

Технические науки. Архитектура и строительство

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-05>

УДК: 625.768.6

IRSTI: 62.77.31

О применениях жидких противогололедных реагентов на автомобильных дорогах с цементобетонным покрытием***¹Жамигазина Ж.А.**¹Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан*Автор-корреспондент email: zhuldyz_kudabaeva@mail.ru

Поступила:

26 апреля 2024

Рецензирование:

03 июнь 2024

Принята в печать:

10 июнь 2024

Аннотация

Проблема борьбы со снежными отложениями и образованием различных видов скользкости на автомобильных дорогах, мостовых сооружениях, аэродромах и других транспортных объектах в климатических условиях Казахстана имеет важное значение. Особенно актуальна задача поиска решений, которые позволят повысить надежность и безопасность транспортных коммуникаций в зимний период при одновременном снижении эксплуатационных затрат. В работе рассмотрены современные подходы к борьбе с зимней скользкостью, включая использование жидких противогололедных реагентов (ПГР) на основе хлористых солей. Особое внимание уделено разработке и внедрению мини-заводов по приготовлению и хранению ПГР, запатентованных специалистами КазАДИ и Алматинского ОФ РГП «Казхавтодор». Представлены результаты лабораторных исследований по определению оптимальной концентрации химических реагентов и их влияния на прочностные характеристики цементобетонных покрытий марок В20 и В80. Установлено, что при использовании ингибиторов коррозии снижается коррозионная активность металлов резервуаров и трубопроводов для хранения растворов ПГР. Также выявлены экологические и технологические преимущества применения жидких реагентов: сокращение потребности в пескоразбрасывателях, уменьшение количества реагентов, попадающих в придорожную зону, и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Работа носит практическую направленность и ориентирована на использование в условиях резко континентального климата Казахстана, что делает её актуальной и востребованной для современных транспортных систем.

Ключевые слова: скользкость, противогололедные химические растворы, установка для приготовления и хранения противогололедных реагентов, ингибиторы коррозии.

Жамигазина Ж.А.**Информация об авторах:**

Магистр технических наук, старший преподаватель Восточно-Казахстанского технического университета имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-7616-1630>. E-mail: zhuldyz_kudabaeva@mail.ru

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыс

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-05>

ӘОЖ: 625.768.6

ГТАМР: 62.77.31

Цемент-бетон жабыны бар автомобиль жолдарында мұзға қарсы сұйық реагенттерді қолдану туралы***¹Жамигазина Ж.А.**¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан*Автор-корреспондент email: zhuldyz_kudabaeva@mail.ru

Мақала келді:
17 сәуір 2024
Сараптамадан өтті:
30 сәуір 2024
Қабылданды:
27 мамыр 2024

Түйіндеме

Қазақстанның климаттық жағдайларында автомобиль жолдарында, көпір құрылыстарында, әуесайлақтарда және басқа да көлік объектілерінде қар шөгінділерімен және тайғақтықтың әртүрлі түрлерінің пайда болуымен күресу проблемасы маңызды мәнге ие. Пайдалану шығындарын азайта отырып, қыс мезгілінде көлік коммуникацияларының сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік беретін шешімдерді іздеу міндеті ерекше өзекті. Жұмыста хлорид тұздарына негізделген сұйық мұзға қарсы реагенттерді (ПГР) пайдалануды қоса алғанда, қысқы тайғақтықпен күресудің заманауи тәсілдері қарастырылған. Қазади және "Қазақавтожол" РМҚ Алматы ҚҚ мамандары патенттеген ПГР дайындау және сақтау бойынша шағын зауыттарды әзірлеуге және енгізуге ерекше назар аударылды. Химиялық реагенттердің оңтайлы концентрациясын және олардың В20 және В80 маркалы цемент-бетон жабындарының беріктік сипаттамаларына әсерін анықтау бойынша зертханалық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Коррозия ингибиторларын пайдалану кезінде пгр ерітінділерін сақтауға арналған резервуарлар мен құбырлар металдарының коррозиялық белсенділігі төмендейтіні анықталды. Сондай-ақ сұйық реагенттерді қолданудың экологиялық және технологиялық артықшылықтары анықталды: құм таратқыштарға қажеттілікті азайту, жол бойындағы аймаққа түсетін реагенттер санын азайту және қоршаған ортаға теріс әсерді азайту. Жұмыс практикалық бағытта және Қазақстанның күрт континенттік климаты жағдайында пайдалануға бағдарланған, бұл оны қазіргі заманғы көлік жүйелері үшін өзекті және сұранысқа ие етеді.

Түйін сөздер: тайғақтық, тайғақтыққа қарсы химиялық реагенттер, тайғақтыққа қарсы химиялық реагенттерді әзірлейтін және сақтайтын қондырғы, таттануға қарсы ингибиторлар.

Жамигазина Ж.А.**Авторлар туралы ақпарат:**

Техника ғылымдарының магистрі, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің аға оқытушысы, Өскемен қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-7616-1630>. E-mail: zhuldyz_kudabaeva@mail.ru

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-05>

UDC: 625.768.6

IRSTI: 62.77.31

About the applications of liquid deicing reagents on cement-concrete roads

*¹Zhamigazina Zh. A.

¹D.Serikbaev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan

*Corresponding author email: zhuldyz_kudabaeva@mail.ru

Received:
17 April 2023
Peer-reviewed:
30 April 2023
Accepted:
27 May 2023

Abstract

The problem of combating snow deposits and the formation of various types of slipperiness on highways, bridge structures, air-fields and other transport facilities in the climatic conditions of Kazakhstan is of great importance. The task of finding solutions that will improve the reliability and safety of transport communications in winter while reducing operating costs is particularly relevant. The paper considers modern approaches to combating winter slipperiness, including the use of liquid deicing reagents (PHR) based on chloride salts. Special attention is paid to the development and implementation of mini-plants for the preparation and storage of GHG, patented by specialists from KazADI and the Almaty Office of the Kazakhavtodor State Enterprise. The results of laboratory studies to determine the optimal concentration of chemical reagents and their effect on the strength characteristics of cement-concrete coatings of grades B20 and B80 are presented. It has been established that the use of corrosion inhibitors reduces the corrosion activity of metals in tanks and pipelines for storing GHR solutions. The environmental and technological advantages of using liquid reagents have also been identified: reducing the need for sand spreaders, reducing the number of reagents entering the roadside area, and reducing the negative impact on the environment. The work has a practical focus and is focused on use in the sharply continental climate of Kazakhstan, which makes it relevant and in demand for modern transport systems.

Keywords: slipperiness, anti-icing chemical solutions, installation for the preparation and storage of anti-icing reagents, corrosion inhibitors.

Zhamigazina Zh. A.

Information about authors:

Master of technical sciences, senior lecturer of D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-7616-1630>. E-mail: zhuldyz_kudabaeva@mail.ru

Введение

Проблема борьбы со снежными отложениями и образованием различных видов скользкости на автомобильных дорогах, мостовых сооружениях, аэродромах и других транспортных и коммуникационных сооружениях для климатических условий Казахстана имеет большое значение. Поиск путей снижения затрат на зимнее содержание указанных сооружений с одновременным повышением надежности, эффективности и безотказной работы транспортных коммуникаций остаётся актуальной задачей. Особенно неблагоприятные условия для движения автомобилей возникают в зимнее время, когда на дорожном покрытии образуются слои снежно-ледяных отложений. По данным статистики Дорожной полиции Республики Казахстан, на обледенелых дорогах фиксируется до 40 % несчастных случаев и аварий. На скользкой дороге снижается скорость движения автомобилей, уменьшается их производительность на 30–40 % и выше, а себестоимость перевозки возрастает на 25–30 %.

Обычно для борьбы с зимними видами скользкости используют фрикционные материалы, однако они не обеспечивают длительного повышения сцепных качеств покрытия. Применяемые химические реагенты в составе песко-соляной смеси, направленные на prolongation времени действия материала, существенно не отличаются от обычного распределения фрикционных материалов. В результате из-за короткого времени эффективного действия фрикционных материалов возникает потребность в пескоразбрасывателях и большом объёме технологических материалов.

Практически во всех европейских странах для борьбы со скользкостью на автомобильных и городских дорогах в основном применяются химические реагенты, так как их климатические условия благоприятны для этого. Однако химические методы на автодорогах Средней Азии и Казахстана не всегда приемлемы из-за резкоконтинентального климата. Например, средний перепад суточной температуры воздуха в самом холодном месяце года в Центральном Казахстане составляет 13–17 °С, в Восточном Казахстане – 11–16 °С, в Северном – 11–14 °С, а в Южном – 15–19 °С. Годовое количество осадков соответственно – 260–300, 340–370, 300–340 и около 150 мм /1/. Поэтому применение передового опыта развитых стран в условиях IV–V дорожно-климатических зон не всегда практично по следующим технологическим причинам: во-первых, отсутствие городских коммуникаций для распределения жидких противогололедных реагентов; во-вторых, из-за значительного перепада суточной температуры воздуха противогололедные растворы могут замерзать в трубопроводах противогололедной системы.

Методы

В работе использовались хлористые соли для приготовления жидких противогололедных реагентов. Были определены оптимальные концентрации растворов с учётом температуры воздуха и потери прочности цементобетонных образцов. Лабораторные испытания проводились на образцах бетона марок В20 и В80, выдержанных в солевых растворах различной концентрации. Измерялись плотность растворов, прочность бетона после выдержки, а также изучалось влияние ингибиторов коррозии.

Применение химических веществ для борьбы с зимней скользкостью дорожных покрытий основывается на том, что при взаимодействии со льдом химические вещества, в частности хлористые соли, вызывают разрушение кристаллической структуры льда. В результате лед тает (плавится) и образуется соляной раствор, имеющий температуру замерзания ниже, чем вода. В связи с этим учёными КазАДИ совместно со специалистами Алматинского ОФ РГП «Казхаавтодор» была запатентована конструкция мини-завода по приготовлению и хранению жидких противогололедных реагентов (а.с. №79927 от 18.02.2012 г.) [2].

Предлагаемая конструкция предусматривает сокращение объёмов применения песко-соляной смеси и химических реагентов в твёрдом виде. При этом полностью предотвращается образование ледяной корки или снежного наката на поверхности покрытия. В связи с этим возрастают требования к технологии приготовления, хранения и применению жидких противогололедных реагентов с учётом климатических особенностей. При приготовлении раствора ПГР появляется возможность использовать ингибиторы коррозии. В настоящее время жидкие противогололедные реагенты на мировом рынке выпускаются такими компаниями, как Enator (Швеция), Vaisala (Финляндия), OdinSystem (США), Boschung Megatronic (Швейцария), Национальная индустриально-торговая палата (Россия) и др. Однако использование их продукции на дорогах Казахстана приводит к значительным транспортным и технологическим затратам [3].

В настоящее время в Казахстане увеличивается количество дорог с твёрдыми цементобетонными покрытиями, и применение на них химических реагентов создаёт опасность шелушения материалов или потери прочности, возникающих при длительном воздействии растворов химических реагентов. Учитывая такие технологические проблемы и другие производственные трудности, руководство Министерства транспорта и коммуникаций РК ограничивает применение химических реагентов для борьбы со скользкостью на вновь построенных автомобильных дорогах с цементобетонным покрытием. Нами, молодыми учёными КазАДИ и ВКТУ под руководством профессора Киялбаева А.К., в рамках диссертации исследуется технология приготовления и хранения жидких противогололедных реагентов, применяемая для дорожно-климатических зон с резкоконтинентальным климатом. В лабораториях КазАДИ и ВКТУ определена оптимальная концентрация химических солей (рисунок 1) с учётом температуры воздуха и потери прочности цементобетонных образцов в солевых растворах (рисунок 2). Материалами исследования являются хлористые соли, которые широко применяются в эксплуатационных службах Казахстана.

Результаты

Результатами лабораторных испытаний нами была установлена зависимость между содержанием цементобетонного образца марок В20 и В80 в солёном растворе и его прочностью. Как видно на рисунке 3, при 4-месячном выдерживании в 20 %-ной концентрации хлористонатриевого раствора потеря прочности бетона марки В20 составляет 1,8 %, а марки В80 – 0,29 %. Однако на практике исключается воздействие цементобетонных покрытий солевым раствором на протяжении 4 месяцев.

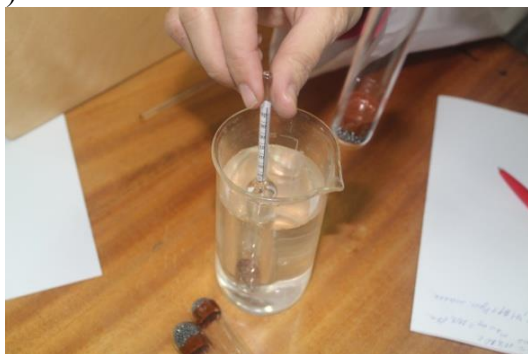
а)



б)



в)



г)



а – взвешивание реагентов; б – перемешивание раствора; в – определение плотности раствора ареометром; г – регистрация результатов испытаний

Рисунок 1. Определение концентрации растворов противогололедных реагентов [материал автора]

а)



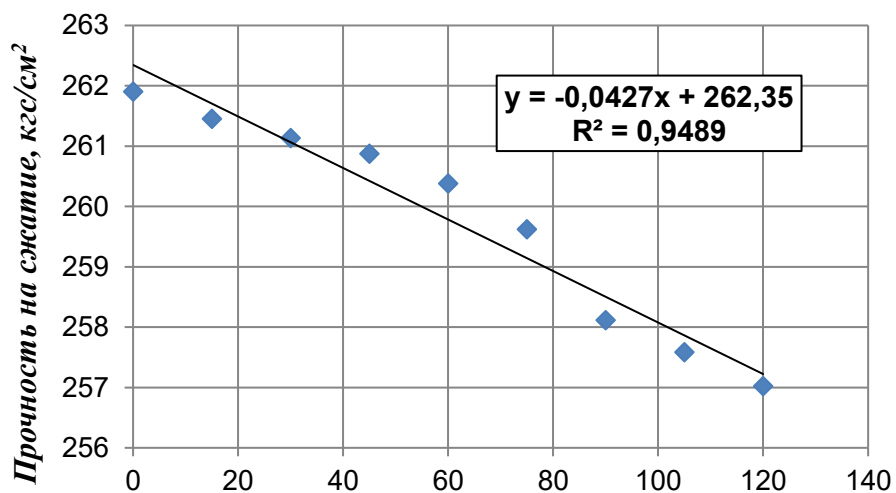
б)



а – выдерживание образцов цементобетона в солевом растворе; б – испытания образцов цементобетона после выдержки в солевом растворе на прессе

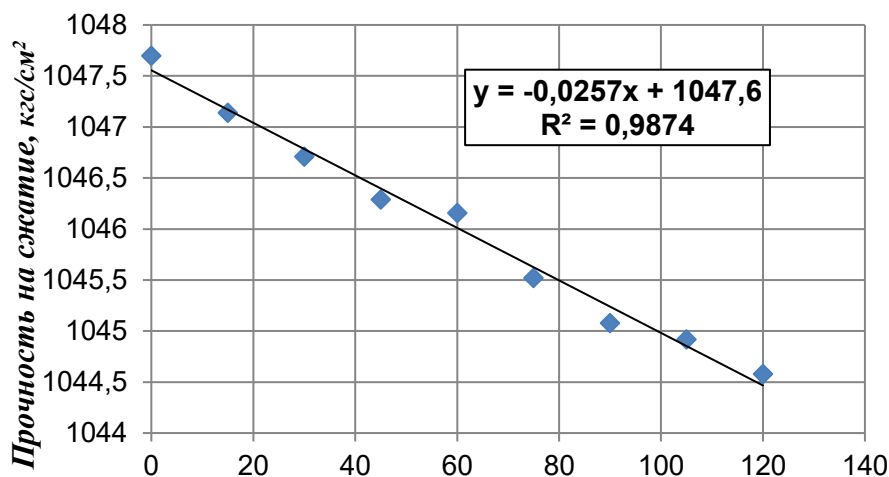
Рисунок 2. Испытание цементобетона в растворах противогололедных реагентов [материал автора]

а)



Продолжительность содержания ц/б образца в солевом растворе, дн.

б)



Продолжительность содержание ц/б образца в солевом растворе, дн.; а – для бетона марки В20; б – для бетона марки В80

Рисунок 3. Потеря прочности цементобетонных образцов в солевых растворах [материал автора]

По опыту российских фирм (ООО «НТП Трубопровод», ООО «Новомосковский хлор», ОАО «Новомосковская акционерная компания «Азот» и др.) были выявлены проблемы, связанные с коррозией резервуаров и трубопроводов на существующих и вновь создаваемых базах хранения противогололедных реагентов (рисунок 4) [4]. Установлено, что наибольшему воздействию коррозии подвержены резервуары большого объема (более 50 м³), внутренние и внешние стенки которых не обработаны антикоррозионными покрытиями. Кроме того, добавление ингибиторов коррозии в состав реагентов существенно снижает коррозионную активность металлов.

а)



б)

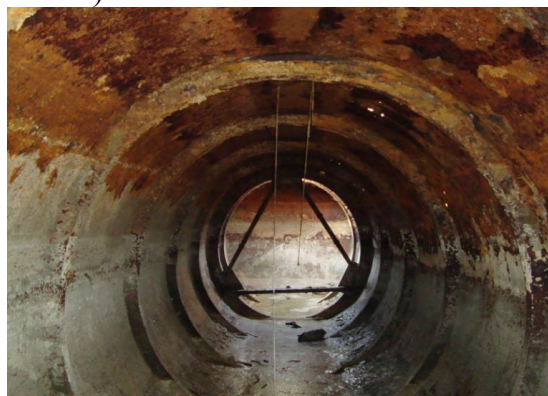


Рисунок 4. Образование коррозии в металлических резервуарах и трубопроводах [материал автора]

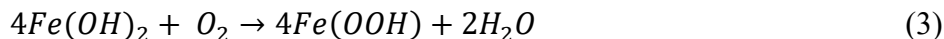
Механизм коррозии металлических резервуаров и трубопроводов преимущественно носит электрохимический характер. На аноде протекает процесс [5]:



а на катоде:



затем гидроксид железа может окисляться кислородом до образования гидрооксида железа и воды по реакции [4]:



Состав и концентрация противогололедного раствора может сильно варьироваться, поэтому лучше его представить в виде $(FeO)_x \cdot (Fe_2O)_y \cdot (H_2O)_z$. В бетоне при $pH > 0$ сталь не подвергается коррозии, т.к. при этом на поверхности металла возникает защитная пленка. При сжатии pH пленка может быть нарушена, что приведет к развитию коррозии стали.

При нанесении химических противогололедных реагентов можно определить диффузионную проницаемость бетона по отношению к хлоридам. Оказывается, в смешанных цементных бетонах диффузионная проницаемость ниже, по сравнению с бетонами которые подготовлены на обычном портландцементе или сульфатостойком цементе с добавлением 30 % золы уноса и 65 % гранулированного доменного шлака. При этом их диффузионная проницаемость составляет соответственно 14,7 % и $4,1 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2/\text{с}$ [5].

На практике с целью снижения коррозионной активности противогололедных реагентов в их состав добавляются ингибиторы коррозии. В качестве ингибиторов коррозии рекомендуется использовать однозамещанный фосфат натрия $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$, двухзамещанный фосфат натрия $NaHPO_4 \cdot 12H_2O$, простой суперфосфат $Ca(H_2PO_4)_2$, двойной суперфосфат $Ca(H_2PO_4)_2 + P_2O_5$ и гексаметафосфат $(NaPO_3)_6/4$.

Внедрение технологии применения жидких противогололедных реагентов приводит к повышению коэффициента сцепления дорожных покрытий в 3–6 раз и снижению времени вступления реагентов в реакцию со снежно-ледяными образованиями до 10 раз. Это уменьшает потребное количество универсальных пескоразбрасывателей и снегоуборочных машин. Кроме того, снижается разбрасывание химических реагентов в придорожную зону колесами автомобилей и уменьшается негативное воздействие на окружающую среду.

Обсуждение

Результаты лабораторных испытаний подтвердили эффективность использования жидких противогололедных реагентов (ПГР) для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Применение жидких реагентов позволило снизить образование ледяной корки и снежного наката на дорожных покрытиях, а также сократить потребление песко-соляной смеси. При этом использование ингибиторов коррозии существенно снизило коррозионную активность металлических резервуаров и трубопроводов для хранения ПГР. Было установлено, что при выдерживании цементобетонных образцов марок В20 и В80 в 20 % растворе хлористого натрия потери прочности составляют всего 1,8 % и 0,29 % соответственно, что допустимо для условий эксплуатации. Практическая реализация данной технологии повысит надежность транспортных коммуникаций в зимний период и обеспечит экологическую безопасность.

Выводы

Разработанная технология применения жидких противогололедных реагентов (ПГР) на основе хлористых солей позволяет эффективно бороться с образованием снежно-ледяных отложений на автомобильных дорогах, мостовых сооружениях и аэродромах. Это приводит к

повышению коэффициента сцепления дорожных покрытий до 3–6 раз, что существенно повышает безопасность дорожного движения в зимний период.

Оптимальные концентрации ПГР, определённые в лабораторных условиях, обеспечивают минимальное разрушение цементобетонных покрытий. При четырёхмесячном воздействии 20 %-ного раствора хлористого натрия прочность бетона марки В20 снижается всего на 1,8 %, а марки В80 – на 0,29 %, что является допустимым для эксплуатации.

Использование ингибиторов коррозии, таких как однозамещённый и двузамещённый фосфат натрия, суперфосфаты, в составе ПГР позволяет значительно снизить коррозионную активность металлических резервуаров и трубопроводов. Это увеличивает срок их службы и снижает затраты на эксплуатацию.

Внедрение мини-заводов по приготовлению и хранению жидких ПГР на основе патента №79927 позволяет значительно сократить объёмы применения песко-соляной смеси и твёрдых реагентов. Это уменьшает потребность в большом количестве пескоразбрасывателей и снегоуборочной техники, что упрощает и удешевляет процесс зимнего содержания дорог.

Применение технологии жидких реагентов также способствует уменьшению количества реагентов, которые выбрасываются колёсами автомобилей в придорожную зону. Это снижает экологическую нагрузку и минимизирует загрязнение окружающей среды.

В условиях резко континентального климата Казахстана использование жидких ПГР требует учёта особенностей местной инфраструктуры. Важным фактором является отсутствие городской системы коммуникаций для распределения растворов и риск их замерзания в трубопроводах при значительных перепадах температур.

Таким образом, внедрение технологии жидких ПГР обеспечивает повышение безопасности движения в зимний период, сокращение количества дорожно-транспортных происшествий, снижение эксплуатационных затрат и улучшение экологической обстановки вблизи автомобильных дорог.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Жамигазина Ж.А. О применениях жидких противогололедных реагентов на автомобильных дорогах с цементобетонным покрытием // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy.2024; 2(6):45-54. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-05>

Cite this article as: Zhamigazina ZH.A. O primeneniayah zhidkih protivogololeednyh reagentov na avtomobil'nyh dorogah s cementobetonnym pokrytiem [About the applications of liquid deicing reagents on cement-concrete roads]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogoinstitutu= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 2(6):45-54. (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-05>

Литература

- [1] Строительная климатология. Свод правил Республики Казахстан. Астана. 2017, 43.
- [2] А.С. № 79927 от 18.05.2012 г. Установка для приготовления и хранения жидких противогололедных реагентов. Киялбаев А.К., Кабашев Р.А., Байгутанов К.М., Киялбай С.Н., Кабашев А.Р. Астана: Минюстиции РК.
- [3] Киялбаев А.К., Телтаев Б.Б. Зимние виды скользкости и химические методы борьбы с ними. Алматы: КазАТК. 2004, 112.
- [4] Техническое состояние резервуаров для хранения жидких противогололедных реагентов. Научно-технический отчет 2002–2010. Нижний Новгород: ООО «НТП Трубопровод». 2010, 213.

- [5] Р РК 218-32-03. Методические рекомендации по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах Казахстана с применением химических реагентов и мероприятия по защите окружающей среды. Алматы: Минтранс РК. 2004, 151.

References

- [1] Stroitel'naja klimatologiya. Svod pravil Respubliki Kazakhstan [Construction climatology. Code of rules of the Republic of Kazakhstan] . Astana. 2017, 43. (in Russ.).
- [2] Pat. 79927 KZ. Ustanovka dlya prigotovleniya i khraneniya zhidkikh protivogololjednykh reagentov [Installation for preparation and storage of liquid anti-icing reagents]. Kiyalbaev A.K., Kabashev R.A., Baigutanov K.M., Kiyalbai S.N., Kabashev A.R. Publ. 18.05.2012. (in Russ.).
- [3] Kiyalbaev A.K., Teltaev B.B. Zimnie vidy skol'zskosti i khimicheskie metody bor'by s nimi [Winter slipperiness types and chemical methods for combating them]. Almaty: KazATK. 2004, 112. (in Russ.).
- [4] Nauchnotekhnicheskiiy otchet. Tekhnicheskoe sostoyanie rezervuarov dlya khraneniya zhidkikh protivogololjednykh reagentov 2002-2010. [Technical state of tanks for storage of liquid anti-icing reagents]. Nizhny Novgorod: NTP Truboprovod. 2010, 213. (in Russ.).
- [5] R RK 218-32-03. Metodicheskie rekomendatsii po bor'be s zimnei skol'zskost'yu na avtomobil'nykh dorogakh Kazakhstana s primeneniem khimicheskikh reagentov i meropriyatiya po zashchite okruzhayushchei sredy [Guidelines for combating winter slipperiness on roads in Kazakhstan using chemical reagents and environmental protection measures]. Almaty: Mintranscom RK. 2004, 151. (in Russ.).