

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТЬЮ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

В статье приводятся и анализируются данные о борьбе с зимней скользкостью в США, Норвегии, Финляндии, Швеции, Японии и России. Кроме того, сравниваются зарубежные и отечественные методы борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах.

В разных странах применяются различные методы решения данной проблемы. Например, в США и Канаде дороги обрабатывают хлоридом магния. В США автомобильные дороги оборудованы подогревом, однако это значительно удорожает стоимость и содержание дороги. В Финляндии и Швеции используются как химические реагенты, так и фрикционный метод обработки. Он заключается в том, что дороги посыпают песком или каменной крошкой, однако эффект данного метода сохраняется недолго. В Швеции также используется метод Торгейра Ваа. В Японии борются со скользкостью путем чистки дорог от снега, так как в связи особенностями климата в этой стране снега выпадает немного – и такое решение вполне эффективно. В России основным способом борьбы со скользкостью на внегородских дорогах является фрикционный (комбинированный) метод, а в крупных городах – химический.

Рассмотрим подробнее методы борьбы со скользкостью в США, Норвегии, Финляндии, Японии и России.

Как отмечено выше, в США основным методом борьбы со скользкостью является использование химических материалов. За сезон там используют около 10 млн тонн хлористого натрия и 300 тыс. тонн хлористого кальция [1]. На дорогах с интенсивным движением применяют преимущественно химические

противогололедные материалы, а на дорогах с небольшой интенсивностью – фрикционные материалы.

Учитывая тенденцию к улучшению окружающей среды, в последнее время в США используют новые экологически безопасные противогололедные материалы. К ним относятся СМА, 1 SOIV, Clear Ways и другие. Также с целью защиты окружающей среды внедряют различные мероприятия, такие как антигололедные покрытия типа Verglimit, автоматизированные системы распределения ПГМ типа TMS-2000 другие.

СМА – это гранулированный кальций-магниевый ацетат, распределяемый по покрытию подобно другим противогололедным средствам [2]. Внешне этот материал напоминает

дорожную соль, за счет угловатых частиц он имеет малую подвижность. Выпускаются смеси СМА 20, содержащие 20% дорожной соли, и СМА 40, содержащие 40% дорожной соли. Фактический расход СМА при содержании отдельных объектов США приведен в табл. 1 [1].

Главным достоинством СМА является его низкоррозионные свойства, поэтому этот реагент можно применять на искусственных сооружениях.

Помимо СМА, в США используются в качестве противогололедных материалов хлористый натрий (NaCl), хлористый магний (MgCl₂), хлористый кальций (CaCl), ацетат магния (Mg(CH₃COO)₂), ацетат кальция (Ca(CH₃COO)₂), ацетат калия (KCH₃COO).

При использовании хлорида натрия из соображения наименьшего воздействия на окружающую среду применяют технологию так

Дорожная служба	Месторасположение объекта	Расход СМА		Суточная интенсивность движения, авт./сут
		фунт/миля*	г/м ²	
Дорожный департамент штата Мичиган (США)	Мост Зильвауки	300	24	45 000
Департамент общественных работ штата Миннесота (США)	Маршрут 25	300	24	20 000
Департамент транспорта штата Калифорния (США)	Мост Маммот	375	30	12 000

Табл. 1. Фактический расход СМА при содержании отдельных объектов
* 1 фунт = 0,40951241 кг; 1 миля сухопутная = 1,609 км

называемого «черного» покрытия. Она заключается в добавлении антигололедных материалов в асфальтобетонные смеси, чем предупреждается образование снежно-ледяных отложений.

Для сокращения расхода соли применяется технология «смоченная соль». Преимуществами данной технологии являются улучшение экологии и снижение затрат.

Еще одна технология, распространенная в США, – это предварительная антигололедная обработка, замедляющая образование снежно-ледяных отложений на покрытии. Эта технология широко развита в настоящее время, и она уже приобрела уровень стратегии борьбы со скользкостью на дорогах, в которой используются новейшие технологии: система информации о погодных условиях на дороге (RWIS), прогнозирование погодных и температурных условий на определенных участках дороги, использование более сложного распределительного и снегоочистительного оборудования [1].

Система RWIS является основной составляющей технологии предварительной антигололедной обработки покрытий. В состав системы входят датчики, которые фиксируют температуру, влажность воздуха, направление и скорость ветра, наличие снега, льда и т. д. Затем эти данные передаются на централь-

ный пульт посредством дистанционных процессоров. С помощью этих данных можно составить прогноз образования скользкости на дорогах. Использование данной системы позволяет существенно снизить расход на материалы и трудозатраты.

Второй составляющей технологии предварительной антигололедной обработки покрытий является система поддержки принятия решений MDSS (Maintenance Decision Support System), которая служит для помощи менеджерам в принятии решений. Система выявляет множество возможных решений задачи, при этом выбор окончательного решения остается за человеком. В управлении автомобильными дорогами данная система исследует систему Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда. Важнейшим элементом системы является подсистема имитационного моделирования, с помощью которого можно оценить движение потока на определенном участке дороги, а также рассмотреть поведение каждой конкретной машины.

На территории США используют также тепловой метод борьбы с зимней скользкостью: дороги оборудованы установками по обогреву покрытий естественным теплом Земли. Кроме того, изобретением США является кабельный обогреватель, который укладывается на дорогах перед укладкой асфальтобе-

тона и обеспечивает растапливание снега и льда на покрытии.

В Норвегии периодичность уборки снега строго нормирована. После достижения толщины снегового покрова 2–6 см сухого снега или 2–5 см мокрого снега должна быть осуществлена очистка дорог, при этом максимальное допустимое количество снега может достигать 5–12 см [3]. Для борьбы со скользкостью применяют фрикционный и химический методы. Посыпку дорог песком или солью осуществляют в течение 2–4 часов после того как величина коэффициента сцепления станет меньше 0,25 [3].

От качества содержания дорог зимой напрямую зависит их пропускная способность. По данным исследований [3], мероприятия по борьбе со скользкостью существенно увеличивают среднюю скорость движения на дороге. Результаты приведены в табл. 2 [3].

К инновационным методам борьбы с зимней скользкостью в Норвегии можно отнести применение теплого увлажненного песка. При использовании данного метода можно достичь значения коэффициента трения примерно в 1,5 раза больше, чем при использовании сухого песка. Кроме того, эффект сохраняется несколько дней.

В Финляндии, в отличие от Норвегии, качество зимнего содержания дорог оценивается не только коэффициентом сцепления покрытия и толщиной снежного слоя, но и равномерностью слоя снежного наката. Для уборки снега там используют в основном грузовые автомобили и тракторы. В последнее время стали внедрять снегоуборочные машины с двумя боковыми отвалами для очистки двухполосной дороги одной машиной.

Применение солей для борьбы со скользкостью ограничено. Данный метод используют лишь на небольшой протяженности сети автомобильных дорог (6–7 тыс. км из общей протяженности 78 тыс. км). Наряду с хлоридом натрия исполь-

Исследователь	Мероприятие	Предельная скорость, км/ч	Пределы изменения средней скорости, км/ч
Oberg, 1978 г.	Обработка песком	Неизвестна	+2,4
Ruud, 1981 г.	Посыпка солью	80	+5,1
Oberg, 1981 г.	Уборка снега	90	+(2,0–7,0)
Oberg и др., 1985 г.	Обработка солью	Неизвестна	+(0–2,0)
Oberg и др., 1991 г.	То же	90	+(2,3–5,9)
Sakshaug og Vaa, 1995 г.	То же	80	+4,0

Табл. 2. Влияние мероприятий по борьбе с зимней скользкостью на скорость движения

зуют биоразлагаемый противогололедный материал на участках дорог с близким залеганием грунтовых вод.

С точки зрения зимнего содержания финские дороги делятся на 5 классов: Is, I, Ib, II, III [3]. На дорогах II и III классов для борьбы со скользкостью вместо соли обычно применяют песок для снижения нагрузки химических реагентов на окружающую среду.

В Финляндии, как в США, широко развита система информирования о погодных условиях на дорогах. Это один из важнейших элементов в обеспечении безопасности движения. С помощью снимков из космоса, спутниковых систем GPS осуществляется мониторинг состояния дорожного покрытия, что позволяет вовремя назначить необходимые мероприятия по уборке снега и борьбе со скользкостью.

В Японии все силы по борьбе с зимней скользкостью стараются направить на уменьшение накопления снега на дорогах путем разработки и внедрения снегозадерживающих устройств. Основными показателями эффективности таких устройств являются объем снегоотложений, масса снегозадержания в единицу времени, форма и размер снегоотложений с подветренной и наветренной сторон преград [3]. По данным исследований конструкций снегозадерживающих устройств, разработанных в Японии, Китае, Норвегии, Швеции, Франции, Канаде и России [3], наиболее эффективным оказалось норвежское снегозадерживающее устройство – 4,544 г/(см/мин).

Наряду со снегозадерживающими устройствами в Японии широко применяют покрытия с противогололедными свойствами. Запрет на использование шипованных шин в 1991 году поспособствовал распространению данного метода борьбы со скользкостью в Японии. Противогололедные свойства покрытия достигаются двумя способами: добавлением хлористых солей с адсорбентами в асфальтобетонную смесь, в результате чего лед на поверхности тает под действием хлоридов,

Способ обработки обледенелого покрытия	Коэффициент сцепления (φ) при скорости движения автомобиля, км/ч		
	20	40	60
Без обработки ПГМ	0,09	0,12	0,14
Обработанное песком при расходе, г/м ² :			
100	0,16	0,18	0,20
1100	0,20	0,24	0,26

Табл. 3. Значение коэффициента сцепления на обледенелых покрытиях автомобильных дорог (по данным ОАО «Союздорнии»)

Примечание: измерения произведены непосредственно после обработки обледенелого покрытия

и добавлением в асфальтобетонную смесь эластичных материалов, например, резиновой крошки [3]. Однако подобные мероприятия позволяют лишь облегчить очистку дорог от снега и льда, поскольку сила сцепления льда с покрытием может быть уменьшена на 20–60%. Противогололедные материалы используют также для снижения расхода химических реагентов.

В Швеции для борьбы со скользкостью используют механический, химический и фрикционный методы. За сезон расходуется до 230 тыс. тонн соли, до 190 м³ соляных растворов и до 593 тыс. тонн песка.

В последние годы вследствие развития зимнего содержания дорог в Швеции большое распространение получили новые технологии в этой области. К ним можно отнести новые грузовые автомобили марок Volvo, Mercedes, Skania, системы быстрого крепления VV95 для снегоочистителей и разбрызгивателей, разбрасыватели с GPS-навигацией, новые виды боковых отвалов, дистанционный датчик состояния дорожного покрытия Vaisala, который может производить измерения уровня воды, льда, снега с помощью лазера, а также измерение коэффициента сцепления.

Теперь подробнее остановимся на методе Тойгера Ваа, названном в честь шведского ученого, который предложил этот метод в 2004 году. Суть метода заключается в смешивании песка с горячей водой, который впоследствии разбрызгивается по дороге. Горячая смесь плавит

снег, а после застывания, благодаря песку, поверхность становится шероховатой. Эффект сохраняется от трех до семи дней. Недостатком этого метода является необходимость использования дорогостоящей техники.

В нашей стране на загородных дорогах применяют (в основном) комбинированный метод борьбы со скользкостью. Чисто фрикционный метод применяют реже, поскольку его значительным недостатком является слабое закрепление материалов на покрытии. Кроме того, исследованиями установлено, что при значительном увеличении расхода песка коэффициент сцепления колеса с покрытием повышается весьма незначительно (табл. 3 [1]).

По данным исследований, проведенных в России, было установлено, что наиболее эффективно применение карьерного песка с размером частиц 2–3 мм. Наличие во фрикционном материале глинистых и илистых частиц нежелательно, поскольку это приводит к загрязнению дороги и повышению скользкости на ней.

В настоящее время для достижения большего эффекта используют способ нагрева противогололедных материалов и обработки их хлоридами. Исследования нагретых противогололедных материалов были проведены в 2006 году Санкт-Петербургским государственным архитектурно-строительным университетом [6], и было выявлено, что оптимальная высота макрошероховатости от фрикционных матери-

Вид дорожного покрытия	Состояние покрытия	Коэффициент сцепления ()
Асфальт, бетон	сухое	0,7–0,8
	мокрое	0,5–0,6
	грязное	0,25–0,45
Булыжник, брусчатка	сухое	0,6–0,7
	мокрое	0,4–0,5
Грунтовая дорога	сухое	0,5–0,6
	мокрое	0,2–0,4
	грязное	0,15–0,30
Песок	влажное	0,4–0,5
	сухое	0,2–0,3
Асфальт, бетон	обледенелое	0,09–0,10
Укатанный снег	обледенелое	0,12–0,15
Укатанный снег	без ледяной корки	0,22–0,25
Укатанный снег	обледенелое, после россыпи песка	0,17–0,26
Укатанный снег	без ледяной корки, после россыпи песка	0,30–0,38

Табл. 4. Значение коэффициента сцепления в зависимости от состояния и вида дорожного покрытия

Дорожное покрытие	Коэффициент сцепления
Асфальтобетонное покрытие с тонким слоем ледяной корки (гололед)	0,09–0,10
Укатанный ровный снеговой покров (толщина 50 см) без ледяной корки	0,22–0,25
Укатанный снеговой покров (толщина 50 см) после прохода грейдера	0,24–0,28
Укатанный снеговой покров с обледеневшей поверхностью после россыпи песка по норме 0,1 м ³ на 1000 м ² дороги	0,17–0,19
Укатанный снеговой покров с обледеневшей поверхностью после россыпи песка по норме 0,4 м ³ на 1000 м ² дороги	0,25–0,26
Укатанный снеговой покров (толщиной 50 см) после россыпи песка по норме 0,1 м ³ на 1000 м ² дороги	0,30–0,38

Табл. 5. Значение коэффициента сцепления в зимних условиях

алов должна быть в пределах 1,5–3 мм, глубина закрепления частиц должна составлять не менее 0,5–0,6 их высоты, а наиболее эффективно применение нагрева противогололедных материалов при температуре воздуха ниже –5°С. Кроме того, в качестве материала лучше использовать нагретый щебень с размером зерен 3–5 мм и 5–10 мм.

В 2005 году многие дорожные хозяйства в России были переведены

на химический способ борьбы со скользкостью с целью сокращения затрат и повышения эффективности зимнего содержания дорог. Химические реагенты применяются в жидком, твердом и смоченном виде. К основным химическим противогололедным материалам, применяемым в России, можно отнести:

- хлориды: хлористый кальций модифицированный, ингибированный (жидкий), модифицированный хлористый магний (жидкий и твердый),

хлористый кальций фосфатированный, хлористый натрий кальций модифицированный, технический хлористый натрий карьерный, противогололедный материал на основе хлористого натрия, природные рассолы и промышленные отходы

- ацетаты: «Нордвэй» («Нордикс») – на основе калия (жидкий), «Анти-снег-1» – на основе ацетата аммония (жидкий);
- карбамиды: карбамидно-аммиачная селитра, мочевины;
- нитраты: НКМ (АНС) – на основе нитрата кальция и мочевины (твердый), НКММ – на основе нитрата кальция, магния и мочевины.

Во многих регионах РФ распространен механический способ очистки дорог от снега и льда.

В настоящее время в России развивается системный мониторинг погодных условий и состояния покрытия дорог. Однако данная система не достигла такого развития и таких масштабов, как в США и Финляндии. Для получения необходимого объема информации о дорожно-климатических условиях на федеральной сети дорог необходимо устройство приблизительно 1250 метеостанций, в то время как на сегодняшний день действуют всего 268 метеостанций. Кроме того, эти локальные метеостанции должны быть объединены в единую метеосистему, а для достижения большего эффекта метеосистема должна быть связана с другими источниками метеоинформации, такими как системы погодного мониторинга в других видах транспорта.

Что касается использования химических реагентов, то, сравнивая Россию и Финляндию, при сопоставимой протяженности сети дорог, в России расходуется в 8,4 раза больше реагентов. С точки зрения экономии средств и защиты окружающей среды в России целесообразно уменьшить расход химических веществ путем внедрения новых технологий по борьбе с зимней скользкостью.

В статье [7] рассмотрены изменения коэффициента сцепления в зависимости от различных факторов.

Коэффициент сцепления зависит от скорости движения, погодных условий, давления воздуха в шинах, температуры шин, вида шин. В табл. 4 [7] представлены значения коэффициента сцепления в зависимости от качественных характеристик покрытия дорог.

С увеличением скорости движения коэффициент сцепления снижается. В случае обледенения проезжей части коэффициент сцепления очень мал, в этом случае влияние скорости движения на сцепные качества не значительно. Коэффициент сцепления в зимних условиях, как отмечено выше, зависит от характеристик шин. При увеличении давления воздуха в шинах коэффициент сцепления сначала повышается, а потом убывает. С увеличением температуры шины коэффициент сцепления увеличивается на асфальтобетонном покрытии и уменьшается на цементобетонном. Это связано с тем, что на асфальтобетонном покрытии происходит прилипание шин к покрытию.

Использование шипованных шин так же можно отнести к методам борьбы с зимней скользкостью. Как показывают исследования [8], их применение дает эффект только на ледяном покрытии. Из анализа диаграмм $\varphi - S$ (коэффициент сцепления – относительная скользкость) (рис. 1, 2 [8]) для нешипованной и шипованной шин можно сделать вывод о том, что на сухом и мокром асфальтобетоне использование шипов приведет к уменьшению максимального коэффициента сцепления на 5–10% [8]. На заснеженном покрытии вид диаграммы шипованных шин практически не отличается от вида диаграммы нешипованных шин.

Я.О. Пономарев,
А.Д. Хоружий, магистранты
 Московского государственного
 университета путей сообщения
 Императора Николая II
 (МГУПС (МИИТ))
 (выполнено под руководством
 доцента, к.т.н.
Николая Лушников)

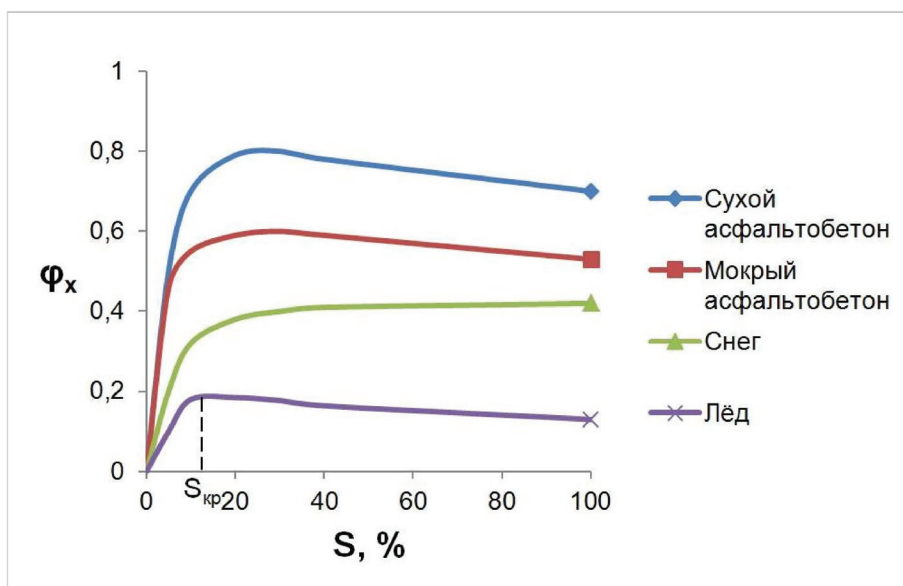


Рис. 1. Диаграммы $\varphi - S$ для зимних нешипованных шин [8]

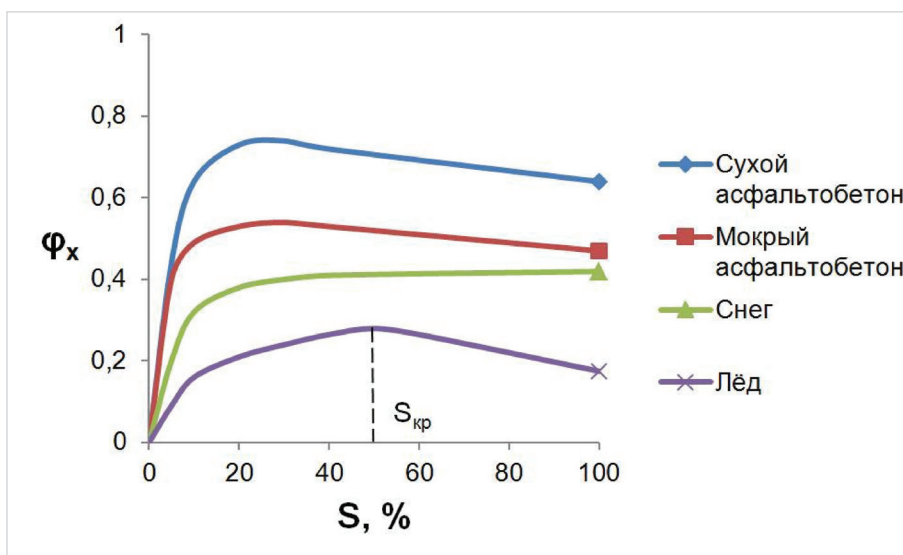


Рис. 2. Диаграммы $\varphi - S$ для зимних шипованных шин [8]

Литература

1. Автомобильные дороги и мосты. Противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах. Обзорная информация. Вып. 4. Федеральное дорожное агентство министерства транспорта Российской Федерации. Москва, 2006.
2. Svedova D., Kovuc R. Winter maintenance on urban roads: X PIARC International Winter Road Congress: Technical Report, Lulea, Sweden, 16-19 march 1998. Lulea, 1998. Vol. 3.
3. Васильев А.П., Ушаков В.В. Анализ современного зарубежного опыта зимнего содержания дорог и разработка предложений по его использованию в условиях России. М.: ФГУП «ИН-ФОРМАВТОДОР», 2003.
4. Зимнее содержание дорог в России и за рубежом // Российский информационно-технический журнал, № 1, 2012.
5. Зимнее содержание автомобильных дорог / Г.В. Бялбужеский, А.К. Дюнин, Л.Н. Плакса и др. М.: Транспорт, 1983.
6. Максименко К.Д. Применение нагретых фрикционных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог: Автореф. дис. канд. техн. наук. СПб, 2005.
7. Евтюков С.А., Евтюков С.С. Параметры, влияющие на сцепные качества покрытий автодорог // Вестник «Технические и физико-математические науки», 2013.
8. Кристальный С.Р., Попов Н.В. Проблемы эффективности действия антиблокировочных систем на автомобилях, оснащенных шипованными шинами. Материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобилестроение и тракторостроение в России: Приоритеты развития и подготовка кадров», 2012.