



УДК 378 (075.8): 625.855

ПОВЫШЕНИЕ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ НА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ КАЗАХСТАНА

Д.Е. Есентай¹, Г.Т. Асанова¹ 

¹Казахский Автомобильно-Дорожный Институт им. Л. Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

*Корреспондент автор: g.asanova@qazjolgzi.kz

Аннотация. В статье проанализированы применения химических реагентов для предотвращения зимних видов скользкости на дорогах с цементобетонным покрытием. Глубоко изучены характеристика образования скользкости на поверхности цементобетонных покрытий с учетом изменения температуры и относительной влажности воздуха. Авторами в лабораторных условиях определены солеустойчивые характеристики цементобетонных покрытий и установлены их прочностные свойства от концентрации растворов. На основе этих данных определены максимально-допустимые нормы распределения химических растворов и концентрации растворов. Также в результате полевых и лабораторных условий установлены виды реагентов, применимые для дорог с цементобетонным покрытием.

Ключевые слова: автомобильные дороги с цементобетонным покрытием, противогололедные реагенты, концентрация растворов химических реагентов, норма распределения, солеустойчивость цементобетонных покрытий

Введение

В практике дорожной и коммунальной службы применение химических реагентов для предотвращения зимней скользкости на автомобильных дорогах практически во многих странах мира, в т.ч. Казахстане, имеет весьма актуальное значение. Использование химического метода борьбы со скользкостью по сравнению с другими методами с эксплуатационной точки зрения наиболее экономически выгодным. Область применения этого метода распространяется в особо интенсивных и скоростных дорогах (более 3000 авт/сут, скорость в зимнее время более 70 км/ч) [1].

Однако применение большинства химических реагентов в зоне с резкоконтинентальным климатом зачастую не дает положительного эффекта. Кроме того, их применения с экологической точки зрения также имеет неудовлетворительный характер, значительно снижает плодородность почвы в придорожной зоне, повышает коррозионную активность металлов в деталях транспортных средств и конструкциях мостовых сооружений. Кроме того, повышенное содержание хлор-ионов в составе снега попадает в подземные и грунтовые воды и тем самым снижает вкусовые качества питьевых источников [1, 2].

В современной деятельности дорожных администраций важное место занимает контроль за расходованием денежных средств на противогололедные материалы (ПГМ), используемых при зимнем содержании автомобильных дорог. Изменение условий образования снежно-ледяных отложений на дорогах с цементобетонным покрытием из года

в год делает затруднительным сравнительный анализ таких данных [2]. В Швеции для решения этой проблемы Национальная дорожная администрация (SNRA) предложила показатель зимних дорожных погодных условий, так называемый показатель зимней погоды (WINTER INDEX).

В Финляндии с целью оптимального расходования средств на зимнее содержание все автомобильные дороги разделены на пять классов обслуживания в зависимости от интенсивности движения: Is $\rightarrow$ 6000 авт./сут; I – 3000-6000 авт./сут; Ib – 1000-3000 авт./сут; II – 200-1000 авт./сут; III – $<$ 200 авт./сут [3].

Финская коммунальная хозяйства в борьбе со скользкостью редко используют химические реагенты. Для повышения сцепных качеств дорог они используют гранитную крошку (рис. 1) [3].



Рисунок 1 – Применение гранитной крошки против скользкости на городских дорогах Финляндии

Методология

Химические методы на автодорогах Средней Азии и Казахстана не всегда приемлемы из-за резкоконтинентальности климата. Например, средний перепад суточной температуры воздуха в самом холодном месяце года в Центральном Казахстане составляет 13-19 °С, в Восточных – 11-16 °С, в Северных – 11-14 °С, а в Южных – 11-19 °С. Годовое количество осадков соответственно – 260-300, 340-370, 300-340 и около 150 мм [4]. Поэтому, применение передового опыта развитых стран мира в условиях IV-V дорожно-климатических зонах не всегда практичны из-за следующих технологических соображений: во-первых, отсутствие городской коммуникаций для распределения жидких противогололедных реагентов; во-вторых, из-за большого перепада суточной температуры воздуха противогололедные растворы замерзают в трубопроводах противогололедной системы.

Прогнозирование образования скользкости на автомобильных дорогах с цементобетонным покрытием в зимнее время. Образование скользкости на поверхности дорожного покрытия весьма сложный процесс, в значительной степени зависящий от температуры и влажности среды, и теплообменного процесса, передаваемого от колес движущихся автомобилей при скольжении (торможении) и качении. На процесс образования гололеда также влияют климатические особенности, такие, как суточный перепад температуры воздуха и физико-механические свойства самого снежно-ледяного образования [5].

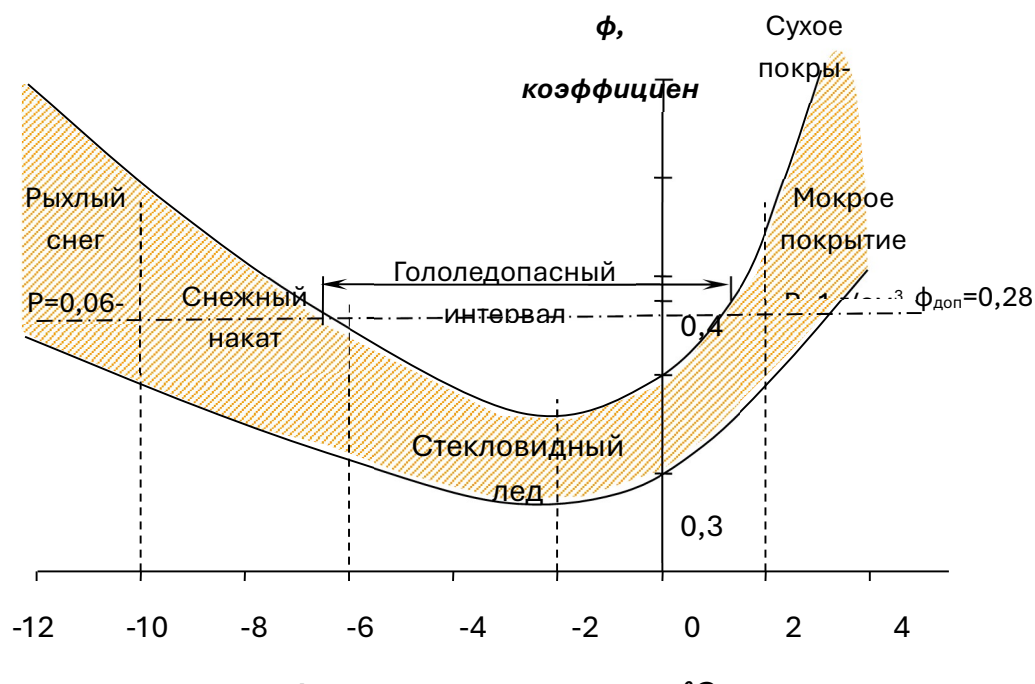


Рисунок 2 – Характер образования гололеда на поверхности покрытия в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха

Образование наледи на цементобетонном покрытии возникает в интервале от +2 до -10 °C и относительной влажности от 70 % и выше (рис. 1). Следовательно, в зависимости от вышеперечисленных климатических данных, на поверхности дорожного покрытия в зимние время и межсезонные периоды года образуются следующие виды скользкости: в интервале температуры от +2 до -1 °C – мокрый снег или влажное покрытие, влажность воздуха при этом колеблется в пределах $W_0=92-96$ %; от -2 до -6 °C – обледенелое покрытие, когда нижняя часть образования еще может быть твердым накатанным снегом ($W_0=72-80$ %); и от -6 до -10 °C – снежно-ледяное образование в виде снежного наката ($W_0=60-68$ %) [1,4,9,10].

Теоретические предпосылки и лабораторные испытания по установлению плавящей способности противогололедных реагентов. Цементобетон является гигроскопическим материалом по сравнению с асфальтобетоном. Поры цементобетона легко пропитываются влагой в свое тело. При таких случаях наиболее приемлемым способом установления температур равновесия между твердыми и жидкими фазами является метод термического анализа, не требующий ни механического разделения, ни химического анализа находящихся в равновесии фаз. Различают следующие методы установления температур равновесия: визуальный и метод кривых «время-температура» (рис. 2). Визуальный метод применим только для сред с высокой прозрачностью для наблюдения [6].

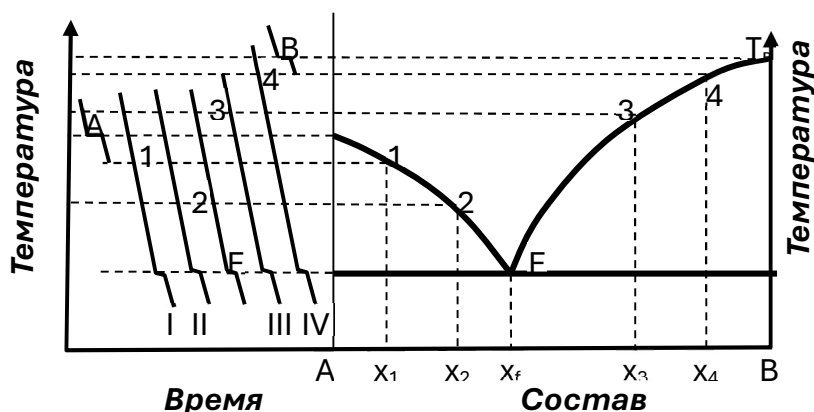


Рисунок 3 – Диаграмма состояния двухкомпонентной системы по кривым охлаждения

Процессы тепловых явлений при растворении химических реагентов в значительной степени определяет скорость и продолжительность их взаимодействия. Тепловой эффект при растворении различных реагентов существенно отличается друг от друга. Например, при растворении хлористого натрия NaCl реакция эндотермическая (отрицательная), т.е. протекающая с погашением тепла. Этим объясняется то, что первоначальное действие хлористого натрия на лед проявляется несколько медленнее по сравнению с хлористым кальцием и магнием CaCl_2 , MgCl_2 , у которых реакция растворения экзотермическая (положительная), и происходит с выделением большего количества тепла [7. 8].

Под плавящей способностью химических реагентов подразумевается количество льда, расплавляемого 1 граммом химического вещества в течение определенного промежутка времени. Это выражается следующей формулой [2]:

$$P = \frac{V_{\text{л}}}{V_{\text{в}}} \quad (1)$$

где P – плавящая способность химического реагента; $V_{\text{л}}$ – количество расплавленного льда, г; $V_{\text{в}}$ – количество сухого химического вещества, г.

В лаборатории АО «КаздорНИИ» проведены лабораторные испытания по определению плавящая способность различных реагентов в зависимости от их концентрации. Испытание проведены в морозильной камере при температуре -10°C . Лед подготавливался искусственным методом в 3-х литровой прозрачной полиэтиленовой посуде до толщины 11 мм. Заранее подготавливались противогололедный раствор с концентрацией от 5 до 25 % с шагом 5 %. В качестве испытуемого реагента был принят бишофит.

Результаты испытаний приведены на рис. 3. Как видите, с повышением концентрации раствора ее плавящая способность растет.

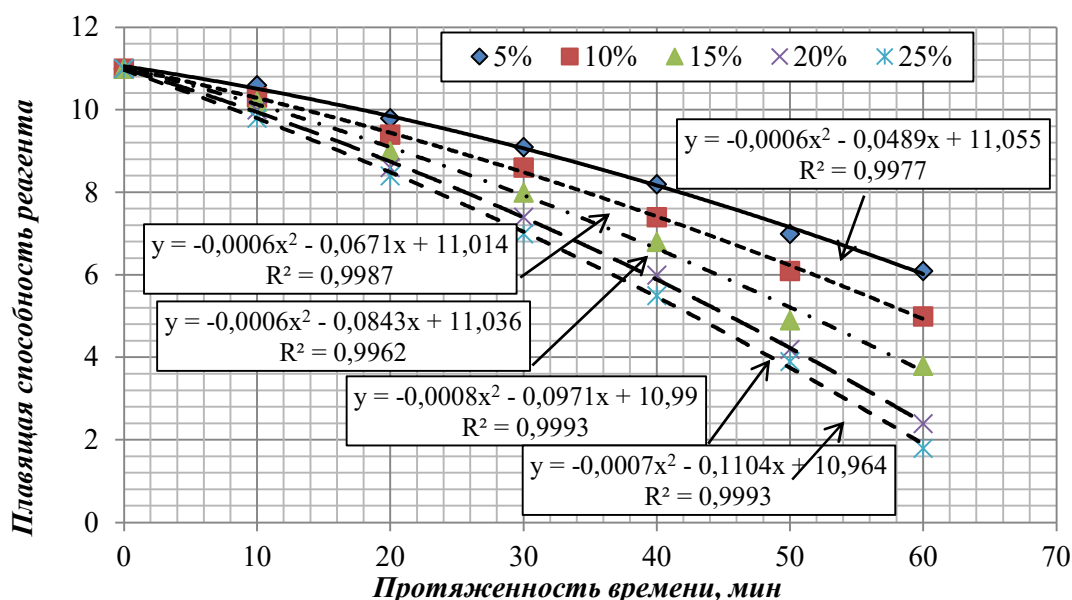
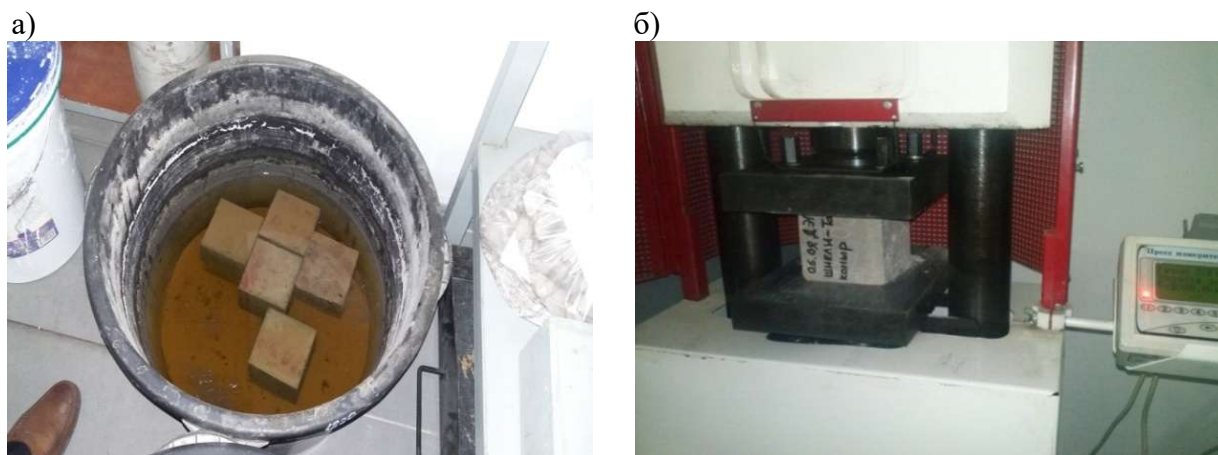


Рисунок 4 – Плавящая способность противогололедного раствора бишофита

Результаты и Обсуждение

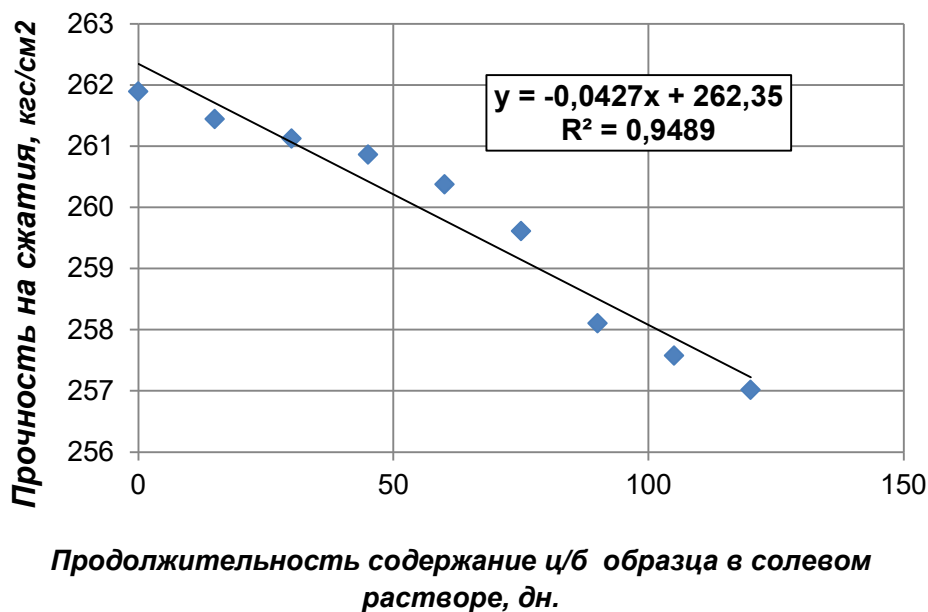
Результаты лабораторных испытаний цементобетона на солеустойчивость. В 19 декабря 2015 году в лаборатории КазАДИ им. Л.Б. Гончарова и повторно в лаборатории АО «КаздорНИИ» нами, под руководством профессора Киялбаева А.К., проведена лабораторная испытания по определению солеустойчивости цементобетона. До проведения испытаний в специальных емкостях подготавливались противогололедные растворы с разными концентрациями. Затем в полевых условиях подготовленные цементобетонные кубики, как показанные на рис. 4, укладывались в противогололедный раствор.



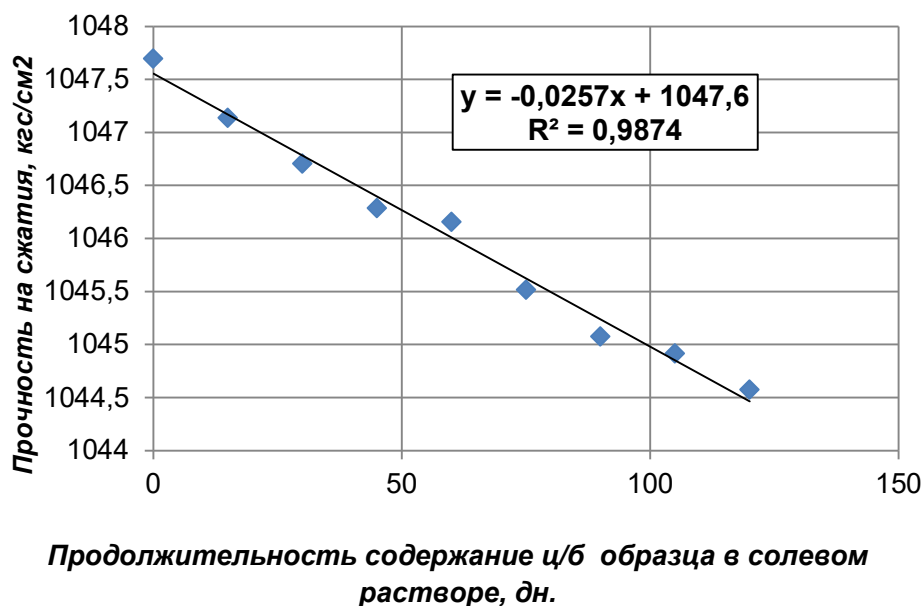
а – выдерживание образцов цементобетона в солевом растворе; б – испытания образцов цементобетона после выдержки в солевом растворе на прессе.

Рисунок 5 – Испытание цементобетона в растворах противогололедных реагентов:

а)



б)



а – для бетона марки В20; б – для бетона марки В80

Рисунок 6 – Потеря прочности цементобетонных образцов в солевых растворах

Результатами лабораторных испытаний нами была установлена зависимость между содержанием цементобетонного образца марки В20 и В80 в солевом растворе и ее прочностью. Как видно на рисунке 6, при 4 месячном выдерживании в 20 %-й концентрации хлористо-натриевого раствора потеря прочности бетона марки В20 составляет 1,8 %, а марки В80 – 0,29 %. Однако, на практике исключается 4-х месячное воздействие цементобетонных покрытий соевым раствором.

Закключение

1. Применение химических реагентов в IV-V дорожно-климатической зоне требует особого контроля выполнения технологических процессов. При температуре ниже $t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$

на дорогах с резко континентальным климатом (IV-V) применение химических реагентов с эндотермической реакцией (например, хлоридами) не рекомендуется.

2. Длительность эффективного действия химических реагентов зависит от влажности воздуха. При россыпи бишофита ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), технического карбамида (мочевины), ацетата магния наблюдается активное вступление в реакцию (кипящий эффект). Более слабо (медленно) реагирует сульфат натрия ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$).

3. В процессе испытания на сжатия в прессе определялись потеря прочности цементобетонного образца в солевых растворах. В качестве испытуемых материалов приняты бетоны марки В20 и В80. По результатам данных испытаний установлено зависимость между показателям прочности на сжатия и продолжительностью цементобетонного образца в 15 %-м солевом растворе.

Список литературы

1. Борисюк Н.В. Зимнее содержание городских дорог. – М.: МАДИ (ГТУ), 2006. – 115 с.
2. Киялбаев А.К., Киялбай С.Н. Эксплуатация автомобильных дорог. Учебное пособие. / под ре. Д.т.н., проф. Киялбаева А.К. – Москва-Алматы: МААДО, КазАДИ, 2017. – 343 с.
3. Сарсембаева А.С. Определение плотности распределения химических реагентов при борьбе со скользкостью на автомобильных дорогах. /Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы автомобильных дорог». – Алматы: КазАТК, 2005.- С.143-146.
4. Методы зимнего содержания дорог в Финляндии. – Санкт-Петербург–Павловск: Дорожный учебно-инженерный центр, 1995. – 66 с.
5. ПР РК 218-64-2016 Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах общего пользования. – Астана: Минтранс РК, 2008. – 96 с.
6. Технический отчет по научно-исследовательской работе. /Разработка практических рекомендаций и технических правил по выбору оптимального состава и концентрации жидких противогололедных реагентов для автомобильных дорог с твердым типом покрытий. – Алматы: КазАДИ, 2018. – 142 с.
7. Evans U.R The Corrosion and Oxidation of Metals: Scientific Princi-Pb and Practical Applications. – London: Edward Arnold Ltd, 1960. Galvanotecynik. Die Autobahn als Umweltlabor. 2002. № 2. - с 530-531.
8. Kiyalbaev A.K., Borisjuk N.V., Yessentay D.E., Kiyalbay S.N. Substantiation of Application of anti-ice chemical reagents on automobile Roads with cement concrete covering. ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (print). <https://doi.org/10.32014/2018.2518-1491.22>
9. Rosenberg A.M., Gaidis J. M. Kossivas T.G., Previte R.W.A. Corrosion Inhibitor Formulated with Calcium Nitrite for Use in Reinforced Concrete. – ASTM STR – 629, 1977. – P. 89-99

Сведения об авторах:

Д.Е. Есентай – PhD докторы, ассистент профессор "Қазақ автомобиль-жол институты" (ҚазАЖИ), Алматы, Қазақстан

Д.Е. Есентай – доктор PhD, ассистент профессор Казахского автомобильно-дорожного института (КазАДИ), Алматы, Казахстан

D.E. Esentai – PhD, Assistant Professor of Kazakh Automobile and Road Institute (KazADI), Almaty, Kazakhstan

Г.Т. Асанова – PhD дәрежесіне үміткер, "Қазақ автомобиль-жол институты" (ҚазАЖИ) ізденушісі, Алматы, Қазақстан

Г.Т. Асанова – соискатель академической степени доктор PhD, Казахский автомобильно-дорожный институт (КазАДИ), Алматы, Казахстан

G.T. Asanova – PhD candidate, Doctoral Researcher of Kazakh Automobile and Road Institute (KazADI), Almaty, Kazakhstan

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).