

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 693.78:54-4

DOI: 10.52957/27821919\_2022\_1\_58

# Повышение безопасности дорожного движения в зимних условиях

**В.М. Дудин<sup>1</sup>, А.А. Курныгина<sup>2</sup>**

Владимир Михайлович Дудин

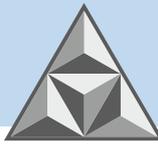
<sup>1</sup>Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

*dudinvm@ystu.ru*

Анастасия Александровна Курныгина

<sup>2</sup>ООО «СТ Центр», Москва, Российская Федерация

*a.kurnygina@yandex.ru*



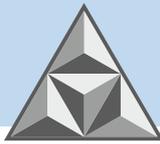
*Для повышения безопасности дорожного движения в зимний период широко применяется обработка поверхности покрытия химическими реагентами. Однако такой способ повышения безопасности дорожного движения требует правильного подбора реагентов для конкретных температурных условий, иначе возможен обратный эффект от их применения, т.е. резкое снижение коэффициента сцепления шин транспортных средств с поверхностью покрытия. В предложенной работе рассматривается влияние различных реагентов и фрикционных противогололёдных материалов, используемых для зимнего содержания автомобильных дорог в Ярославской области, на коэффициент сцепления.*

**Ключевые слова:** асфальтобетонное покрытие, зимнее содержание, противогололёдные реагенты, коэффициент сцепления, безопасность движения

**Для цитирования:**

**Дудин В.М., Курныгина А.А.** Повышение безопасности дорожного движения в зимних условиях // *Умные композиты в строительстве*. 2022. Т. 3, № 1. С. 58-72. URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N1\\_2022](http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N1_2022)

**DOI:** 10.52957/27821919\_2022\_1\_58



RESEARCH ARTICLE

DOI: 10.52957/27821919\_2022\_1\_58

# Improving road safety in winter conditions

**V.M. Dudin<sup>1</sup>, A.A. Kurnygina<sup>2</sup>**

Vladimir M. Dudin

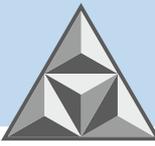
<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation

*dudinvm@ystu.ru*

Anastasiya A. Kurnygina

<sup>2</sup>ST Center LLC, Moscow, Russian Federation

*a.kurnygina@yandex.ru*



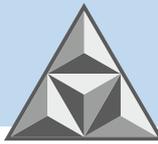
*To improve road safety in winter, chemical reagents are widely used to treat the surface of the coating. However, this method of improving road safety requires the correct selection of reagents for specific temperature conditions, otherwise the opposite effect of their use is possible, i.e. a sharp decrease in the coefficient of adhesion of vehicle tires to the surface of the coating. The proposed work examines the influence of various reagents and friction deicing materials used for winter.*

**Key words:** asphalt concrete pavement, winter maintenance, deicing reagents, coefficient of adhesion, traffic safety

**For citation:**

**Dudin, V.M., Kurnygina, A.A. (2022)** Improving road safety in winter conditions, *Smart Composite in Construction*, 3(1), pp. 58-72 [online]. Available at: [http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N1\\_2022](http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N1_2022) (In Russian)

**DOI:** 10.52957/27821919\_2022\_1\_58



## ВВЕДЕНИЕ

Для организации работ по борьбе и предотвращению образования зимней скользкости необходимо учитывать её вид, погодные условия, предшествующие и сопутствующие образованию скользкости, и тенденцию их изменения.

Отложения рыхлого снега на дорожном покрытии образуются при выпадении твердых осадков в безветренную погоду. Сохранение снега в рыхлом состоянии наиболее вероятно при температуре воздуха ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При низких температурах воздуха процесс уплотнения снега автотранспортом замедляется, а при температуре воздуха от  $-6$  до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  снег не будет уплотняться при относительной влажности воздуха менее 90%. Образование снежного наката происходит при наличии влажного снега на дорожном покрытии под действием автомобильного транспорта и определенных метеорологических условиях. Наибольшая вероятность образования снежного наката происходит при таких погодных условиях, как выпадение снега при температуре воздуха от 0 до  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; при температуре воздуха от  $-6$  до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  образование снежного наката происходит при влажности воздуха выше 90%; при положительных температурах снежный накат образуется при высокой интенсивности снегопада (более 0,6 мм/ч), снег не успевает растаять на покрытии и легко уплотняется транспортными средствами [2].

Образование стекловидного льда может иметь различные причины и возможно при различных погодных условиях замерзания влаги, имеющейся на дорожном покрытии, например, при резком понижении температуры воздуха. Такой вид обледенения называют гололедицей. Источниками увлажнения покрытия могут быть дождь, тающий снег, снег с дождем, выпадающие при положительных, но близких к нулю температурах воздуха, а также влага, оставшаяся после обработки дорожного покрытия противогололедными реагентами.

Процессу образования скользкости предшествует устойчивое повышение атмосферного давления при выпадении или после прекращения осадков, повышенная относительная влажность воздуха, понижение температуры воздуха от положительных значений до отрицательных. Наиболее вероятно её образование при температуре воздуха от  $-2$  до  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха от 65 до 85% [2].

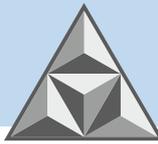
В результате охлаждения дорожного покрытия ниже точки росы влага из воздуха конденсируется на нем и превращается в очень тонкий и прозрачный слой льда, который трудно обнаружить визуально («черный лед»). Образование этого вида скользкости возможно также при перемещении в утренние часы более теплой и влажной воздушной массы с моря на сушу, имеющей более низкую температуру воздуха и отрицательную температуру дорожного покрытия.

В зимний и переходный периоды такое сочетание погодных условий наиболее вероятно в прибрежных морских районах и в горной местности, где из-за высокой прозрачности воздуха температура покрытия сильно понижается в ночные часы при охлаждении воздуха.

Такой вид скользкости может более часто возникать на автодорожных мостах, которые обладают меньшей тепловой инерционностью, чем дорожная одежда, и имеют более низкую температуру покрытия в ночное время [2].

Образованию скользкости способствует и более высокая относительная влажность воздуха в поймах рек, около озер и других водоемов, особенно в переходный период до установления ледового покрова, а также около крупных ТЭЦ и других предприятий.

В практике зимнего содержания автомобильных дорог для борьбы с зимней скользкостью применяют фрикционный, химический, комбинированный, механический и



тепловой методы [1].

При фрикционном методе на поверхности покрытия распределяют минеральные противогололёдные материалы: песок, высевку, шлак или другие абразивные материалы не крупнее 5-6 мм и без примесей глины, создавая дополнительную шероховатость покрытия и увеличивая коэффициент сцепления с шинами автомобилей [3, 4].

При химическом методе применяют противогололёдные реагенты на основе хлоридов натрия, калия, кальция, магния, которые плавят лёд или снег и устраняют гололедицу [5].

При комбинированном методе используют смеси противогололёдных материалов и реагентов, что позволяет эффективно бороться с зимней скользкостью [5].

При механическом методе производится удаление различных видов скользкости специальным оборудованием для отделения льда или снега от поверхности покрытия [5].

При тепловом методе устранение скользкости достигается при использовании мощного потока нагретого воздуха для плавления и сдувания с поверхности покрытия образовавшейся воды, а также из-за нагрева покрытия при использовании «тёплого» покрытия, которое нагревается за счёт циркуляции по трубам, уложенным под покрытием, теплоносителя. Возможен нагрев покрытия электрическими кабелями, которые укладывают также под покрытием [5].

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Коэффициентом сцепления называют отношение реактивной силы, действующей на колесо автомобиля в плоскости его контакта с покрытием, к вертикальной нагрузке, передаваемой колесом на покрытие. Коэффициент сцепления складывается из двух составляющих – адгезионной и деформационной. Адгезионная составляющая является результатом взаимодействия контактирующих материалов.

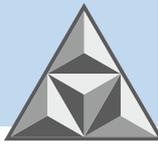
Деформационная составляющая формируется за счёт взаимной деформации контактирующих тел выступами неровностей, находящихся на их поверхности. На сухих поверхностях сила трения в контакте шины формируется в основном за счёт адгезионной составляющей. А на поверхностях, имеющих плёнку воды – за счёт деформационной составляющей.

Обзор различных методов борьбы с зимней скользкостью, путем повышения коэффициента сцепления, показал, что наиболее эффективным способом является фрикционный способ, главной проблемой которого остается неправильная дозировка противогололедного материала при разных погодных условиях и разных видах скользкости.

Поэтому перед началом проведения научных исследований были поставлены следующие задачи:

1. Выявить, для какого типа скользкости, погодных условий и для какой категории автомобильных дорог подходит фрикционный противогололедный материал и при каких показателях этот метод не работает.
2. Определить правильную дозировку противогололедного материала для разных видов скользкости.
3. Определить длительность действия различных фрикционных материалов.
4. Определить рациональную пропорцию и компоненты противогололёдного состава, протестировав несколько различных вариантов с разными составами при разных пропорциях составляющих.

В качестве испытуемого материала было выбрано несколько видов фрикционных



материалов – песок, отсев щебня и, в качестве эксперимента, зола уноса.

Один из распространённых способов борьбы с зимней скользкостью – это посыпка обрабатываемого покрытия песком.

Этот фрикционный материал должен обладать следующими свойствами:

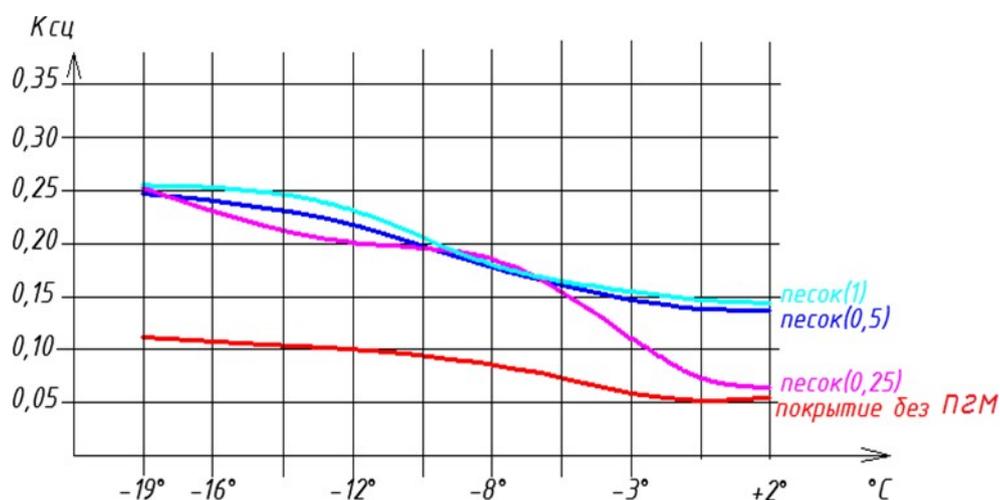
- не должен содержать глинистых примесей во избежание появления слякоти при плюсовой температуре;
- не должен содержать в составе крупных частиц, так как они могут повредить распределяющее оборудование, целостность автотранспорта и увеличивают риск получить травмы;
- песок для составления смеси применяют природный и/или дробленый, получаемый путем дробления горных пород. Максимальная величина частиц не должна превышать 5 мм.

Наиболее целесообразно применять песок, содержащий до 50–60% зерен размером 2-3 мм. В песке не допускается содержание пылеватых, глинистых, илистых и других загрязняющих примесей более 3%. Не допускается содержание в песке камней и щебня, так как крупные частицы могут травмировать людей, повредить проезжающие автомобили, распределительное оборудование [8].

Чаще всего при обработке дорожного покрытия зимой применяется речной песок с минимальным количеством примесей глины. Песок эффективен при борьбе с гололедом, так как работает при любой температуре, не наносит отрицательного воздействия на окружающую среду [8].

Для измерения коэффициента сцепления шины автомобиля с покрытием использовался прибор ППК-МАДИ. Перед проведением опытов производили обработку покрытия насыщенным раствором поваренной соли. Испытания проводились как на обработанном фрикционными материалами и реагентами покрытия, так и необработанном. Вид скользкости – снежный накат.

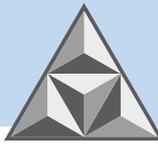
После получения результатов были построены графики и сделаны выводы. В первую очередь был проверен коэффициент сцепления при распределении песка разных фракций: 0,25; 0,5; 1 мм.



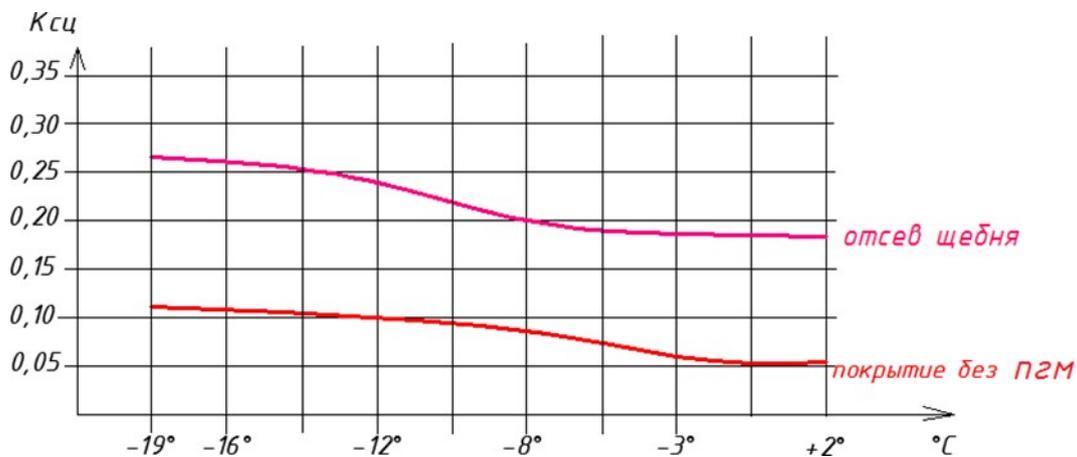
**Рис. 1.** Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного песком разных фракций, при разных температурах воздуха

**Fig. 1.** Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with sand of different fractions at different air temperatures

По полученным данным, представленным на рис. 1, можно сделать следующие выводы:



- при температуре от  $-10$  до  $-20$  °С коэффициент сцепления повышается более чем в два раза в сравнении с необработанным покрытием, что объясняется преобладанием адгезионной составляющей коэффициента сцепления;
- при температурах, близких к  $0$  °С, коэффициент сцепления повышается почти в три раза в сравнении с необработанным покрытием, это можно объяснить преобладанием деформационной составляющей;
- чем крупнее фракция песка, тем выше коэффициент сцепления. Особенно это проявляется при температурах около  $0$  °С;
- чем выше температура воздуха, тем ниже коэффициент сцепления, а это связано с тем, что при положительной температуре песок начинает перемешиваться с подтаявшим снежным покрытием и это уменьшает коэффициент сцепления и, соответственно, ухудшает безопасность движения автомобилей;
- чем ниже температура воздуха, тем выше коэффициент сцепления с покрытием, обработанным песком. Это связано с тем, что фрикционные материалы вмерзают в покрытие и работают на повышение безопасности путем повышения коэффициента сцепления, а не путем растапливания гололеда, как это делают химические реагенты. В связи с этим у песка нет ограничений по его использованию при разных отрицательных температурах;
- эксперименты показали, что песок быстро разносится колёсами движущегося транспорта и остается на покрытии в течение 2-3 часов. Чем мельче фракция песка, тем быстрее пропадает материал с дорожного покрытия.



**Рис. 2.** Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного отсевом щебня, от температуры воздуха

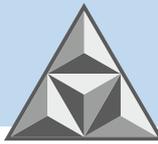
**Fig. 2.** Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with screening of crushed stone on the air temperature

Следующий испытуемый фрикционный материал – отсев щебня. От песка он отличается более крупной фракцией. Отсев щебня, или высевка – это «отходы» камнедробления при производстве щебня.

По полученным данным, представленным на рис. 2, можно сделать следующие выводы:

- отсев щебня повышает коэффициент сцепления автомобильного колеса с дорожным покрытием примерно в два раза как при очень низкой температуре, так и при температуре выше  $0$  °С;
- отсев щебня лучше работает при температуре около  $0$  °С, чем песок.

Опыты с отсевом щебня показали, что он дольше сохраняется на покрытии, чем песок.

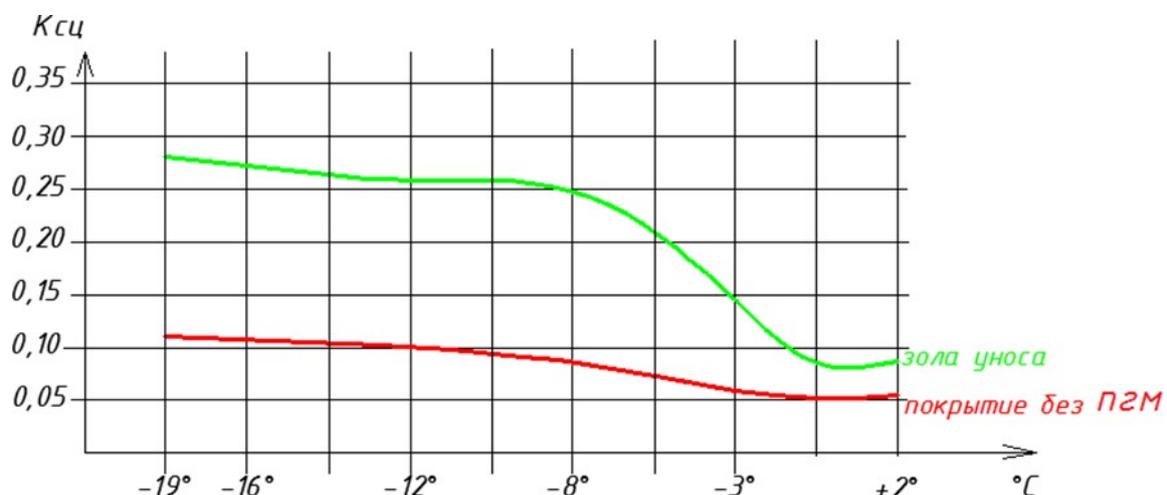


Данный материал перед использованием необходимо просеять, во избежание попадания частиц крупных размеров, так как это может вызвать поломку распределяющей техники и повредить автомобили на дороге.

Одним из распространённых видов отходов ТЭЦ, сталелитейных предприятий, предприятий по производству сухих строительных смесей является зола уноса.

В дорожном строительстве она используется при укреплении грунтов в качестве малоактивного вяжущего, в цементобетонах для экономии цемента, в качестве минерального порошка для производства асфальтобетонных смесей. Утилизация золы уноса является актуальным направлением. При использовании золы уноса необходимо учитывать следующее:

- зола загрязняет дорогу, поэтому применять её в населенных пунктах не рекомендуется;
- зола должна содержать минимальное количество агрессивных компонентов.



**Рис. 3.** Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного золой уноса от температуры воздуха

**Fig. 3.** Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with fly ash on the air temperature

Проведённые испытания применения золы уноса в качестве противогололёдного материала (рис. 3) показали, что:

- зола уноса показывает самый высокий коэффициент сцепления при низких отрицательных температурах, но при температуре выше 0 °С практически не повышает этот показатель;
- зола уноса очень быстро разносится и очень сильно загрязняет автомобильную дорогу.

Для повышения эффективности фрикционных противогололёдных материалов возможна их комбинация с химическими реагентами.

При добавлении к фрикционному материалу соли на его частицах появляются тонкие пленки высохшего рассола. Когда они попадают на обледеневшую поверхность, лед начинает под ними таять и частицы погружаются в углубление.

По мере погружения частицы в лед и разбавления рассола растаявшей водой, концентрация рассола в пленке уменьшается, при этом температура замерзания рассола повышается. Когда точка замерзания рассола сравняется с температурой воздуха, частица смерзается со льдом и уже прочно держится на обледеневшей поверхности. Другое важное положительное следствие смешения фрикционных материалов с солью – предохранение их



от смерзания во время хранения.

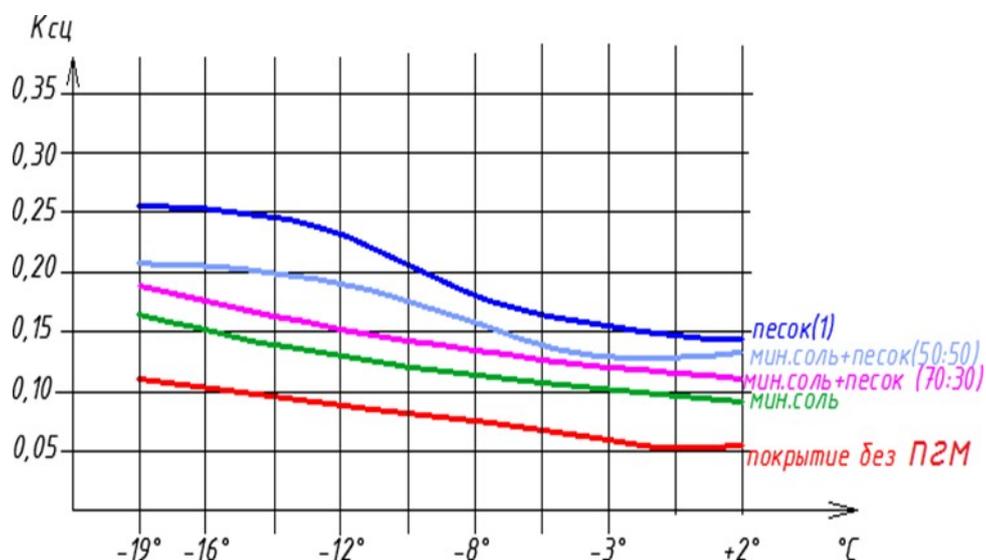
Поэтому, кроме испытаний и исследования материалов в чистом виде, были проведены испытания различных противогололедных смесей, в состав которых входили песок фракции 1 мм и химические реагенты. В качестве химических реагентов использовались: минеральная соль, Экород, Галит, НКММ, Ультра. Состав данных реагентов представлен в таблице 1.

**Таблица 1.** Состав химических ПГМ

**Table 1.** Composition of chemical DM

Название ПГМ	Химический состав
Минеральная соль	NaCl <sub>2</sub>
Экород	NaCl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> , ингибиторы коррозии
Галит	NaCl –(Na)39,4%, (Cl)60,6%
НКММ	Нитрат кальция, нитрат магния, мочевины
Ультра	NaCl <sub>2</sub> (75-80%) CaCl <sub>2</sub> (15-25%)

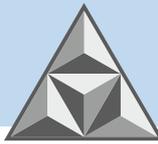
Цель изготовления данного вида противогололедной смеси – уменьшение отрицательного воздействия химических реагентов на окружающую среду и продление действия фрикционного противогололедного материала (в данном случае песка) при повышении безопасности движения автомобилей. Результаты испытаний чистой минеральной соли и противогололедной смеси на основе песка и минеральной соли при разных соотношениях составляющих, представлены на рис. 4.



**Рис. 4.** Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного противогололедной смесью песка и минеральной соли, от температуры воздуха

**Fig. 4.** Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with an anti-icing mixture of sand and mineral salt on the air temperature

По результатам проведенных испытаний был сделан вывод, что противогололедная смесь в составе с минеральной солью меньше всех повышает коэффициент сцепления, это хорошо видно на графике, который представлен на рис. 4. Это связано с тем, что при обработке покрытия минеральной солью, коэффициент сцепления имеет самые низкие значения в сравнении с обработкой другими химическими реагентами, что объясняется хорошей плавящей способностью этого реагента и образованием жидкой фазы растаявшего снега или льда на покрытии.



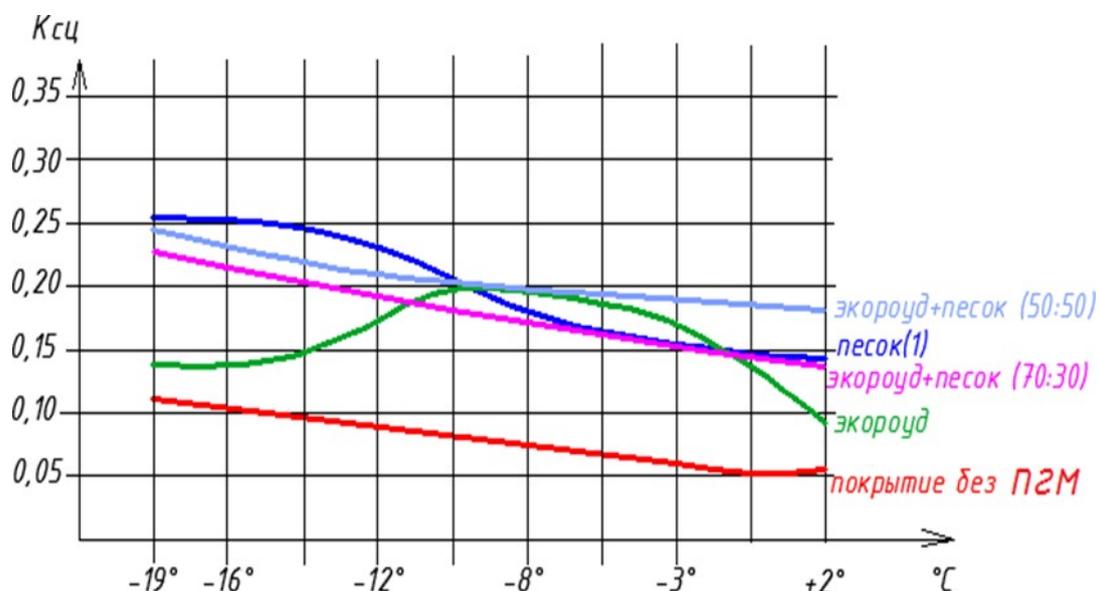
Следующей испытуемой смесью был Экороуд и песок.

По данным, представленным на рис. 5, можно сделать вывод, что Экороуд в составе песка повышает коэффициент сцепления при всех температурах в сравнении с предыдущей смесью.

В диапазоне температур от 0 до  $-11$  °С покрытие, обработанное только Экороудом, имеет коэффициент сцепления на уровне комбинированных составов.

Применение Экороуда при температурах выше 0 °С может привести к резкому снижению коэффициента сцепления из-за преобладания жидкой фазы растаявшего льда или снега.

Снижение коэффициента сцепления на покрытии при температурах ниже  $-10$  °С, обработанном только Экороудом, можно объяснить кристаллизацией смеси растаявшего снега или льда, уменьшением сцепления кристаллов при движении транспорта и, как итог, снижением адгезионной составляющей коэффициента сцепления.



**Рис. 5.** Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного противогололедной смесью песка и Экороуда, от температуры воздуха

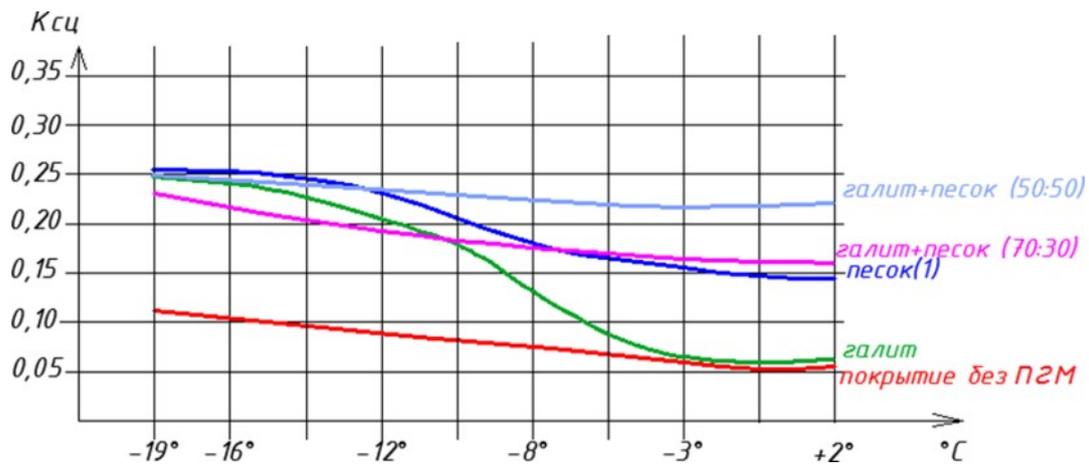
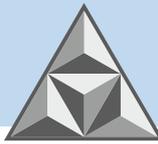
**Fig. 5.** Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with an anti-icing mixture of sand and EcoRoad on the air temperature

Испытания Галита и смесей Галита с песком показали, что при температурах ниже  $-10$  °С покрытие, обработанное только Галитом, имеет коэффициент сцепления на уровне смесей с песком (рис. 6).

Смесь Галит : песок имеет стабильное значение коэффициента сцепления в пределах 0,22-0,25 для всех значений температур испытаний (от  $+2$  до  $-19$  °С). При температурах выше  $-10$  °С коэффициент сцепления с покрытием резко снижается из-за преобладания жидкой фазы при таянии льда или снега.

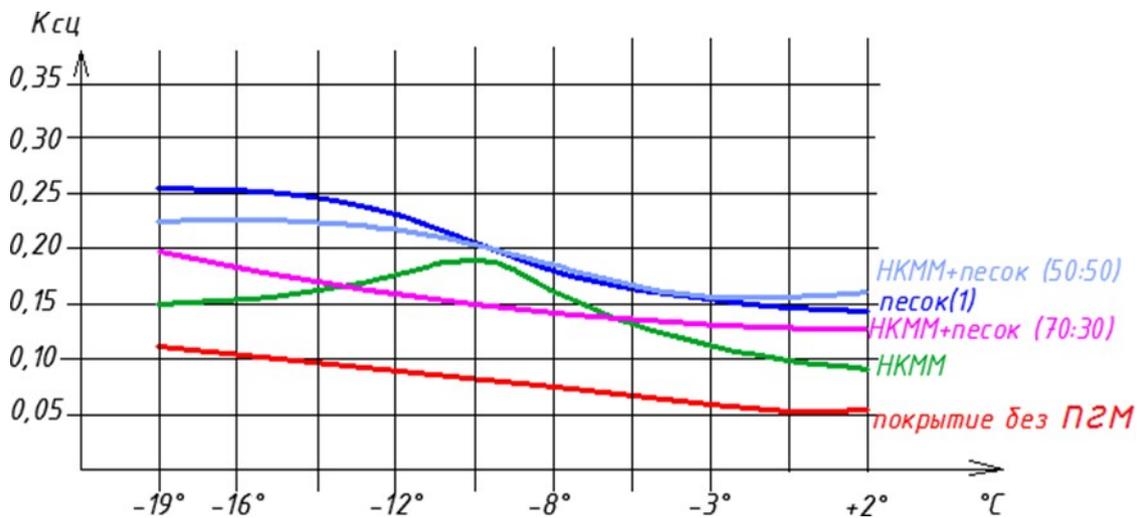
На рис. 7 приведены результаты испытаний реагента НКММ.

При температурах от  $-6$  до  $-13$  °С химический реагент НКММ ведёт себя как комбинированная смесь. При температурах выше  $-6$  °С и ниже  $-13$  °С поведение реагента напоминает действие Экороуда. Так как НКММ обладает высокой плавящей способностью, это может привести к снижению коэффициентов сцепления в указанных диапазонах температур. При использовании комбинированных смесей такое явление не наблюдается.



**Рис. 6.** Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного противогололедной смесью песка и Галита, от температуры воздуха

**Fig. 6.** Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with an anti-icing mixture of sand and Halite on the air temperature



**Рис. 7.** Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного противогололедной смесью песка и реагента НКММ, от температуры воздуха

**Fig. 7.** Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with an anti-icing mixture of sand and the NKMM reagent on the air temperature

Противогололедная смесь, состоящая из химического реагента Ультра и песка, показала лучший результат с точки зрения увеличения коэффициента сцепления (рис. 8). Обработка поверхности покрытия химическим реагентом Ультра приводит не только к таянию снега или льда, но и к сохранению коэффициента сцепления на достаточно высоком для зимних условий значении от 0,24 при температуре  $-15^{\circ}\text{C}$  до 0,15 при температуре около  $-11^{\circ}\text{C}$ . При более высокой температуре происходит плавление льда или снега и коэффициент сцепления резко снижается. При обработке покрытия комбинированной смесью песчинки сохраняются либо вмёрзшими в снежное или ледяное покрытие, либо в углублениях на снежном или ледяном покрытии. При температурах, близких к  $0^{\circ}\text{C}$ , песчинки не разносятся из-за прилипания к покрытию.



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённые исследования показали, что для эффективного и безопасного применения противогололёдных материалов существует наиболее эффективный диапазон температур их применения. Производители химических реагентов в основном указывают этот диапазон с точки зрения их плавящей способности. Однако применение только химических реагентов может иметь и обратный эффект за счёт снижения адгезионной и деформационной составляющих коэффициента сцепления из-за появления на поверхности рассола, который образуется при плавлении снега или льда, или замерзания этого рассола при несвоевременной уборке.

Применение только фрикционных противогололёдных материалов ограничивается участками автомобильных дорог вне населённых пунктов, из-за возможности их попадания в канализационную систему и увеличения затрат на её промывку, а также более коротким сроком их работы из-за разноса таких материалов колёсами автомобилей.

Для эффективной борьбы с зимней скользкостью при обеспечении безопасной эксплуатации обработанных реагентами покрытий возможно использовать комбинированные противогололёдные составы, которые обладают преимуществами фрикционных и химических противогололёдных материалов и реагентов.

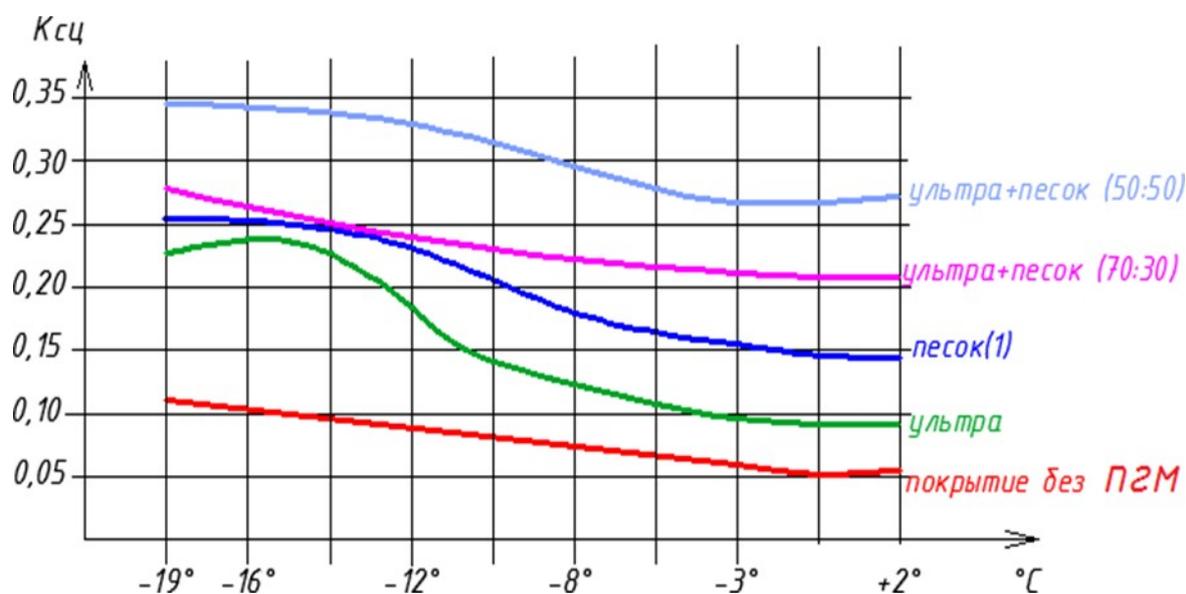


Рис. 8. Зависимость коэффициента сцепления покрытия, обработанного противогололедной смесью песка и химического реагента Ультра, от температуры воздуха

Fig. 8. Dependence of the coefficient of adhesion of the coating treated with an anti-icing mixture of sand and the chemical reagent Ultra on the air temperature

## ВЫВОДЫ

Результаты проведённых исследований с точки зрения обеспечения безопасности дорожного движения можно обобщить следующими выводами:

- фрикционные материалы песок, высевку можно использовать при любых температурах с интервалом повторной обработки от 2 часов до 4 часов соответственно;
- фрикционные противогололёдные материалы в чистом виде возможно использовать на дорогах II и ниже категорий и на автомагистралях;



- фрикционные противогололёдные материалы в чистом виде не рекомендуется использовать в черте города;
- зола уноса эффективна при температурах ниже  $-6^{\circ}\text{C}$ ;
- противогололёдная смесь песок и минеральная соль работает хуже, чем чистый песок, но лучше, чем чистый реагент в диапазоне температур эксперимента от  $-19$  до  $+2^{\circ}\text{C}$ ;
- реагент Экород повышает коэффициент сцепления в диапазоне температур от  $-10$  до  $-1^{\circ}\text{C}$ , а в смеси с песком повышает коэффициент сцепления в диапазоне температур эксперимента от  $-19$  до  $+2^{\circ}\text{C}$ , при температурах около  $0^{\circ}\text{C}$  его использование опасно;
- реагент Галит повышает коэффициент сцепления при температурах ниже  $-8^{\circ}\text{C}$ , а в смеси с песком при температурах выше  $-12^{\circ}\text{C}$ ;
- реагент НКММ повышает коэффициент сцепления в диапазоне температур от  $-14$  до  $-5^{\circ}\text{C}$ , а в смеси с песком в соотношении 50:50 в диапазоне температур эксперимента от  $-19$  до  $+2^{\circ}\text{C}$ ;
- реагент Ультра повышает коэффициент сцепления при температурах ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , а в смеси с песком в любых соотношениях эффективен в диапазоне температур эксперимента от  $-19$  до  $+2^{\circ}\text{C}$ .

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Дудин, В.М., Игнатъев, А.А.** Зимнее содержание автомобильных дорог: монография. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2019.
2. Борьба с зимней скользкостью. URL: <http://www.idt-invest.ru>
3. Фрикционный метод. URL: <https://helpiks.org/3-10624.html?>
4. Зимняя скользкость на дорогах, методы борьбы с зимней скользкостью. URL: [http://lektsii.org/1-60423.html /](http://lektsii.org/1-60423.html/)
5. Справочная энциклопедия дорожника. Том II. Ремонт и содержание автомобильных дорог / под ред. засл. деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева. М.: Информавтодор, 2004.
6. Борьба с зимней скользкостью. URL: <http://www.transpobrand.ru/tabras-768-1.html>
7. Противогололедные реагенты. URL: <http://www.gololed.ru/reagents/>
8. Противогололедные средства фрикционного типа воздействия // Средства борьбы с гололедом. URL: <http://icemelt.su/friction.html>

Поступила в редакцию 09.03.2022

Одобрена после рецензирования 16.03.2022

Принята к опубликованию 22.03.22

## REFERENCES

1. **Dudin V.M. & Ignatiev A.A.** (2019) *Winter maintenance of highways*. Yaroslavl: Izdat. dom YAGTU. (in Russian)
2. The fight against winter slipperiness (2020) [online]. Available at: <http://www.idt-invest.ru> (in Russian)
3. Friction method (2020) [online]. Available at: <https://helpiks.org/3-10624.html?> (in Russian)
4. Winter slipperiness on the roads, methods of combating winter slipperiness (2020) [online]. Available at: [http://lektsii.org/1-60423.html /](http://lektsii.org/1-60423.html/) (in Russian)
5. Vasiliev, A.P. (ed.) (2004) *Reference encyclopedia of the road worker. Volume II. Repair and maintenance of highways*. M.: Informavtodor (in Russian)



6. Fighting winter slipperiness (2020) [online]. Available at: <http://www.transpobrand.ru/tabras-768-1.html> (in Russian)
7. Deicing reagents (2020) [online]. Available at: <http://www.gololed.ru/reagents/> (in Russian)
8. Anti-icing means of frictional type of impact (2020) *Anti-icing means* [online]. Available at: <http://icemelt.su/friction.html> (in Russian)

*Received 09.03.2022*

*Approved after reviewing 16.03.2022*

*Accepted 22.03.22*