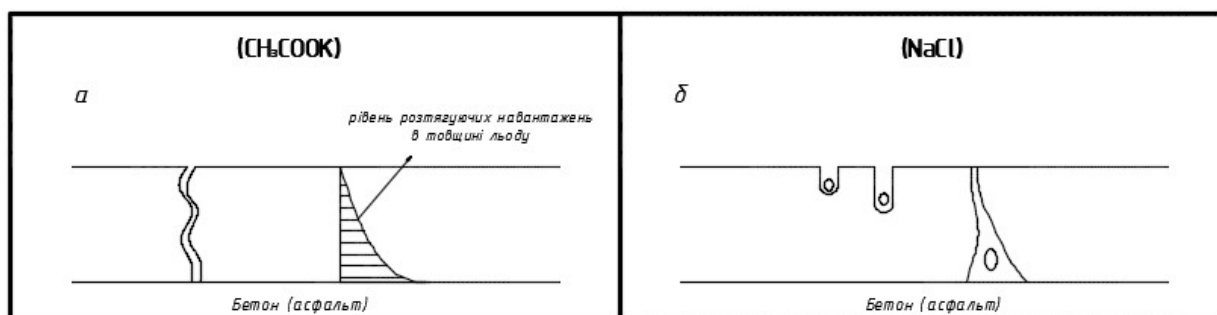
Ключові слова. Хімічні протиожеледні реагенти, автомобільна дорога, аеродром, сніг, ожеледь, графіки ефективності.

Вступ. Постійне зростання авіаційного і автомобільного парку транспортних засобів, збільшення об'єму вантажних та пасажирських перевезень пред'являють все більш жорсткі вимоги до утримання аеродромів та автомобільних доріг, особливо в зимовий період експлуатації, а також забезпечення безпеки руху по ним. Одним із завдань, що стоять на шляху вирішення даної проблеми є боротьба із зимовою слизькістю із застосуванням протиожеледних реагентів (ПОР). Одним з найважливіших показників якості протиожеледних реагентів є їх плавляча здатність. Під «плавлячою здатністю» розуміють кількість льоду в грамах, яке може розплавити один грам реагенту на одиницю оброблюваної поверхні при відомих температурах, товщині снігового або льодового шару, щільності снігу. Таким чином, саме плавляча здатність визначає основний показник протиожеледної речовини – здатність ефективно плавити лід і норми його витрати. Розчинення у загальному виді - це фізико-хімічний процес. Розчинення у воді NaCl - фізичний процес. При цьому відбувається руйнування кристалічної решітки і розподіл часток, що утворюються (іонів Na⁺) між молекулами води, необхідна енергія поглинається ззовні, відбувається охолодження. Частки солі швидко розтоплюють лід близько від себе. При цьому температура навколо цієї двофазної системи різко знижується. Розчинення снігу гальмується. Близько лежачі сніг або лід просочуються холодним солоним розчином, від чого танення ще більше гальмується внаслідок тривалого зниження температури. У такому напівзруйнованому стані ця система може зберігатися довго.

Плавляча здатність реагенту тим вище, чим більше зміст плавлячих солей. У вимогах до реагенту дана інформація повинна декларуватися. Неточності у визначенні норм витрат різних ПОР призводять до їх неекономічного використання, а також до позанормативного забруднення навколишнього середовища при надмірному їх застосуванні. Плавляча здатність хімічних протиожеледних реагентів у свою чергу залежить від багатьох факторів, а тому техніко-економічна ефективність застосування реагентів при різних умовах буде суттєво відрізнятися, що необхідно враховувати при розрахунках кількості реагента на одиницю поверхні покриття доріг і аеродромів для підтримки їх в експлуатаційно придатному стані при оптимальних економічних витратах. Для вирішення цієї задачі запропоновано в розрахунках техніко-економічної ефективності використовувати комплексний показник ефективності який враховує такі фактори як температура повітря, вид хімічного реагенту (рідкий чи гранульований), метод боротьби зі сніжно-льодовими відкладеннями (видалення чи попередження), товщина шару відкладень, вартість реагенту, кількість нанесень реагенту для підтримання покриття в (експлуатаційному-придатному стані).

Мета і методи. Для попередження і видалення сніжно-льодових відкладень з поверхні покриттів доріг і аеродромів існує два метода плавлення льоду із застосуванням рідких і гранульованих реагентів. Механізм плавлення льодоутворень внаслідок впливу рідких і твердих реагентів різний. Вплив рідких реагентів відбувається за двома видами механізмів. Перший – це розчинення верхнього шару льоду через змішування з реагентами, що мають більш низьку температуру кристалізації. Зміна товщини льоду веде до спонукання другого механізму – зміни внутрішніх напруг у шарах льоду, що залишаються. Як правило, зростають розтягувальні напруги, під впливом яких у льоді виникають тріщини, що супроводжується чутним тріском. Хімреагенти мають високу проникаючу здатність, внаслідок чого вони спрямовуються в щілини, що утворилися, а потім поширюються між цементобетоном (асфальтобетоном) і льодом. У результаті лід втрачає адгезію і може бути прибраний щітками. Якщо лід дуже тонкий, у ньому малі внутрішні напруги, він переважно розчиняється, не встигнувши втратити адгезію. Швидкість розплавлення верхнього шару, як зазначалося вище, визначає швидкість прибирання льоду. Тому екзотермічне розчинення значно підвищує експлуатаційні якості реагенту. Всякий механічний вплив на процес розчинення льоду також прискорює процес його прибирання. Існують спеціальні машини, які проколюють лід (збільшують кількість тріщин), тим самим прискорюючи роботу реагенту між бетоном і шаром льоду. Видалення льоду в процесі його розплавлення також прискорює процес за описаним вище механізмом. На рис. 1а схематично показаний процес розплавлення льоду рідкими реагентами. Як загальне правило, потрібно відзначити, що рідкі реагенти щонайкраще працюють на тонких шарах льоду – навіть при низьких температурах. Тверді гранульовані реагенти працюють трохи інакше, рис. 1б. Потрапляючи на лід або сніг, гранула починає «пропалювати» вертикальний тунель. Швидкість утворення цього тунелю залежить від того, як протікає плавлення: з виділенням тепла або з поглинанням, а також від температури початку кристалізації, коли утвориться рідка фаза. Час проплавлення льоду або снігу залежить і від їхньої товщини. Після проплавлення льодовідкладень рідка фаза, як і в першому випадку з рідкими реагентами, починає поширюватися між льодоутворенням і підложкою (цементобетоном або асфальтобетоном). У міру зменшення

зчеплення льодоутворення з підложкою вони можуть видалятися. Прийнято вважати, що гранульованими реагентами переважніше користуватися у випадках товстих льодовідкладень.



а) Рідкий варіант

б) Гранульований варіант

Плавлення з виділенням тепла
 $Q = +8^{\circ}\text{C}$
 евтектика = -60°C
 робоча = -60°C
 Найбільш ефективний при тонкому шарі льоду

Плавлення з поглинанням тепла
 $Q = -10^{\circ}\text{C}$
 евтектика = -23°C
 робоча = -8°C
 Найбільш ефективний для товстих льодовідкладень

Рисунок 1 – Схема роботи рідкого і гранульованого протижелезних реагентів
 Figure 1 – Scheme of work of a liquid and granular anti-icing reagents

Плавляча здатність реагенту, нанесеного на льодоутворення

Плавляча здатність реагенту характеризується товщиною шару льоду, який розплавляється з плоскої поверхні льоду за прийняту одиницю часу. Критерієм придатності для застосування на аеродромах цивільної авіації є показник плавлячої при температурі $-7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ за час 30 хв, який буде не менше 1 мм товщини розплавленого шару льоду відповідно до «Методам випробувань матеріалів для експлуатаційно-технічного утримання і відновлення штучних покриттів аеродрому» (2004 р.).

Величини товщини шару розплавленого льоду за 30 хв взаємодії реагенту «Нордіск-П» з льодом (**плавляча здатність**) при різних температурах повітря наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Величини товщини шару розплавленого льоду за 30 хв
 Table 1 – The values of the layer thickness for molten ice for 30 minutes

№ досліду	Середня температура $^{\circ}\text{C}$	Осереднена товщина розплавленого льоду (плавляча здатність), мм	
		50%-ний водний розчин	100%-ний водний розчин
1	-6,2	2,03	6,13
2	-7,7	1,47	5,56
3	-8,5	1,25	5,20
4	-8,8	1,20	4,98
5	-10,2	0,97	5,06
6	-11,2	0,70	4,55
7	-14,2	0,20	3,91

Результати і пояснення

Основними експлуатаційними факторами, що впливають на ефективність застосування ПОР є робоча температура їх застосування, кількість нанесень на покриття для підтримання їх в експлуатаційно-придатному стані, що забезпечує безпеку руху транспортних засобів по дорогах і виконання

безпечних злітно-посадкових операцій повітряними суднами на аеродромах, ціна обробки одного метра квадратного, кількість реагенту нанесеного на одиницю площі і т.д.

Дані фактори зведені в один – показник ефективності, графічні залежності зміни якого для різних хімреагентів наведені на рисунках 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

Таблиця 2 – Плавляча здатність основних протиожеледних реагентів
 Table 2 – Floating ability of the main anti-icing reagents

№ зразку	Вид хімреагентів	Плавляча здатність (кг льду/кг солі) при температурі, °С					
		-5	-10	-20	-30	-40	-50
1	Ацетат амонія	15,7	7,3	3,3	2,3	1,8	1,4
2	Ацетат калія	11,5	5,7	2,7	1,9	1,6	1,3
3	Ацетат магнія	7,3	4,6	2,3	0	0	0
4	Ацетат натрія	7,3	4,6	0	0	0	0
5	Ацетат кальція	5,7	3	0	0	0	0
6	Форміат калія	11,5	5,7	2,3	1,7	1,3	1,1
7	Форміат натрія	11,5	5,7	0	0	0	0
8	Хлорид натрія	13,3	6,7	3,2	0	0	0
9	Хлорид кальція	9,0	5,7	3,5	2,8	2,6	0
10	Хлорид магнія	5,0	3,1	-	-	-	-
11	НКММ	7,0	3,8	1,3	-	-	-
12	АНС	6,0	3,1	-	-	-	-
13	КАС	5,0	-	-	-	-	-

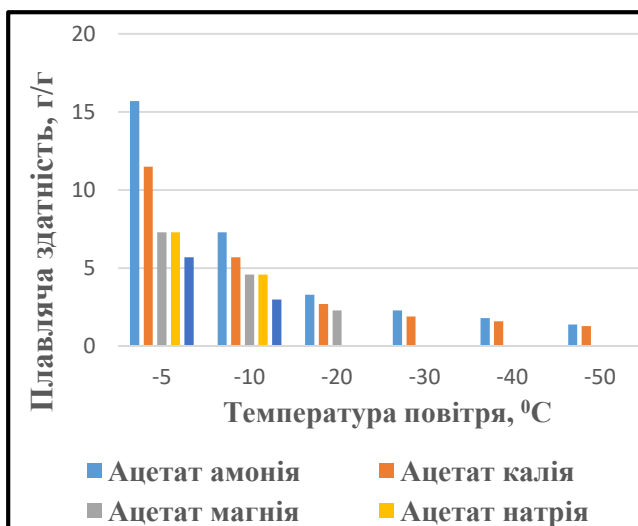


Рисунок 4 – Залежність плавлячої здатності протиожеледних реагентів ацетатної групи від температури повітря

Figure 4 – Dependence of the melting ability of anti-icing reagents of the acetate group on air temperature

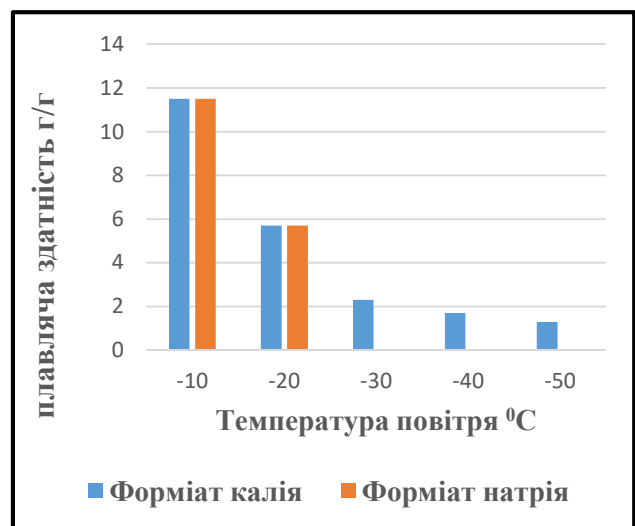


Рисунок 5 – Залежність плавлячої здатності протиожеледних реагентів форміатної групи від температури повітря

Figure 5 – Dependence of the melting of anti-icing reagents of the formate group on air temperature

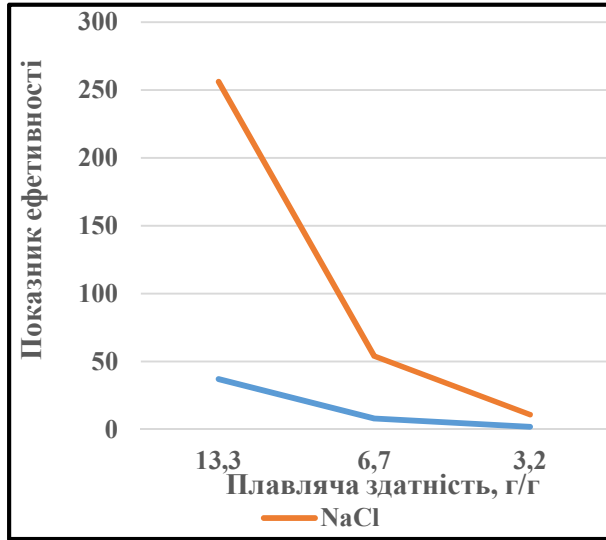


Рисунок 6 – Залежність показника ефективності застосування протижеледних реагентів хлориду натрія при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 6 – Dependence of the efficiency indicator for anti-icing reagents of the sodium chloride with one time and multiple application to the pavement from its melting ability

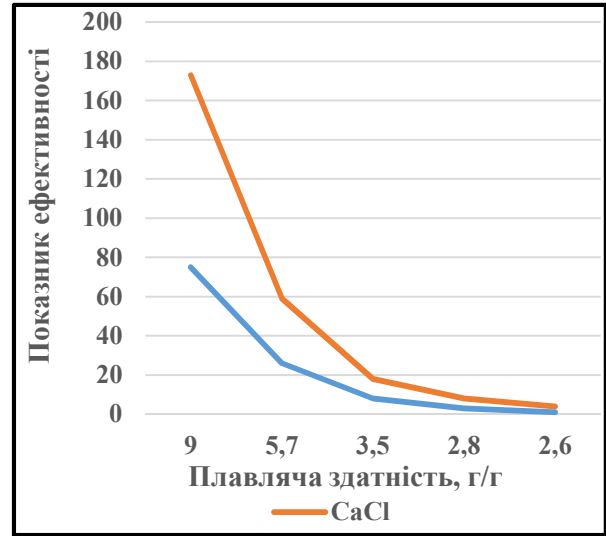


Рисунок 7 – Залежність показника ефективності застосування протижеледних реагентів хлориду кальція при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 7 – Dependence of the efficiency indicator for anti-icing reagents of the calcium chloride with one-time and multiple application to the pavement from its melting ability

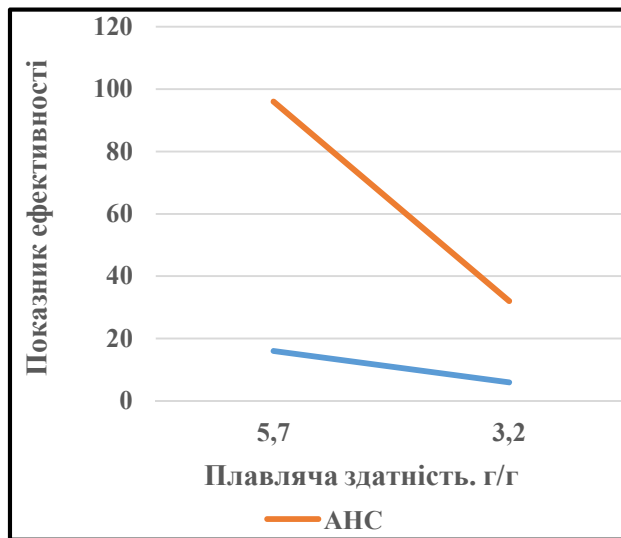


Рисунок 8 – Залежність показника ефективності застосування протижеледних реагентів антижеледно корозійного складу при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 8 – Dependence of the efficiency indicator of the application of anti-icing reagents anti-icing corrosion compound with one-time and multiple application to the coating on its melting capacity

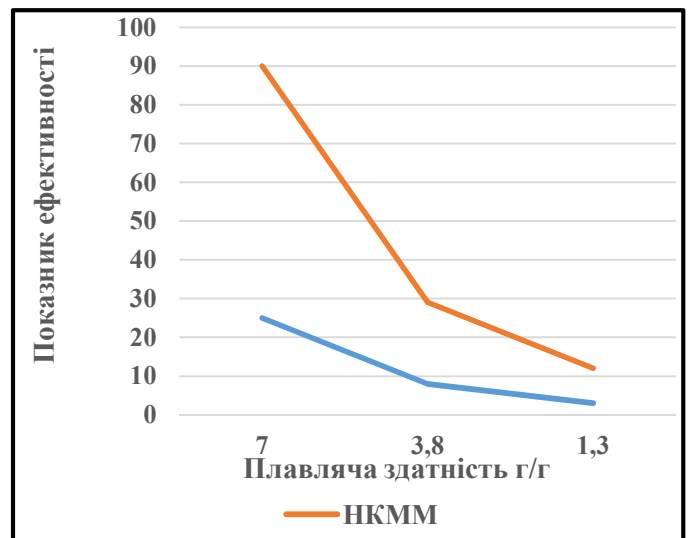


Рисунок 9 – Залежність показника ефективності застосування протижеледних реагентів нітрату кальція, магнія, мочевины при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 9 – Dependence of the efficiency indicator of anti-icing nitrate, calcium, magnesium, urea reagents with one-time and multiple application to the coating on its melting ability

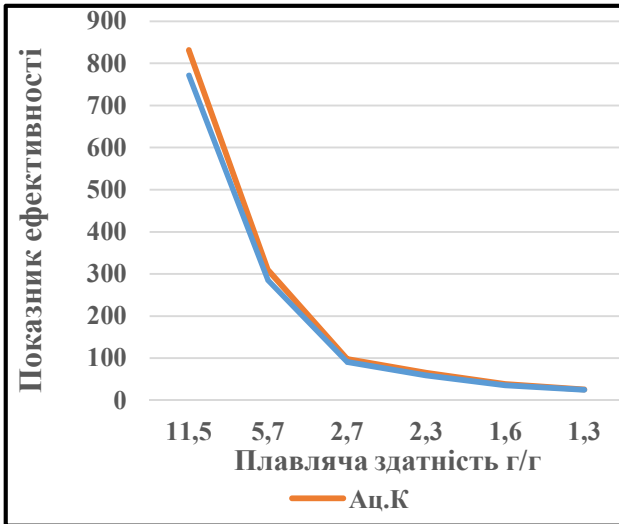


Рисунок 10 – Залежність показника ефективності застосування протижеледних реагентів ацетата калія при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 10 – Dependence of the efficiency index of using anti-icing potassium acetate reagents with one-time and multiple application to the coating on its melting ability

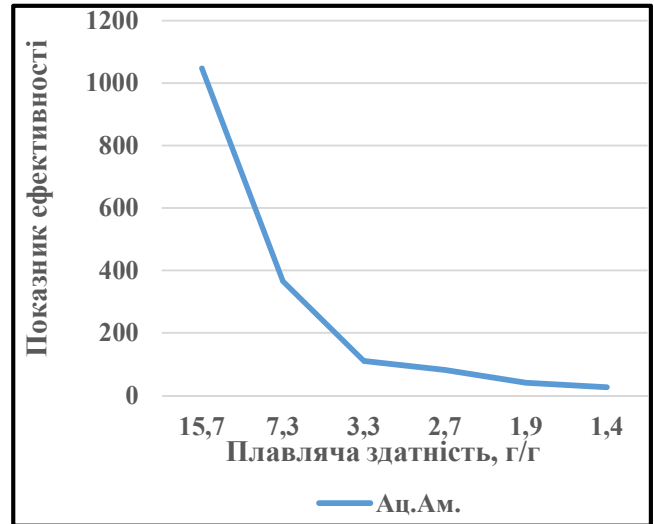


Рисунок 11 – Залежність показника ефективності застосування протижеледних реагентів ацетата амонія при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 11 – Dependence of the efficiency indicator of using anti-icing acetate ammonia reagents with one-time and multiple application to the coating on its melting ability

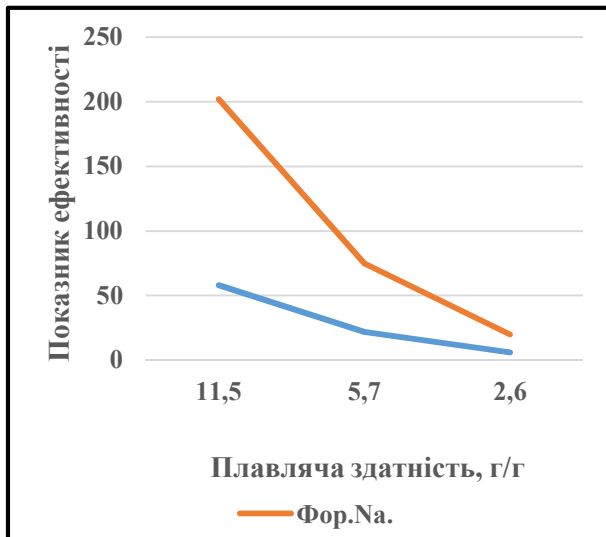


Рисунок 12 – Залежність показника ефективності застосування протижеледних реагентів формиата натрія при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 12 – Dependence of the efficiency indicator of the application of anti-icing formiate sodium reagents with one-time and multiple application to the coating from its melting ability

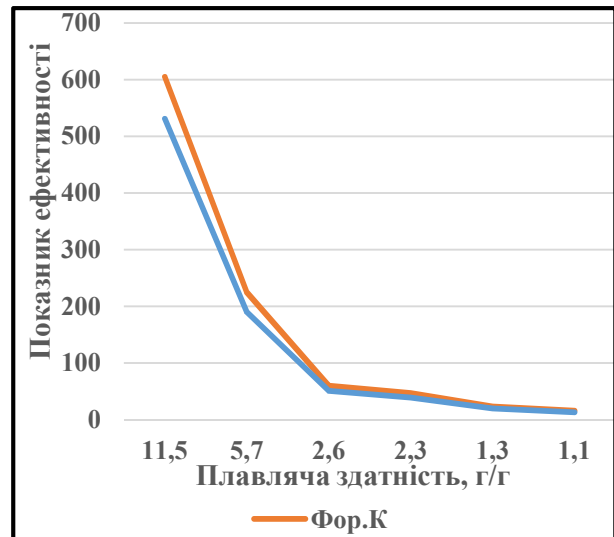


Рисунок 13 – Залежність показника ефективності застосування ПОР формиата калія при одноразовому і багаторазовому нанесення на покриття від його плавлячої здатності

Figure 13 – Dependence of the efficiency indicator of the application of anti-icing formite potassium reagents with one-time and multiple application to the coating on its melting ability

Висновки

У статті, на основі виконаних авторами досліджень запропонований показник ефективності застосування основних протиожеледних хімічних реагентів які застосовуються на аеродромах і дорогах. Досліджена залежність показника ефективності від плавлячої здатності, температури повітря, вартості реагента, кількості нанесень на покриття, робочої температури застосування реагента, кількості реагента на одиницю площі покриття. Встановлені закономірності зміни показника ефективності застосування різних груп реагентів в залежності від наведених факторів.

Перелік посилань

1. Керівництво по аеропортовим службам: Частина 2. Стан поверхнні покриттів. ІКАО, 2002.
2. Наказ Міністерства оборони України від 01.07.2013 № 441 «Про затвердження Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України».
3. Циркуляр ІКАО 329-AN/191 Состояние поверхности ВПП: оценка, измерение и представление данных. ІКАО, 2012.
4. Шишков А.Ф., Запорожець В.В., О.Н.Білякович. Аеропорт: Теорія й практика зимового утримування аеродромів. -К.: Дніпро, 2006 р, 196 с.
5. Орлов В.А. Теория и практика боробс з ожеледицею. - М.: Повітряний транспорт, 2010. 112 с.
6. Белинский А.А., Закревский А.І., Шинкарчук Н.В. Техническая эксплуатация аэродромов.- Киев: КМУГА, 1996.-240 с.
7. Эксплуатация аэродромов. Справочник / Под ред. Л.И. Горещкого - М.: Транспорт, 1990. - 287 с.
8. Експлуатація аеродромів: підручник, для студентів вищих закладів освіти/ М.Ф. Дмитриченко, М.М. Дмитрієв, І.П. Гамеляк, І.А. Рутковська, І.І. Попелиш, С.О. Корітчук. – К.: НТУ, 2018. – 420 с.

THE INFLUENCE OF THE MELTING ABILITY TO TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF THEIR APPLICATIONS

Popeshil Ivan Ivanovich, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Department of Airports, Associate Professor, I_I_P@ukr.net, +380668827221, <https://orcid.org/0000-0003-3358-6565>

Semenchenko Oksana Vasylivna, National Transport University, Senior Lecturer, Department of Transportation Systems and Road Safety, O.Semenchenko@ukr.net, +380671314124, <https://orcid.org/0000-0002-9004-2575>

Koritchuk Sergey Aleksandrovich, National Transport University, Department of Airports, Assistant, K.s2501@ukr.net, +380938133430, <https://orcid.org/0000-0001-5100-873X>

Summary: High level of vehicles safety and regularity of flights in autumn and winter operation of airports and roads is largely dependent on the runway to perform a safe landing operations, which in turn is conditioned to prevent the formation of ice and compacted snow on airport and road surfaces or their removal in minimum time. The most economically feasible way to comply with this requirement nowadays is the use of modern antiglaze chemicals.

The approach, to assess the impact of chemicals on antiglaze technical and economic performance of their application on the ground and roads. The main factors that affect the efficacy of chemicals antiglaze when removing snow and ice deposits from the surfaces of roads and airfields. These comparative data on the most common chemical reagents used antiglaze airfields and roads have indicated their advantages and disadvantages.

Results of the study may be proposed in operational roads and airfields service for appropriate adjustments in methods of winter maintenance.

Keywords. Antiglaze Chemical reagents, automobil road, airfield, snow, ice, graphics of effectiveness.

References

1. AIRPORT MANAGEMENT: Part 2. Condition of surface coatings. ICAO, 2002.
2. Order of the Ministry of Defense of Ukraine of 01.07.2013 № 441 "On approval of the Instruction on the operation of airfields of the State Aviation of Ukraine".
3. ICAO Circular 329-AN / 191 Runway Surface Condition: Evaluation, Measurement, and Data Representation. ICAO, 2012.
4. Shishkov A.F, Zaporozhets V.V, O.N. Bilyakovich. Airport: Theory and practice of winter maintenance of airfields. -К .: Dnepr, 2006, 196 s.
5. Orlov V.A. Theory and practice of Borobs with an obese. - М .: Povitryany transport 2010. 112 s.
6. Belinsky A.A., Zakrevsky A.I., Shinkarchuk N.V. Technical maintenance of aerodromes. - Kiev: MNCU, 1996.-240 s.
7. Operation of airfields. Handbook / Ed. L.I. Goretsky - М .: Transport, 1990. - 287 s.;
8. Exploitation of airfields: textbook, for students of higher educational institutions / M.F. Dmitrichenko, M.M Dmitriev, I.P Gamelyak, I.A Rutkovskaya, I.I. Popelish, S.O. Koritchuk - К.: NTU, 2018. - 420 s.