

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДВУХФАЗНЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТЬЮ

ТЕКСТ →
П. А. КРИУШИН, А. Ю. КЛИМЕНТОВА,
НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ТРАНСПОРТА

Снижение смертности в результате дорожно-транспортных происшествий в полтора раза в ближайшие пять лет и в два раза к 2036 году по сравнению с показателем 2023 года — одна из ключевых задач, поставленных Президентом Российской Федерации в указе от 7 мая 2024 года «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». Очевидно, что достижение таких амбициозных показателей требует как слаженной работы эксплуатационных служб, так и применения современных технологических решений. А с учетом сложившейся экономической ситуации такие решения должны быть не только эффективны, но и финансово адекватны. Внедрение новых технологий зачастую требует первичных вложений, однако они окупаются в среднесрочной и долгосрочной перспективе, экономя человеческие и технологические ресурсы, а также улучшая комфорт жителей.

Далеко не последнее место в задаче снижения дорожной смертности и аварийности в целом занимает вопрос качества зимнего содержания автомобильных дорог и применяемых материалов для борьбы с зимней скользкостью.

До недавнего времени устоявшимся подходом в данной области в России являлось применение комбинированных противогололедных материалов, или, как принято говорить, песко-соляной смеси (ПСС). Добавлять песок с солью в снег, чтобы он не смерзался под колесами, начали более 100 лет назад, когда улицы городов стали стремительно заполняться людьми и повозками. Повозки сменились современными машинами, скорость движения в городе увеличилась с 10–20 км/ч до 60 и 80 км/ч. Количество автомобилей в России с того момента выросло почти

в 3 000 раз. А методы борьбы с зимней скользкостью остались прежними.

Однако применение ПСС с каждым годом становится все менее популярно. Это связано с несколькими негативными факторами, к которым можно отнести:

- значительное загрязнение территории, что особенно важно в крупных городах с многочисленным населением и высоким уровнем автомобилизации;
- необходимость сбора и утилизации отработанного материала по итогам сезона, требующих значительных затрат как работы машин и механизмов, так и ручного труда, что сопряжено с негативными последствиями для инфраструктуры, в пределах которой ведутся соответствующие работы;
- загрязнение атмосферного воздуха в весенний период, когда дорожники еще не успели убрать остатки ПСС с улично-дорожной сети, и последствия ее применения проявляются в виде пылевых бурь — из-за них врачи каждую весну фиксируют рост числа обращений с аллергиями и обострения заболеваний бронхолегочной системы.

Согласно оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), приведенной в Глобальных рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха в 2021 году, долгосрочное воздействие мелкодисперсных взвешенных частиц (PM_{2.5}) увеличивает риск сердечно-сосудистых и легочных заболеваний, а каждое повышение их концентрации на дополнительные 10 мкг/м³ повышает смертность на 8–15 %. Среди рекомендаций по снижению запыленности воздуха

в городах, которые приводит ВОЗ, — переход на экологичный транспорт, создание зеленых зон и экранирование трасс, снижение промышленных выбросов, обеспыливание дорог и строек, а также отказ при содержании городской инфраструктуры от материалов, увеличивающих загрязнение. Поэтому с каждым годом все больше городов отказываются от применения ПСС. О снижении объемов применения таких смесей задумались даже на федеральном уровне: осенью 2024 года на Всероссийском съезде работников дорожного хозяйства, состоявшемся в рамках ежегодной конференции-выставки «Дорога», делегаты съезда поддержали предложение «о целесообразности проработки вопроса по формированию стратегии снижения объема применения ПСС на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения».

В этой связи на первый план выходят современные противогололедные материалы (ПГМ) на основе чистых хлоридов. Они практически полностью растворяются при контакте со снежно-ледяными образованиями, более эффективно плавят снег и лед, позволяют обеспечить очистку автомобильных дорог в зимний период года до состояния «черного асфальта».

Однако материалы на основе чистых хлоридов дороже, чем классическая песко-соляная смесь, и даже незначительные потери таких материалов в процессе работы в масштабах города или федеральной автомобильной дороги могут вылиться в значительные затраты бюджетных средств. Как избежать потерь столь ценного материала или минимизировать их? Для ответа на этот вопрос Национальная ассоциация зимнего содержания объектов инфраструктуры и транспорта несколько лет назад инициировала комплексные исследования свойств противогололедных реагентов при их распределении по проезжей части автомобильных дорог.

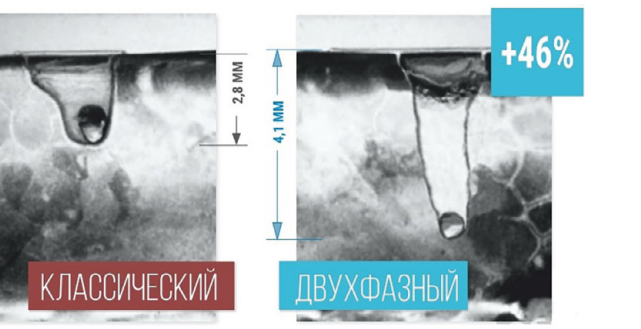
Испытания проводились совместно с двумя ведущими автомобильными институтами страны, МАДИ и РОСДОРНИИ, в отношении двух видов ПГМ: твердых и двухфазных противогололедных реагентов. Основные вопросы, которые были изучены: насколько эффективно материалы плавят лед в первые 10 минут после распределения, сколько ПГМ теряется с дороги при распределении и после распределения за счет сдувания ветром и турбулентными потоками проезжающих автомобилей.

Эффективность плавления исследовали при температуре –15 °С, поскольку при ней в воздухе значительно снижается количество водяного пара, что замедляет процесс

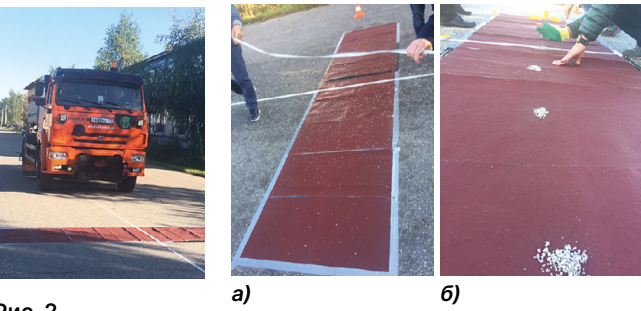
Двухфазный противогололедный реагент — это противогололедный материал, представляющий собой комбинацию двух активных фаз (твердой и жидкой), образующих в совокупности один противогололедный реагент. Состав смешивается на распределительной тарелке комбинированной дорожной машины в процессе распределения и активизирует компоненты для более быстрого плавления льда

плавления льда. Гранулы двухфазного материала оказались почти в два раза быстрее и за 10 минут расплавили вдвое больше льда, чем твердый реагент (рисунок 1).

Моделирование распределения ПГМ в реальных дорожных условиях проводилось на полигоне МАДИ с участием комбинированной дорожной машины, с заданными нормами расхода: для твердого ПГМ — 100 г/м², для двухфазного ПГМ — 104 г/м², в т. ч. 80 г/м² твердой фазы и 24 г/м² жидкой фазы (рисунки 2 и 3).



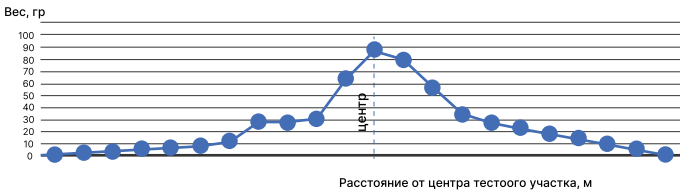
↑ Рис. 1. Глубина проникновения в лед гранул твердого (классического) и двухфазного ПГМ за 10 минут при –15 °С



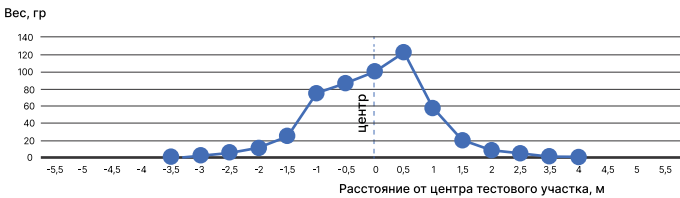
↑ Рис. 2. Процесс распределения ПГМ на тестовом участке

➤ Рис. 3: а) тестовый участок для моделирования распределения ПГМ; б) сбор ПГМ, распределенного по разным зонам тестового участка

Для изучения поведения каждого ПГМ было проведено несколько заездов с распределением материала, его последующим сбором в различных зонах и взвешиванием. При проведении испытаний также замеряли максимальный разлет гранул твердого и двухфазного ПГМ. При заданной ширине распределения в 3 м гранулы двухфазного материала разлетались максимум на 6,5 м, а твердого — на 11,5 м. На основе натурных данных и математического моделирования был построен график распределения ПГМ и рассчитаны средние потери материала при распределении. Графики среднего распределения для твердого и двухфазного ПГМ представлены на рисунках 4 и 5.



↑ Рис. 4
График среднего распределения сухого ПГМ по дорожному полотну



↑ Рис. 5
График среднего распределения смоченного ПГМ (двухфазного) по дорожному полотну

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что только 70 % твердого ПГМ остается в заданной зоне распределения: 25 % материала распределяется неэффективно, то есть выносится за пределы заданной зоны распределения на соседнюю полосу или укрепленную часть обочины. Абсолютные потери при распределении твердого ПГМ составляют 5 % — такова доля материала, вынесенного за пределы покрытия проезжей части и обочины. В то же время при распределении двухфазного ПГМ 93 % материала попадает в заданную зону распределения, 7 % распределяется вне заданной зоны, а абсолютные потери отсутствуют (рисунок 6).

Таким образом, 300 кг из каждой тонны распределяемого сухого твердого реагента теряется уже в процессе обработки дорожного покрытия. Показатель аналогичных



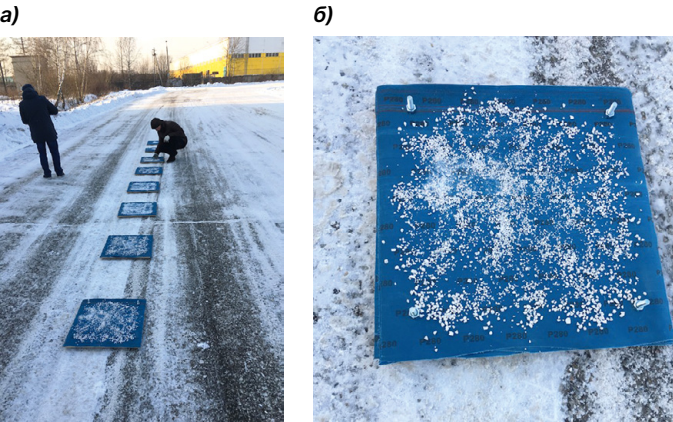
↑ Рис. 6
Равномерность распределения ПГМ в заданной зоне

потерь двухфазных реагентов почти в пять раз меньше: около 70 кг из тонны распределяемого двухфазного материала вылетает за заданную зону распределения. Важно отметить, что сухие твердые гранулы при распределении хаотично отскакивают от поверхности дороги, и при таком поведении материала сократить данные потери не представляется возможным. Двухфазные же материалы при распределении «прилипают» к поверхности, что позволяет сократить потери, скорректировав ширину подачи реагента.

Процесс уноса распределенного материала под действием ветра и турбулентных потоков от проезжающих автомобилей изучался в третьей части исследования. Этот аспект работы с ПГМ особенно важен дорожникам, когда ими выбрана стратегия содержания, направленная не на ликвидацию снежно-ледяных отложений на покрытии проезжей части, а на предотвращение их образования — то есть когда обработка покрытия проводится превентивно, до наступления прогнозируемых неблагоприятных погодных явлений.

В случае превентивной обработки материал распределяется на покрытие проезжей части за 1–2 часа до выпадения осадков. Под воздействием заранее распределенного реагента снежно-ледяные образования не уплотняются, а остаются в талом (рыхлом) состоянии и легко удаляются с проезжей части плужно-щеточным оборудованием. Научно и практически доказано, что превентивный метод содержания наиболее эффективен и экономически выгоднее, чем ликвидация уже выпавшего снега и образованного им наката.

Для имитации воздействия проезжающих транспортных средств на частицы реагента автомобиль проезжал с различной скоростью вдоль специализированных тестовых участков, на которые предварительно был нанесен ПГМ (рисунок 7). Оставшийся на тестовых участках материал собирали и взвешивали, чтобы рассчитать процент потерь материала относительно изначальных значений его массы.



↑ Рис. 7:
а) тестовая площадка для определения уноса ПГМ турбулентными потоками от проезжающего автомобиля; б) один из тестовых участков площадки с нанесенным на него ПГМ

Результаты эксперимента представлены на рисунке 8. Как видно из полученных данных, уже пятая часть распределенного твердого ПГМ уносится турбулентными потоками от автомобиля, проезжающего на скорости 40 км/ч, в то время как двухфазный ПГМ становится подвижным лишь под воздействием воздушного потока от автомобиля, движущегося со скоростью 100 км/ч.

Унос распределенного материала ветром оценивали в лабораторных условиях. Для этого была создана специальная воздушная пушка с возможностью точной регулировки силы воздушного потока и скорости ветра. ПГМ был разделен на фракции, после чего помещался на специальную тестовую площадку, на которую осуществлялось воздействие ветра заданной скорости. Определялся процент сдуваемой фракции с тестовой площадки при заданной скорости ветра. Результаты оценки представлены на рисунке 9 — они демонстрируют, что двухфазный ПГМ оказался намного более устойчив к воздействию воздушных потоков.

Подводя некоторые итоги проделанной работы, следует отметить: полученные данные подтверждают современный международный опыт применения двухфазных ПГМ как одних из самых передовых материалов для борьбы с зимней скользкостью. Использование двухфазных реагентов позволяет не только сократить время на уборку и повысить эффективность выполняемых работ, но и уменьшить потери материала при распределении более чем в четыре раза, а также практически полностью избежать потерь распределенного материала при превентивной обработке. Снижение потерь и уменьшение



↑ Рис. 8
Доля выноса ПГМ за пределы тестовых участков турбулентными потоками от движущегося легкового автомобиля

КЛАССИЧЕСКИЙ ПГМ		ДВУХФАЗНЫЙ ПГМ									
		5 $\frac{M}{C}$		8 $\frac{M}{C}$		10 $\frac{M}{C}$		12 $\frac{M}{C}$		15 $\frac{M}{C}$	
		СЛАБЫЙ ВЕТЕР		УМЕРЕННЫЙ ВЕТЕР		СВЕЖИЙ ВЕТЕР		СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР		КРЕПКИЙ ВЕТЕР	
РАЗМЕР ГРАНУЛ, мм	0-10	0%	0%	9%	0%	64%	0%	73%	0%	100%	21%
	0-2	0%	0%	57%	0%	85%	0%	93%	0%	100%	14%
	2-4	0%	0%	12%	0%	57%	0%	78%	0%	100%	18%
	4-6	0%	0%	8%	0%	45%	0%	70%	0%	100%	40%
	6-10	0%	0%	4%	0%	39%	0%	54%	19%	73%	25%

↑ Рис. 9
Сдувание ПГМ ветром

разлета материала позволяет значительно снизить его экологическое воздействие на придорожные почвы и зеленые насаждения и существенно сэкономить средства, выделяемые на закупку ПГМ в условиях ограниченного бюджетного финансирования.

Переход на двухфазные ПГМ может потребовать дополнительных инвестиций в переоборудование существующего парка техники или дооснащение систем распределения. Однако все вышеуказанные — очевидные — преимущества двухфазных реагентов служат аргументами в пользу их окупаемости в среднесрочной перспективе за счет экономии материала, сокращения числа проходов техники, минимизации ущерба от загрязнения окружающей среды, снижения продолжительности весенней очистки улиц. А снижение количества дорожно-транспортных происшествий и травматизма за счет более эффективной борьбы с зимней скользкостью становится неопределимым достоинством перехода на эти материалы.