

# ИННОВАЦИИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

В понятие «зимняя скользкость» включаются такие метеорологические явления, как иней, черный лед, рыхлый снег, снежный накат, ледяной покров или гололед, которые существенно снижают эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, в частности коэффициент сцепления, и приводят к уменьшению скорости движения автомобилей и пропускной способности автомобильных дорог, увеличению количества ДТП, человеческих жертв и порче грузов. Перед дорожными организациями ставится задача содержать автомобильные дороги в течение всего зимнего периода так, чтобы снежно-ледяные отложения не создавались или могли быть удалены в кратчайшие сроки.

Установлено, что затраты на противогололедную обработку участка автомобильной дороги окупаются уже после проезда 140 автомобилей. При увеличении высоты снежного покрова на 2 см расход топлива увеличивается на 15%. Пример продольного микропрофиля уплотненного слоя выпавшего снега на автомобильной дороге относительно выбранной базы измерения представлен на рис. 1.

Невысокий уровень зимнего содержания автомобильных дорог определяется недостаточно правильным учетом местных климатических условий по условиям и интенсивности образования зимней скользкости, отсутствием планов зимнего содержания автомобильных дорог, применения в качестве борьбы с зимней скользкостью фрикционного способа, требующего значительного количества распределителей и материальных ресурсов.

Для обеспечения коэффициента и борьбы с зимней скользкостью применяют антигололедную (превентивную) и противогололедную обработку.

Применяемые в процессе борьбы с зимней скользкостью противогололедные материалы (ПГМ) относятся к дорожно-эксплуатационным мате-

риалам для содержания объектов строительства и дорожного хозяйства. При зимнем содержании автомобильных дорог в твердом, жидком и увлажненном состоянии используются хлористый натрий, хлористый кальций, хлористый магний технический, нитрат-кальциевая мочеви́на, мочеви́на (карбамид), природные подземные рассолы, специально приготовленные растворы, промышленные отходы, промышленные жидкие хлориды, ацетаты, многокомпонентные ПГМ.

При наличии в дорожном хозяйстве ассортимента ПГМ предпочтение следует отдавать хлористому кальцию или природному рассолу на его основе. Вода, почва и растительность мало чувствительны к увеличению содержания в них кальция, а природные рассолы содержат более 50 микроэлементов, улучшающих свойства почвенно-растительного покрова. Необходимо учитывать стимулирующие особенности природных рассолов для роста растений, что может приводить к засорению ливневой канализации, труб и стоков, проявлению вторичных отрицательных факторов экологической безопасности, например поднятию уровня грунтовых вод и дополнительному засолению почвы.

В качестве фрикционных материалов, повышающих коэффициент сцепления, применяют песок, дробленый каменный материал, мелкий гравий, щебень, его отсев, топочный шлак, золы уноса теплоцентралей. Материалы с окатанными частицами не обеспечивают хорошего сцепления колеса с дорогой. Крупные частицы (более 5 мм) при распределении из пескоструйного распределителя могут быть опасны для пешеходов и встречных автомобилей. Поэтому частицы не должны быть крупнее 6 мм.

Фрикционные материалы применяют, когда требуется срочно увеличить коэффициент сцепления при низких температурах и в условиях, когда уборка снега или образовавшегося льда требует значительных усилий. Обработка фрикционными материалами остается важным инструментом при проведении операций по борьбе с зимней скользкостью. Однако они не смогут обеспечить выполнение всех задач при защите от обледенения и при борьбе с ним. Единственной их функцией является усиление коэффициента сцепления.

Применение фрикционного способа недостаточно эффективно даже при очень плотной посылке 0,5–0,6 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup>. Коэффициент сцепления не превышает 0,15 сразу после распределения, а в дальнейшем материал сдвигается колесами транспортных средств с проезжей части или сдувается ветром и уже через 15–20 минут коэффициент сцепления снижается до значений перед распределением.

Классификация ПГМ по данным ОДМ «Требования к противогололедным материалам» представлена на рис. 2.

Физико-химические свойства рабочих смесей и рассолов изменяются в процессе приготовления. Агрессивность материалов определяет дополнительные требования к таре и упаковке. Время сохранения рабочих свойств у ПГМ ограничено, изменение их приводит к нарушению процесса их применения. Если время до-

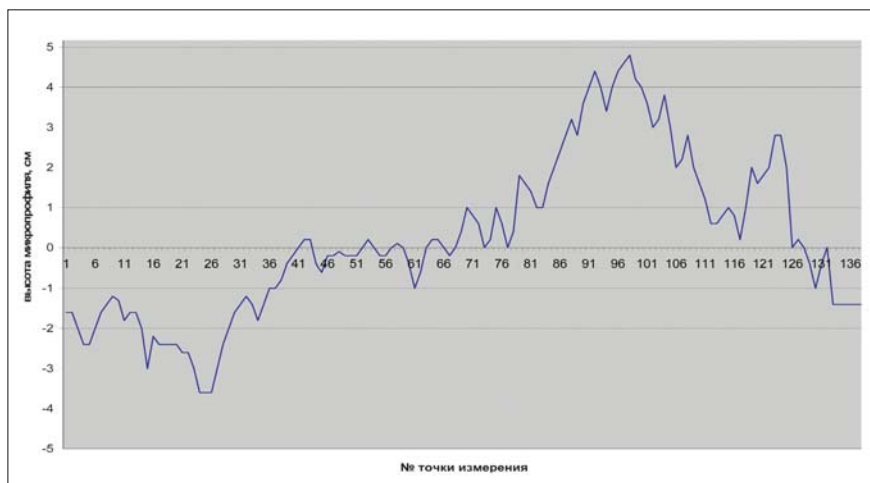


Рис.1 Продольный профиль микропрофиля уплотненного слоя снега

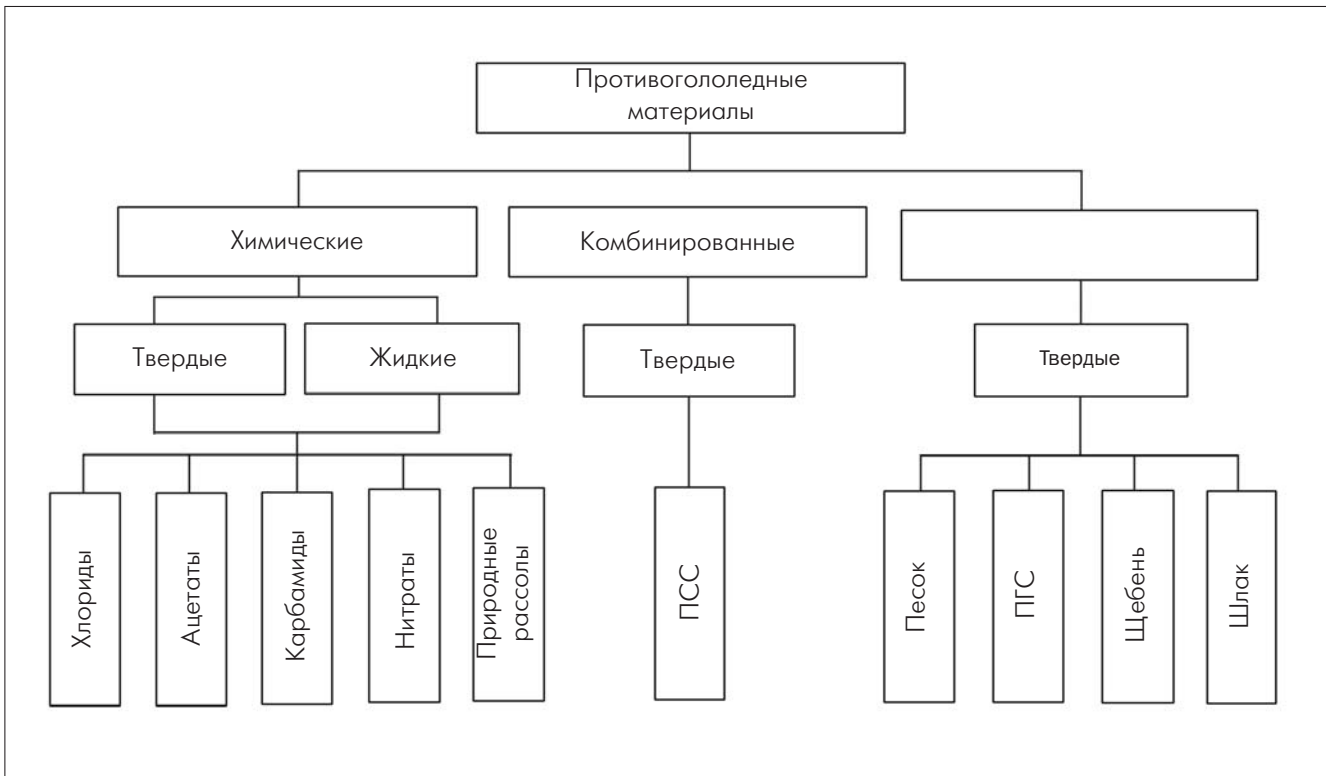


Рис. 2. Классификация ПГМ

ставки окажется больше допустимого, то приготовленный рассол может прийти в негодность. Использование природных рассолов для задач зимнего содержания ограничено значительной изменчивостью содержания солей и требует постоянного уточнения расхода ПГМ.

При добавлении соли к фрикционному материалу на его частицах появляются тонкие пленки рассола. Когда такая частица попадает на обледеневшую поверхность, лед под ней начинает таять и частица погружается в образующееся при таянии углубление. Концентрация рассола в пленке по мере погружения частицы в лед и разбавлении рассола водой уменьшается, при этом повышается температура замерзания рассола. Когда точка замерзания рассола сравняется с температурой воздуха, частица смерзается со льдом и

прочно держится на обледеневшей поверхности. Тем самым достигается цель примораживания фрикционного материала и обеспечения коэффициента сцепления.

Установлено, что применение песко-соляных смесей при зимнем содержании автомобильных дорог, особенно в городских условиях, вызывает необходимость проведения весной и летом сверхнормативных работ по очистке дорожного покрытия, ливневки, бордюров, барьерных ограждений от песка. Весной образовавшаяся смесь из перегнивших листьев и песка становится причиной вспышки аллергических заболеваний, загрязнения транспортных средств и пешеходов.

Типичный пример образования весной песчаного смерча высотой до 15 м каждые 10 мин на городских дорогах приведен на рис. 3.

Существенным шагом вперед, способствующим повышению безопасности движения по автомобильным дорогам в зимнее время, может служить переход на технологию борьбы с зимней скользкостью, основанную на применении химических ПГМ. По сравнению с россыпью фрикционных материалов химический способ экономически выгоден и высокоэффективен. Современное состояние дорожной сети США, Западной Европы, Москвы характеризуется широкомасштабным переходом к твердым ПГМ на основе хлоридов.

Наиболее широкое распространение получили хлориды натрия, кальция и магния. Температура замерзания их водных растворов ниже температуры замерзания воды. При россыпи хлоридов по поверхности ледяного слоя начинается образование пленок рассола вокруг кристаллов



Рис. 3. Фотографии зарождения (а) и перемещения (б) песчаного смерча



Рис. 4. Современные машины и оборудование для приготовления и распределения смачиваемых хлоридов

соли и лед тает. Температура замерзания водных растворов различных солей неодинакова, различна и их плавающая способность.

Основное назначение ПГМ – не прямое устранение наледи и наката, а предотвращение их образования или разрушение целостности их структуры, которое позволяет осуществить механическую уборку льда. Необходимо различать ПГМ, созданные на основе отходов некоторых промышленных производств, и высокочистые ПГМ, произведенные на основе управляемых химических процессов.

Особенности механизма воздействия твердых химически чистых ПГМ на основе хлоридов заключаются в следующем.

Температура замерзания насыщенных растворов (точка эвтектики) NaCl –  $-21,2^{\circ}\text{C}$ , CaCl<sub>2</sub> –  $-51^{\circ}\text{C}$ , MgCl<sub>2</sub> –  $-33,5^{\circ}\text{C}$ , KCl –  $-10^{\circ}\text{C}$ . В процессе плавления льда растворы хлоридов разбавляются, концентрация вещества в растворе падает. Разбавленные растворы имеют температуру замерзания выше, чем концентрированные, и могут замерзнуть, вызывая дополнительную скользкость. Поэтому на практике хлористый натрий рационально использовать при температуре воздуха до  $-10^{\circ}\text{C}$ , хлористый кальций – до  $-34^{\circ}\text{C}$ , композитный гранулированный ПГМ на основе хлористого кальция и натрия – до  $-20^{\circ}\text{C}$ , хлористый магний – до  $-15^{\circ}\text{C}$ , хлористый калий – до  $-4^{\circ}\text{C}$ . При попадании

твердого ПГМ на поверхность образовавшегося на дорожном покрытии льда начинается его растворение и плавление льда в полученном растворе. Скорость таяния льда и снега зависит от скорости растворения солей и эвтектической температуры растворов (температуры начала кристаллизации). Скорость таяния в образовавшемся соляном растворе зависит от диффузии ионов из концентрированного соляного раствора в менее концентрированный. Процесс растворения хлористого натрия идет с поглощением тепла, протекает медленно и после того, как на поверхности кристалла образуется жидкая пленка. Процесс растворения хлористого кальция идет, наоборот, с выделением тепла, что дополнительно увеличивает эффективность его применения.

Скорость растворения соли можно увеличить несколькими способами, например, предварительно смочив хлористый натрий раствором хлористого кальция. Новые технологии смачивания хлористого натрия раствором хлористого кальция (28-32%) основаны на следующих сведениях.

Распределение хлористого натрия может быть эффективно при влажности окружающего воздуха не менее 76%. Поэтому при его распределении при сухой погоде он остается сухим и не взаимодействует с проявлением зимней скользкости.

При проведении сравнительных демонстрационных испытаний хлористого натрия, смоченного непосредственно перед распределением раствором хлористого кальция, установлена эффективность его применения при температурах от  $-10$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Это позволяет расширить температурный диапазон применения для дешевого и доступного ПГМ (хлористого натрия). Полученный эффект можно объяснить тем, что в этом диапазоне работает поверхностный слой

раствора хлористого кальция, при этом частица ПГМ успевает частично внедриться в лед или уплотненный снег и продолжает работать в образовавшейся лунке.

Характерный пример применения современных технологий зимнего содержания автомобильных дорог на основе применения смачиваемого хлористого натрия представлен на рис. 4. На фотографии изображены комплексная дорожная машина с емкостью для хлористого натрия, двумя емкостями для раствора хлористого кальция, точный дозатор, представлены ленточный погрузчик и пункт приготовления раствора хлористого кальция.

Сравнение скорости проникновения в лед сухого ПГМ (слева) и предварительно смоченного (справа) через 30 минут после распределения представлено на рис. 5.

Для предупреждения скользкости следует применять профилактическую обработку дорожного покрытия смоченной солью из расчета  $5-20 \text{ г/м}^2$  в сухом состоянии до начала снегопада или образования гололеда (в соответствии с прогнозом погоды).

На этапе освоения новых технологий зимнего содержания автомобильных дорог рекомендуется промежуточный этап – закупка опытной партии ПГМ и ее применение на выбранном участке автомобильной дороги и только после наглядного подтверждения эффективности нового материала – переход на его более масштабное использование.

Дорожным предприятиям, занимающимся содержанием автомобильных дорог, рекомендуется иметь в зимний период в качестве аварийного запаса 40-60 тонн низкотемпературного ПГМ типа гранулированного хлористого кальция или компактированной смеси хлористого кальция-натрия, модифицированного (ХКНМ). Например, ежегодно дорожное хозяйство Москвы применяет в зимний период до 23 тыс. тонн этих ПГМ.

В качестве основного компонента борьбы с зимней скользкостью рекомендуется рассматривать применение хлористого натрия, смачиваемого раствором хлористого кальция, предварительно приготавливаемого на солейбазе, а также модернизацию распределителей ПГМ точными дозаторами.

**И. Г. Овчинников, д. т. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик транспорта, заведующий кафедрой «Мосты и транспортные сооружения»;**  
**С. П. Аржанухина, аспирант, Саратовский государственный технический университет;**  
**А. В. Кочетков, д. т. н., профессор, академик транспорта, ФГУП «РосдорНИИ»**



Рис. 5. Проникновение в лед сухого и предварительно смоченного ПГМ