

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ШЛАКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ И КОМБИНИРОВАННЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ СМЕСЕЙ

А. К. Кралин, к.т.н., доцент; М. Г. Бикашвили; А. С. Рябов

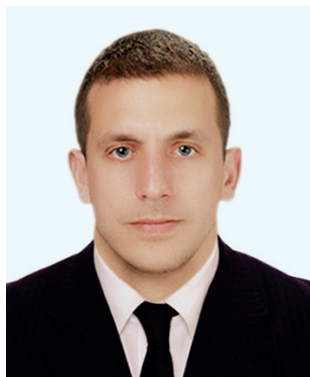
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. На основании нормативной документации, применяемой в области зимнего содержания автомобильных дорог, представлена классификация противогололедных материалов, рассмотрены их свойства по ряду показателей и предъявляемые к ним требования. Выполнен анализ физико-механических свойств гранулированного шлака, который используется в качестве фрикционного противогололедного материала. Рассмотрена схема закрепления зерен фрикционного материала на поверхности ледяной пленки для повышения абразивности поверхности проезжей части автомобильных дорог. Представлены зависимости расплавляемой способности солей от температуры льда, количества солей, добавляемых к гранулированному шлаку, от температуры льда и его толщины и даны рекомендации по выбору солей, выполняющие роль химического компонента комбинированных противогололедных смесей. Определены массовые характеристики шлако-соляной смеси и ее компонентов при некоторых температурах льда.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, содержание автомобильных дорог, окружающая среда, борьба со скользкостью, противогололедные материалы, поверхность проезжей части, гранулированный шлак, комбинированная противогололедная смесь, количество соли, температура льда, толщина льда.



*Кралин Андрей
Константинович*



*Бикашвили
Мераби Гочаевич*



*Рябов
Алексей Сергеевич*

Повышение уровня безопасности всех участников дорожного движения в фактических границах города и за его пределами является одной из приоритетных задач государства, а с увеличением интенсивности движения городского и междугородного транспорта приобретает все большее значение.

Наиболее сложно обеспечить безопасность движения транспорта и пешеходов по обледеневшим дорогам в зимний период. Поэтому борьба со скользкостью таких дорог является одним из основных факторов предотвращения дорожных происшествий, число которых в зимний период все еще значительно.

Содержание автомобильной дороги в зимнее время – это комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойного движения транспортных средств на автомобильной дороге в зимнее время, включающий защиту автомобильной дороги от снежных отложений, заносов и лавин, очистку от снега, предупреждение образования и ликвидации зимней скользкости и наледей [1].

Эффективность проводимых мероприятий в значительной степени зависит от правильной организации работ и использования всех достижений науки, техники и накопленного в этой области опыта. Обслуживание обледеневших дорог является, по сути дела, мероприятием аварийного характера, при котором не может быть никаких отступлений от заранее намеченных мероприятий, так как в противном случае выполняемые работы могут не дать результатов.

Одной из технологических операций, которые входят в комплекс мероприятий по обеспечению

бесперебойного движения транспортных средств на автомобильной дороге в зимнее время, является распределение противогололедных материалов (ПГМ).

Противогололедные материалы – твердые (сыпучие) или жидкие дорожно-эксплуатационные мате-

риалы (фрикционные, химические) или их смеси, применяемые для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и улицах [2].

Классификация противогололедных материалов представлена на рис. 1.

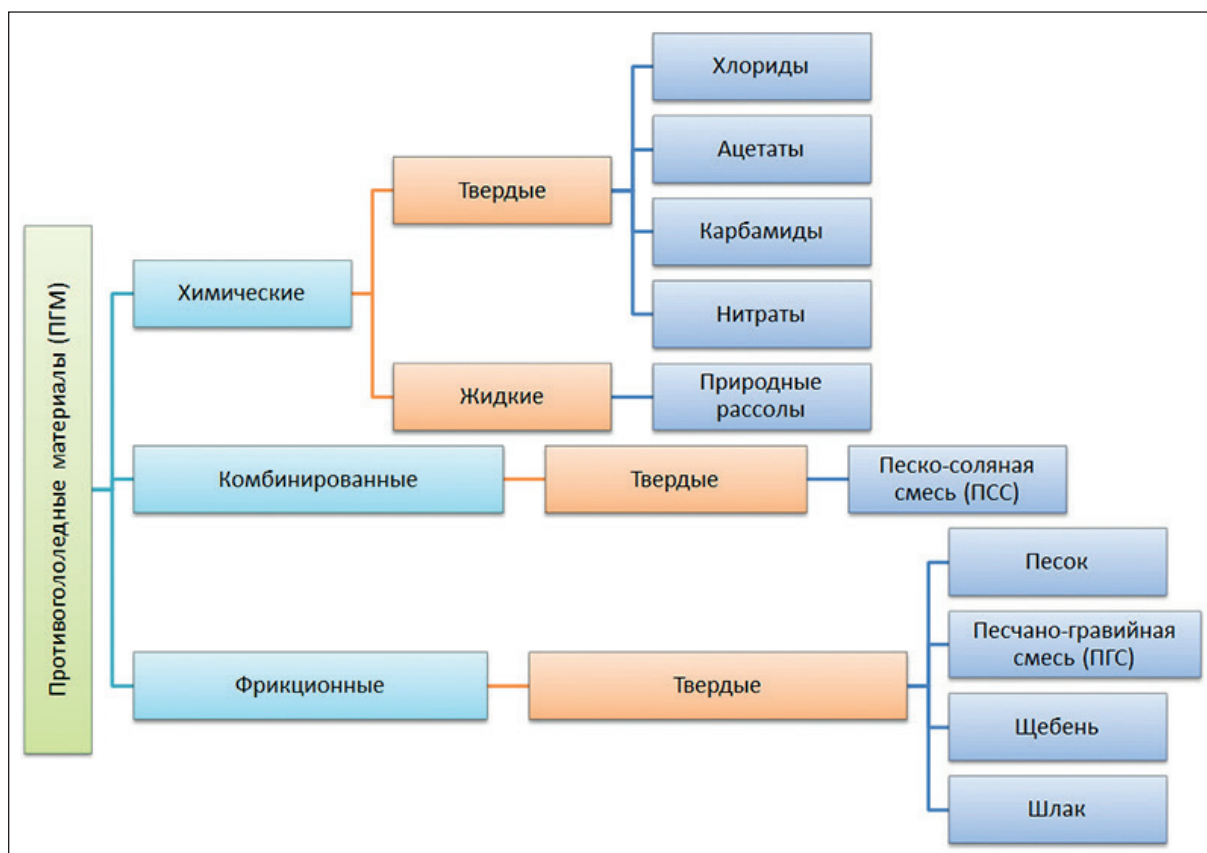


Рис. 1. Классификация противогололедных материалов

В зависимости от используемого сырья и его происхождения противогололедные материалы делят на три группы: химические, фрикционные и комбинированные, которые выпускают в твердом или жидком виде.

Фрикционные ПГМ по своему происхождению бывают искусственные (щебень, шлак) и естественные (песок, ПГС). Они должны обеспечивать снижение зимней скользкости за счет повышения шероховатости снежно-ледяных отложений на дорожных покрытиях [2].

К комбинированным относят материалы, обладающие химическими и фрикционными свойствами, в которых количество соли (чаще всего NaCl) по отношению к фрикционному материалу составляет не менее 5%. При содержании соли менее 5% ПГМ относят к фрикционной группе, так как в этом случае он применяется с целью повышения шероховатости снежно-ледяного слоя покрытия.

Химические ПГМ (реагенты) выпускают в твердом, жидком и смоченном виде. Сырьем для получения этих материалов чаще всего являются природные источники (бишофит, галит и др.) или отходы промышленности (сильвинитовые, карнолитовые и др.). С целью снижения расхода твердых химических ПГМ их смачивают растворами солей с пониженной

точкой замерзания. Эти ПГМ называют «смоченные соли». По химическому составу ПГМ этой группы разделяют на четыре подгруппы: первая подгруппа – хлориды (хлористый натрий, хлористый кальций, хлористый магний и ПГМ на их основе); вторая подгруппа – ацетаты (ацетат аммония, ацетат калия, ацетат кальция и ПГМ на их основе); третья подгруппа – карбамиды (мочевина, карбамидно-аммиачная селитра и ПГМ на их основе); четвертая подгруппа – нитраты (нитрат кальция, нитрат магния и ПГМ на их основе).

Учитывая сложившуюся экологическую обстановку, требования к ПГМ повышаются. Состав ПГМ должен быть таким, чтобы минимально воздействовать на окружающую среду и при этом повысить уровень безопасности всех участников дорожного движения.

Согласно [3], при изготовлении и применении ПГМ необходимо соблюдать требования безопасности, установленные на национальном уровне и отмеченные в разделе «Требования безопасности и охраны окружающей среды» и паспортом безопасности [4] для соответствующих видов ПГМ.

Свойства химических противогололедных материалов оценивают по ряду показателей, объединенных в четыре группы: органолептические, физико-химические, технологические и экологические [2].

Экологическая группа показателей включает в себя: удельную эффективную активность естественных радионуклидов; коррозионную активность на металл; агрессивное воздействие на цементобетон.

При применении комбинированного ПГМ дополнительно определяют количество химической добавки в ПГМ. Свойство химической добавки оценивают до смешивания с фрикционными материалами.

В нормативном документе [5] в разделе «Механизмы возникновения и проявления агрессивных факторов противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог» приведен подробный перечень химических ПГМ и степень их отрицательного воздействия на окружающую среду.

Основным критерием экологической безопасности для химических и комбинированных ПГМ является недопущение превышения предельно допустимых концентраций агрессивных к окружающей среде компонентов.

При использовании химических и комбинированных ПГМ выделяют этапы транспортировки, хранения, приготовления, доставки, распределения, удаления с дорожного покрытия. Практически на всех из них проявляются агрессивные факторы различной природы, которые оказывают воздействие на экологическую безопасность окружающей среды. Так, например, в процессе приготовления химических и комбинированных ПГМ, производимых на открытых площадках, компоненты активно взаимодействуют с влагой атмосферы, образуя загрязнение окружающей среды. Возможно просыпание ПГМ, приводящее к попаданию в почву солей и образованию поверхностных стоков, загрязненных солями. При смывании с поверхности площадок после приготовления рабочих смесей и рассолов также образуются загрязненные по-

верхностные стоки, ведущие к засолению подпочвенных вод и водоемов [5].

При распределении ПГМ по дорожному полотну, он неизбежно попадает в почву и воду, создавая засоление. Образующиеся в ходе взаимодействия ПГМ с влагой атмосферы и с атмосферными примесями вредные вещества и соединения оказывают отрицательное воздействие на растения, накапливая в почве соли.

Отклонения от нормативных требований экологической безопасности приводят к превышению допустимой концентрации солей на дорожном покрытии вследствие неправильного учета метеоданных, а также из-за ошибок при приготовлении или изменение свойств ПГМ из-за неправильного их хранения. Также возможно недостаточное содержание компонентов, приводящее к увеличенному повторному применению ПГМ.

Свойства фрикционных ПГМ оценивают по следующим показателям: тип; внешний вид; цвет; зерновой состав; количество пылеватых и глинистых частиц; плотность.

Согласно нормативным документам [2, 3, 4], фрикционные ПГМ не рассматривают по экологической группе показателей. Однако, применение фрикционных материалов для повышения значения коэффициента сцепления колес транспортного средства с превышением допустимых количественных нормы плотности распределения или несвоевременная уборка остатков ПГМ может приводить к засорению ими придорожной полосы, водоочистных и водоотводящих сооружений, что в свою очередь может отрицательно сказаться на уровне безопасности дорожного движения и воздействии на окружающую среду [8].

Требования к фрикционным ПГМ представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Требования к фрикционным противогололедным материалам (фрагмент табл. [2])

Наименование показателей	Нормы		
	Песок	Щебень	Шлак
Зерновой состав, %, массовая доля частиц размером:			
св. 10 мм	Не допускается	Не допускается	Не допускается
св. 5 мм до 10 мм, не более	5	5	5
св. 1 мм до 5 мм, не более	75	80	80
1 мм и менее, не более	20	15	15
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг, не более:			
для дорог и улиц в населенных пунктах	740	740	740
для внегородских дорог	1500	1500	1500

Распространенным для нашего региона фрикционным ПГМ считается гранулированный шлак (ГШ). В гранулированном шлаке доля частиц размером менее 8 мм составляет 96 %, а доля частиц размером менее 2 мм составляет 60 %. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов – не более 370 Беккерель/кг [6].

Не только зерновой состав ГШ и удельная эффективная активность естественных радионуклидов делает его предпочтительным фрикционным ПГМ, но и ряд других физико-механических свойств, например, высокая водонепроницаемость, морозостойкость, повышенная стойкость к образованию трещин, повышенная

коррозионная стойкость, повышенная долговечность в условиях действия агрессивных сред. При сравнении формы зерен, например, песка и гранулированного шлака подобных фракций, угловатая форма зерна ГШ может повысить сцепление колес транспортного средства (ТС) с обледеневшей поверхностью проезжей части.

Как правило, зерна фрикционного ПГМ, используемые для обработки обледеневших дорог, плохо удерживаются на них и уносятся колесами ТС или потоком ветра за пределы проезжей части дороги, если не соблюдены условия для их закрепления на ледяной поверхности. Частицы такого материала должны быть вкраплены в лед (см. рис. 2).

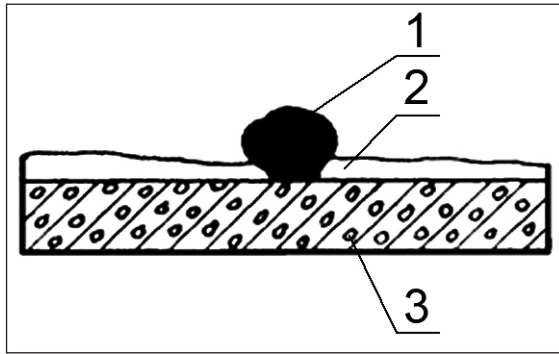


Рис. 2. Схема закрепления зерна фрикционного ПГМ со льдом: 1 – зерно фрикционного ПГМ; 2 – лед; 3 – покрытие проезжей части

В этом случае дорога будет иметь характер абразивной поверхности, с которой сцепление колес ТС будет значительно большим. Частицы фрикционного ПГМ, вкрапленные в лед, должны удерживаться в нем довольно прочно, отчего эффект обработки поверхности проезжей части будет более продолжительным.

Для повышения эффективности обработки поверхности проезжей части и удержания частиц фрикционного ПГМ в ледяной пленке добавляют химические ПГМ.

Для полного или частичного расплавления льда на поверхности обледеневших дорог и для закрепления рассыпанных на них зерен фрикционного ПГМ используют хлористый кальций CaCl_2 , хлористый магний MgCl_2 и хлористый натрий NaCl (поваренную соль). Хлориды растворяются в воде и их водные растворы замерзают при температурах значительно ниже нуля. При каждой температуре определенное количе-

ство воды может растворить только известное количество соли.

Для уничтожения образовавшейся на проезжей части ледяной пленки необходимо применять следующее количество солей, $\text{кг}/\text{м}^2$ [9]:

$$X_{на} = \frac{h \times \gamma_{л}}{100 \times y_t}, \quad (1)$$

где y_t – количество льда, расплавляемого 1 кг соли при данной температуре, кг; h – толщина льда, см.

Принимаем толщину льда $h=0,1 \dots 1$ см;

$\gamma_{л}$ – объемный вес льда, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для дорожного льда $\gamma_{л} = 900 \text{ кг}/\text{м}^3$ [7].

Количество льда (кг), расплавляемого одним килограммом соли при данной температуре, определяем по следующим зависимостям [9]:

– для поваренной соли (NaCl):

$$y_{t1} = \frac{60}{t}, \quad (2)$$

где t – температура льда, град. Для определения зависимости количества расплавляемого льда 1-м кг соли принимаем значение температуры льда $t = -2 \dots -20$ °C;

– для 90 %-ного хлористого кальция (CaCl_2):

$$y_{t2} = \left(\frac{40}{t}\right) + 2, \quad (3)$$

– для 75 %-ного хлористого кальция (CaCl_2):

$$y_{t3} = \left(\frac{30}{t}\right) + 2, \quad (4)$$

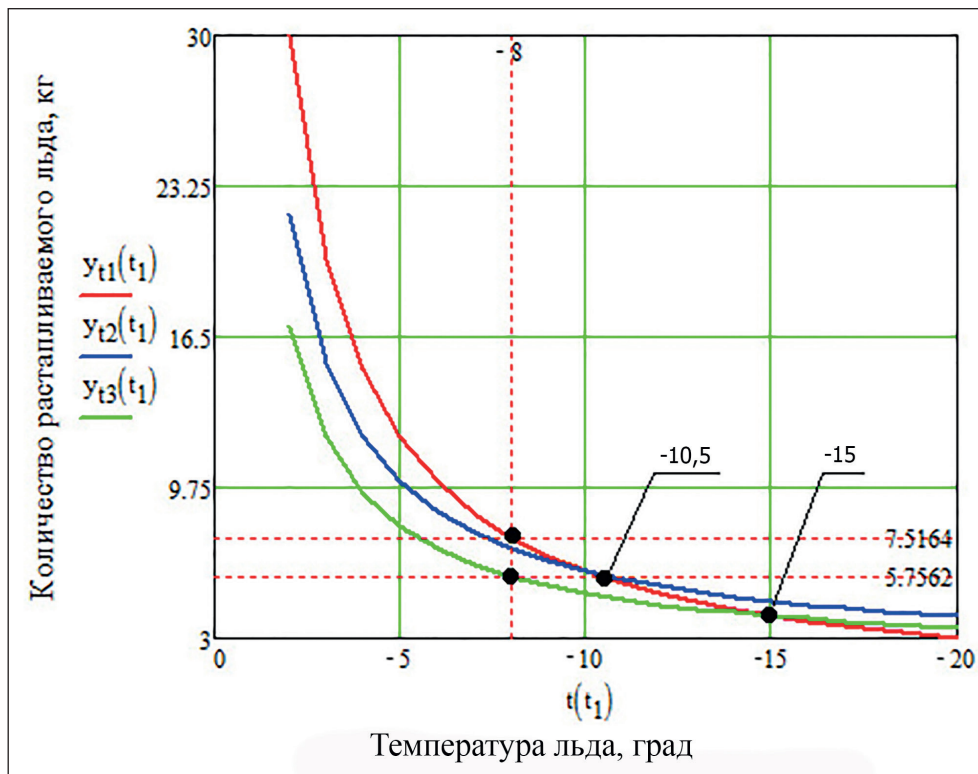


Рис. 3. Способность NaCl и CaCl_2 расплавлять лед при различной его температуре

При выборе соли для борьбы со льдом необходимо учитывать, что при температуре льда до $-10,5^{\circ}\text{C}$ выгоднее применять NaCl (см. рис. 3), так как его расплавляющая способность при этих условиях выше, чем у 75 %-ного CaCl_2 . При температуре ниже $-10,5^{\circ}\text{C}$ CaCl_2 имеет большую расплавляющую способность, чем NaCl.

При температуре, например, -8°C , количество льда (кг), расплавляемого 1-м кг соли:

- поваренной соли (NaCl), $y_{i1} = 7,5164$;
- 90 %-ного хлористого кальция (CaCl_2) $y_{i2} = 7,0033$;
- 75 %-ного хлористого кальция (CaCl_2) $y_{i3} = 5,7562$.

На рис. 4 представлены зависимости расхода солей на плавление льда при его температуре -8°C от толщины льда.

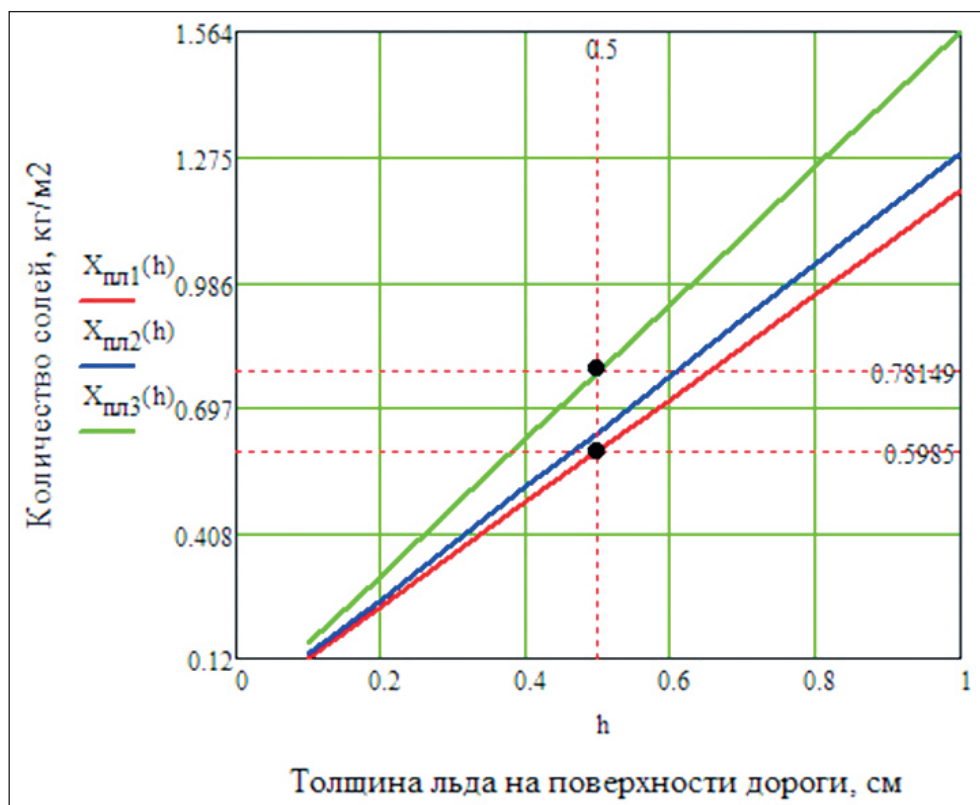


Рис. 4. Зависимость расхода солей на плавление льда при его температуре -8°C

Для полного удаления ледяной корки с поверхности проезжей части, толщиной 0,5 см, на 1 м^2 необходимо распределить поваренной соли (NaCl) приблизительно 0,6 кг, а 75 %-ного хлористого кальция (CaCl_2) приблизительно 0,8 кг.

Для закрепления зерен фрикционного ПГМ в ледяной пленке необходимо добавлением соли расплавить такое количество льда, которое в среднем равнялось бы половине объема зерен материала, нанесенного на поверхность дорожного покрытия. На расход солей, применяемых для этой цели, влияют температура льда, способность применяемой соли y_i расплавлять лед, насыпной вес применяемых материалов $\gamma_{пл}$ и их удельный вес γ_M , а также тщательность перемешивания соли с фрикционными ПГМ [9].

Если 1 м^3 рассыпаемого материала весит $\gamma_{пл}$ кг, а удельный вес материала равен γ_M кг/м³, то объем частиц 1 м^3 рассыпаемого материала будет численно равен $\frac{\gamma_{пл}}{\gamma_M}\text{ м}^3$.

$$\frac{\gamma_{пл}}{\gamma_M}$$

Для закрепления зерен фрикционного ПГМ необходимо до половины их объема вплавить в лед. Если обозначить через γ_L объемный вес льда в т/м³, а через

k_p коэффициент, учитывающий равномерность распределения соли в фрикционных ПГМ, то количество соли, которое нужно добавить, можно определить по формуле:

$$X = k_p \frac{1000 \gamma_{пл} \gamma_L}{2 \gamma_M y_i}, \quad (5)$$

В этих расчетах величину k_p можно принимать равной 1,05...1,15 при механическом перемешивании соли с фрикционными ПГМ.

Зададимся следующими исходными данными: $k_p = 1,05$; $\gamma_{пл} = 2900$ кг – вес 1 м^3 гранулированного шлака; $\gamma_M = 2900$ кг/м³ – плотность гранулированного шлака.

Зависимость количества солей, которые нужно добавить к гранулированному шлаку для его закрепления в ледяной пленке, от температуры льда показана на рис. 5.

На графике есть характерные точки пересечений зависимостей на отметке $-10,5^{\circ}\text{C}$ и -15°C . В этих точках принимается равное количество соответствующих солей, зависимости которых пересекаются. Например, при температуре льда $-10,5^{\circ}\text{C}$ для закрепления частиц гранулированного шлака в объеме 1 м^3 необходимо добавить 78,75 кг NaCl или 90 %-ного CaCl_2 ,

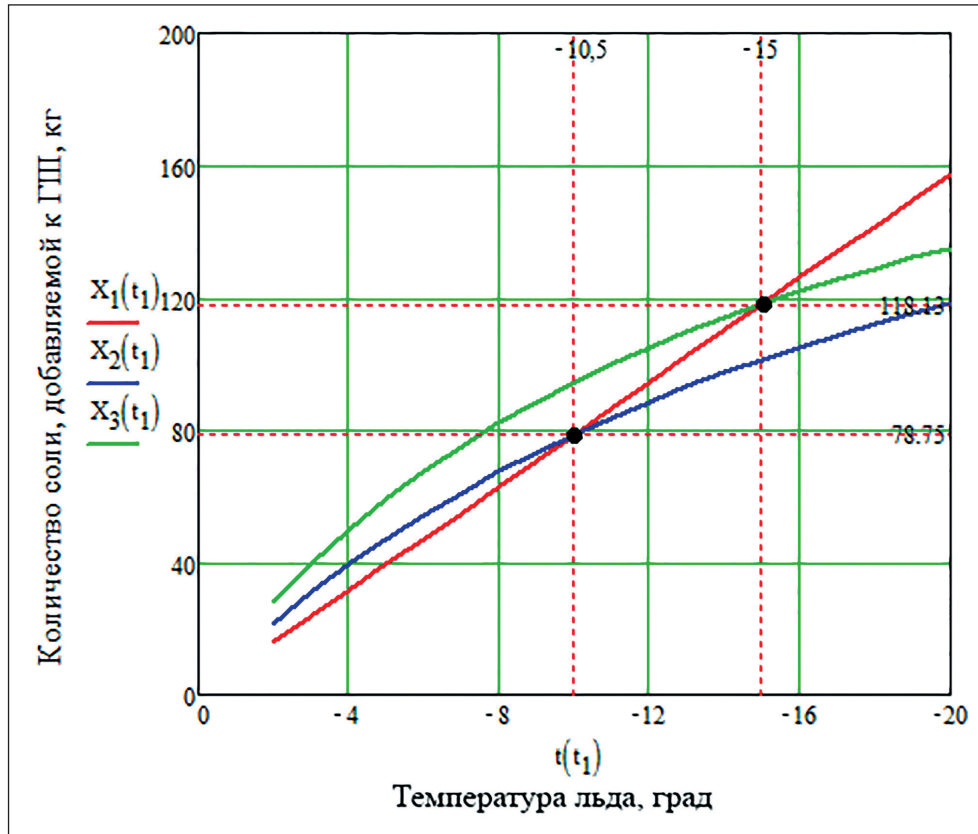


Рис. 5. Зависимость количества солей, которые нужно добавить к гранулированному шлаку для его закрепления в ледяной пленке от температуры льда

а при использовании 75 %-ного CaCl₂ – 94,5 кг. При температуре льда -15°С для закрепления частиц гранулированного шлака в объеме 1 м³ необходимо добавить 118,13 кг NaCl или 75 %-ного CaCl₂, а при использовании 90 %-ного CaCl₂ – 101,25 кг.

Необходимо отметить, что NaCl действует медленнее, чем CaCl₂. Поэтому NaCl лучше применять

при посыпке ночью или при небольшой интенсивности движения транспорта. При посыпке в дневные часы, когда интенсивность движения велика, следует предпочесть CaCl₂ [9].

Значения массовых характеристик шлако-соляной смеси при температурах льда -10,5°С и -15°С представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

Масса компонентов и ШСС при температуре льда -10,5°С

Объем ГШ, м ³	Масса ГШ, кг	Температура -10,5°С					
		Соли, кг			Шлако-солевая смесь, кг		
		NaCl	90%-ный CaCl ₂	75%-ный CaCl ₂	NaCl+ГШ	90%-ный CaCl ₂ +ГШ	75%-ный CaCl ₂ +ГШ
1	2900	78,75	78,75	94,5	2978,75	2978,75	2994,5
2	5800	157,5	157,5	189	5957,5	5957,5	5989
3	8700	236,25	236,25	283,5	8936,25	8936,25	8983,5
4	11600	315	315	378	11915	11915	11978
5	14500	393,75	393,75	472,5	14893,8	14893,75	14972,5
6	17400	472,5	472,5	567	17872,5	17872,5	17967
7	20300	551,25	551,25	661,5	20851,3	20851,25	20961,5
8	23200	630	630	756	23830	23830	23956

Масса компонентов и ШСС при температуре льда -15°С

Объем ГШ, м ³	Масса ГШ, кг	Температура -15 °С					
		Соли, кг			Шлако-солевая смесь, кг		
		NaCl	90%-ный CaCl ₂	75%-ный CaCl ₂	NaCl+ГШ	90%-ный CaCl ₂ +ГШ	75%-ный CaCl ₂ +ГШ
1	2900	78,75	78,75	94,5	2978,75	2978,75	2994,5
2	5800	157,5	157,5	189	5957,5	5957,5	5989
3	8700	236,25	236,25	283,5	8936,25	8936,25	8983,5
4	11600	315	315	378	11915	11915	11978
5	14500	393,75	393,75	472,5	14893,8	14893,75	14972,5
6	17400	472,5	472,5	567	17872,5	17872,5	17967
7	20300	551,25	551,25	661,5	20851,3	20851,25	20961,5
8	23200	630	630	756	23830	23830	23956

Это табличные формы, в которых указаны масса (кг) гранулированного шлака объемом от 1 м³ до 8 м³, масса (кг) соответствующей соли и масса (кг) шлако-солевой смеси для температуры льда -10,5 °С и -15 °С. По результатам расчета возможно составление таких таблиц для любого значения температуры льда в заданном диапазоне и для любого количества гранулированного шлака и необходимой солевой добавкой. Это позволяет оперативно реагировать на изменяющиеся погодные условия при производстве противогололедных смесей в чрезвычайных ситуациях.

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. По результатам анализа нормативной документации, применяемой в области зимнего содержания автомобильных дорог, по экологической группе показателей рассматривают химические ПГМ и химические компоненты комбинированных противогололедных материалов. Однако применение фрикционных материалов для борьбы со скользкостью должно соответствовать нормам распределения с последующей их уборкой с поверхности проезжей части.

2. Применение гранулированного шлака в качестве фрикционного ПГМ не противоречит требованиям нормативных документов. Для увеличения абразивности поверхности обледеневшей проезжей части рекомендуется вкрапление ГШ за счет применения химических компонентов ПГМ.

3. При выборе соли для борьбы со скользкостью необходимо учитывать, что при температуре льда до -10,5 °С выгоднее применять NaCl, так как его расплавляющая способность при этих условиях выше, чем у 75 %-ного CaCl₂.

4. По результатам расчета возможно составление таких таблиц для любого значения температуры льда в заданном диапазоне и для любого количества гранулированного шлака и необходимой солевой добавкой. Это позволяет оперативно реагировать на изменяющиеся погодные условия при производстве противогололедных смесей в чрезвычайных ситуациях.

Список литературы

1. ОДМ 218.3.034-2013. Рекомендации по технологии очистки, уборке и мойке проезжей части автомобильных дорог и искусственных сооружений в их составе, элементов обстановки и оформления: Отраслевой дорожный методический документ: издание официальное: внесен Управлением эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства, издан на основании распоряжения Федерального дорожного агентства № 1177-р от 15 августа 2013 г.: введен впервые: дата введения 2013-10-01 / разработан закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры» (ЗАО «НИПИ ТРТИ»). Коллектив авторов: канд. техн. наук В. П. Радов, канд. техн. наук В. И. Викулин, инж. А. С. Бадалов, инж. О. В. Богданов. — Москва: Информавтодор. 2017. — 66 с.: — Текст: непосредственный.
2. ОДН 218.2.027-2003. Требования к противогололедным материалам: Отраслевые дорожные нормы: издание официальное: утверждено распоряжением Минтранса России № ОС-548-р от 16 июня 2003 г.: введены впервые: дата введения 2003-06-16/разработаны Государственным предприятием «Росдорнии» (д-р техн. наук Кретов В. А., инж. Розов Ю. Н., канд. техн. наук Полосина-Никитина Н. С., канд. хим. наук Орлов Ю. Н., инж. Розов С. Ю., канд. техн. наук Лебедихин А. В., канд. хим. наук Мазепова В. И.). — Москва: Информавтодор. 2003. — 21 с.: — Текст: непосредственный.
3. ГОСТ 33387-2015. Противогололедные материалы. Технические требования. Автомобильные дороги общего пользования: межгосударственный стандарт: издание официальное: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке (протокол от 27 октября 2015 г. № 81-П), введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 8 сентября 2016 г. Приказом № 1003-ст Федерального агентства по техническому регулирова-

- нию и метрологии от 31 августа 2016 г.: введен впервые: дата введения 2016-09-16 / разработан Акционерным обществом «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт» (Технический комитет по стандартизации ТК 42 «Автомобильные дороги») с участием ФГБУ «РОСДОРНИИ», МАДИ-ГТУ, ФГУП «ИРЕА», НКО «Ассоциация зимнего содержания дорог». — Москва: Стандартинформ. 2019. — 7 с.: — Текст: непосредственный.
4. ГОСТ 30333-2007. Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования: межгосударственный стандарт: издание официальное: введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 августа 2008 г. № 164-ст 1 января 2009 г. введен впервые: дата введения 2009-01-01 / разработан Техническим комитетом по стандартизации ТК 339 «Химическая безопасность веществ и материалов». — Москва: Стандартинформ. 2008. — 7 с.: — Текст: непосредственный.
 5. Рекомендации по обеспечению экологической безопасности в придорожной полосе при зимнем содержании автомобильных дорог: издание официальное: приняты и введены в действие распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации № ИС-1007-р от 17 ноября 2003 г. № ИС-1007-р: введены впервые: дата введения 2003-11-17 / разработаны Федеральным государственным унитарным предприятием Саратовский научно-производственный центр «Росдортех» коллективом авторов в составе канд. техн. наук, проф. Жилина С. Н., д-ра техн. наук, проф. Кочеткова А. В., науч. сотр. Абуталиггова Р. Н. инж. Алексеевой Т. В. и др.. — Москва: Информавтодор. 2003. — 28 с.: — Текст: непосредственный.
 6. ГОСТ 3476-2019. Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов: межгосударственный стандарт: издание официальное: введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2019 г. № 854-ст: введен в замен ГОСТ 3476-74: дата введения 2020-06-01 / разработан некоммерческой организацией «Союз производителей цемента» (НО «СОЮЗЦЕМЕНТ») и Обществом с ограниченной ответственностью Фирмой «ЦЕМИСКОН» (ООО Фирма «ЦЕМИСКОН»). — Москва: Стандартинформ. 2019. — 4 с.: — Текст: непосредственный.
 7. Гусев, Л. М. Борьба со скользкостью городских дорог / Л. М. Гусев. — Москва: Стройиздат. 1964. — 103 с.: — Библиогр.: с. 101-102. — Текст: непосредственный.
 8. Рябов, А. С. Экологически безопасные противогололедные материалы и технологии их распределения по поверхности дорог: направление подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»: магистерская диссертация / Рябов Алексей Сергеевич; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. — Макеевка. 2021. — 84 с. — Библиогр.: с. 79-84. — Текст: непосредственный.
 9. Бикашвили, М. Г. Применение гранулированного шлака для приготовления противогололедных фрикционных и комбинированных смесей: направление подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»: магистерская диссертация / Бикашвили Мераби Гочаевич; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. — Макеевка. 2021. — 78 с. — Библиогр.: с. 71-78. — Текст: непосредственный.