



УДК: 693.78

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

В.М. Дудин, А.Э. Окутин, Н.С. Смекалов

Владимир Михайлович Дудин

Кафедра гидротехнического и дорожного строительства, Ярославский государственный технический университет, ул. Кривова, 40, Ярославль, Российская Федерация, 150048

E-mail: dudinvm@ystu.ru

Артём Эдуардович Окутин

Кафедра гидротехнического и дорожного строительства, Ярославский государственный технический университет, ул. Кривова, 40, Ярославль, Российская Федерация, 150048

E-mail: okutin1997@mail.ru

Никита Сергеевич Смекалов

Кафедра гидротехнического и дорожного строительства, Ярославский государственный технический университет, ул. Кривова, 40, Ярославль, Российская Федерация, 150048

E-mail: nikitasmekalov@gmail.com



В зимний период происходит интенсивное обледенение поверхности автомобильных дорог, что приводит к ухудшению безопасности дорожного движения. Для обеспечения безопасного движения используются мероприятия зимнего содержания – обработка поверхности покрытия химическими реагентами, что может наносить ущерб окружающей среде. Для снижения негативного воздействия реагентов и обеспечения безопасности дорожного движения перспективным является включение антигололёдных добавок в состав асфальтобетона, что приводит к таянию льда на покрытии или снижению сцепления льда с асфальтобетоном, который может быть убран щётками снегоуборочных машин. В предложенной работе рассматривается влияние технической соли на основные свойства асфальтобетона, при частичной или полной замене минерального порошка в щебёночно-мастичной асфальтобетонной смеси.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, зимнее содержание, безопасность, противогололёдная добавка в асфальтобетон, основные свойства асфальтобетона

Для цитирования:

Дудин В.М., Окутин А.Э., Смекалов Н.С. Повышение безопасности асфальтобетонного покрытия. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. №. 2. С. 56-63 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V2N2_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_2_56



UDC: 693.78

IMPROVING THE SAFETY OF ASPHALT PAVEMENT

V.M. Dudin, A.E. Okutin, N.S. Smekalov

Vladimir M. Dudin

*Department of Hydraulic Engineering and Road Construction, Yaroslavl State Technical University, Krivova st., 40,
Yaroslavl, 150048, Russia*

E-mail: dudinvm@ystu.ru

Artyom E. Okutin

*Department of Hydraulic Engineering and Road Construction, Yaroslavl State Technical University, Krivova st., 40,
Yaroslavl, 150048, Russia*

E-mail: okutin1997@mail.ru

Nikita S. Smekalov

*Department of Hydraulic Engineering and Road Construction, Yaroslavl State Technical University, Krivova st., 40,
Yaroslavl, 150048, Russia*

E-mail: nikitasmekalov@gmail.com



In winter, there is an intense icing of the surface of highways, which leads to a deterioration in road safety. To ensure safe movement, winter maintenance measures are used – treatment of the pavement surfaces with chemical reagents, which can cause damage to the environment. To reduce the negative impact of reagents and ensure road safety, it is promising to include anti-ice additives in the composition of asphalt concrete, which leads to the melting of ice on the surface or to reduce the adhesion of ice to asphalt concrete, which can be removed by snowblower brushes. The proposed work deals with the influence of technical salt on the basic properties of asphalt concrete, with partial or complete replacement of mineral powder in the crushed stone-mastic asphalt concrete mixture.

Key words: *asphalt concrete coating, winter maintenance, safety, anti-icing additive in asphalt concrete, basic properties of asphalt concrete*

For citation:

Dudin V.M., Okutin A.E., Smekalov N.S. Improving the safety of asphalt pavement. Smart Composite in Construction. 2021. Vol. 2. No 2. P. 56-63 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V2N2_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_2_56



ВВЕДЕНИЕ

В условиях климата большей части России (среднесуточная температура в зимний период которого ниже 0 °С) наблюдается обледенение поверхности автодороги, что приводит к увеличению транспортных происшествий и снижению скоростного режима. Главная проблема – безопасность движения при появлении гололеда на покрытии дороги.

Для повышения безопасности дорожного движения в зимнее время используются различные методы борьбы с гололедом. Они обладают определенными преимуществами и недостатками. В Австрии, Финляндии, Германии используют фрикционный метод, соединяя песок и каменную крошку, и обрабатывают полученным составом дороги и тротуары. Эта технология довольно экологична, но такая смесь задерживается на покрытии не более чем на полчаса [1].

В Канаде, США используют хлорид магния ($MgCl_2$). Это очень эффективный реагент, но он гораздо дороже, чем техническая соль. Хлорид магния вызывает более сильную коррозию металлов [1].

В Швеции используют смесь песка с горячей водой температурой 90–95 °С и распределяют на улицах и дорогах. Горячий песок плавляется в лёд и делает поверхность шероховатой. Этой обработки хватает на 4–6 дня или пока не пройдет новый снегопад [1].

В России широко применяется обработка при помощи соли ($NaCl$), а также пескосольной смесью, которая состоит из песка и соли в соотношении примерно 3 к 1. Такой способ борьбы с гололедом относительно дешевле, однако имеет массу недостатков: частицы этой смеси свободно разносятся ветром по округе и в достаточно большом количестве попадают на сельскохозяйственные поля; пескосольная смесь является достаточно агрессивной, способствует быстрой коррозии кузовов автомашин, не говоря уже о пешеходах, подошва обуви быстро разъедается реагентами; песок, попадая в ливневую канализацию, забивает её, поэтому такой метод повышения безопасности движения в крупных городах стараются не использовать.

Зимняя скользкость, образующаяся на дорогах, значительно снижает безопасность движения автомобилей, являясь причиной 50–60% дорожно-транспортных происшествий, связанных с неблагоприятными условиями, хотя продолжительность такого состояния составляет всего 15–20% за весь зимний период [2].

В настоящее время в РФ и за рубежом выполняются исследования и экспериментальная проверка возможности использования в качестве материала покрытий автомобильных дорог антигололедных асфальтобетонов [2].

Экспериментальными исследованиями установлено, что добавка в состав асфальтобетона 5% немолотой технической соли обеспечивает высокие противогололедные свойства асфальтобетонных покрытий. Экспериментально доказано расширение интервала пластичности битума в асфальтобетоне в присутствии антигололедных добавок. Это позволяет прогнозировать надежность работы покрытий из антигололедного асфальтобетона в более широком интервале температур [3].

Российскими учёными были проведены исследования по применению в дорожном строительстве антигололедной добавки, полученной совместным помолом карбонатной породы известняка, смеси хлоридов и водорастворимых фосфатов щелочных и щелочноземельных металлов [4].

При добавке такого минерального порошка вместо традиционного из доломитовой муки наблюдалось повышение прочности и теплостойкости покрытий [5].

В России учёными разработаны противогололедный наполнитель «Грикол» и технология его применения в составах асфальтобетонных смесей для придания покрытию антигололедных свойств. Использование такой добавки защищает покрытие от гололеда в течение 5–6 лет [6]. При взаимодействии снега, льда с наполнителем «Грикол» на поверхности образуется незамерзающий раствор, ослабляющий сцепление снежно-ледяного образования с покрытием [7]. При производстве асфальтной смеси достаточно добавить в нее всего до 6% соли ($NaCl$), и такое дорожное покрытие сможет своими собственными силами бороться с образующейся наледью [8]. Оптимальное количество битума в составах асфальтобетонной смеси необходимо уточнять в каждом конкретном случае на основе результатов лабораторных испытаний [9].

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в России действуют новые ГОСТы на асфальтобетонные смеси, это ГОСТ 58406.1-2020 и ГОСТ 58406.2-2020, а также ранее принятые – ГОСТ 31015-2002 и ГОСТ 9128-2013, поэтому необходимы исследования по применению добавок технической соли в составе асфальтобетонной смеси для новых технических требований, а также сравнение полученных результатов с ранее принятыми техническими требованиями.

В лаборатории дорожного хозяйства ЯГТУ проведены экспериментальные исследования по добавке технической соли в состав щебёночно-мастичного асфальтобетона типа ЩМА-8 по ГОСТ 58406.1-2020 при частичной и полной замене минерального порошка.

Для проведения испытаний были использованы составы 1, 2, 3 без добавления противогололедной добавки, составы 4, 5, 6 имели 50% противогололедной добавки и 50% минерального порошка, а составы 7, 8, 9 имели полностью замененный минеральный порошок противогололедной добавкой. Исследования проводились при температуре (20 ± 2) °С. Результаты приведены на рис. 1–4.

При определении объёмной плотности по ГОСТ 58401.10-2019 было отмечено, что добавка технической соли приводит к уменьшению плотности асфальтобетона за счёт уменьшения количества минерального порошка (рис. 1). Насыпная плотность технической соли составляет $1,24 \text{ т/м}^3$, а минерального порошка – $1,89 \text{ т/м}^3$.



Рис. 1. Объемная плотность образцов
Fig. 1. Bulk density of samples

Добавка технической соли незначительно увеличивает прочность асфальтобетона на сжатие, что можно объяснить повышением вязкости битумного вяжущего при воздействии на него соли (рис. 2). Следует отметить, что все сформованные образцы имеют прочность на сжатие выше 2,5 МПа, рекомендованного ГОСТ 9128-2013. Данный показатель не является основным по ГОСТ 58406.1-2020, однако было принято решение выполнить его определение.

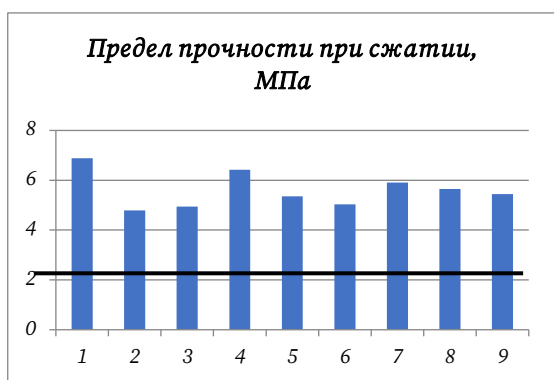


Рис. 2. Предел прочности при сжатии
Fig. 2. Compressing strength

Испытание на водонасыщение проводилось с использованием вакуумной установки. Обработка результатов показала, что полная замена минерального порошка на техническую соль приводит к существенному снижению водонасыщения (рис. 3) и повышению водостойкости асфальтобетона (рис. 4). Водонасыщение всех образцов было ниже рекомендуемых по ГОСТ 31015-2002, а коэффициент водостойкости образцов был выше допустимого значения, рекомендованного ГОСТ 31015-2002, которое не должно быть ниже 0,75. По ГОСТ 58406.1-2020 значение коэффициента водостойкости не должно быть ниже 0,85. Этому показателю соответствуют составы, у которых была произведена полная замена минерального порошка на противогололёдную добавку.

Дальнейшие испытания были проведены по изучению образования наледи на поверхности асфальтобетона с различным содержанием технической соли в образцах асфальтобетона при температуре минус (20±2) °С.

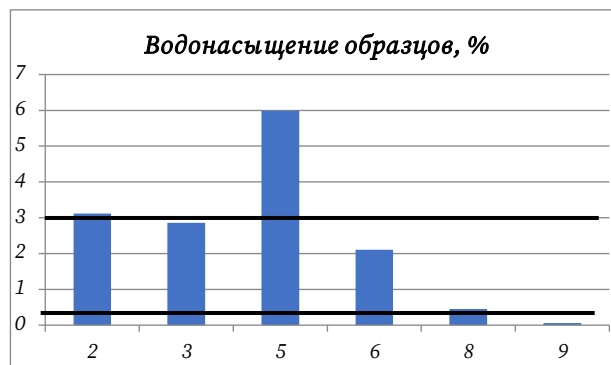


Рис. 3. Водонасыщение образцов
Fig. 3. Water saturation of samples

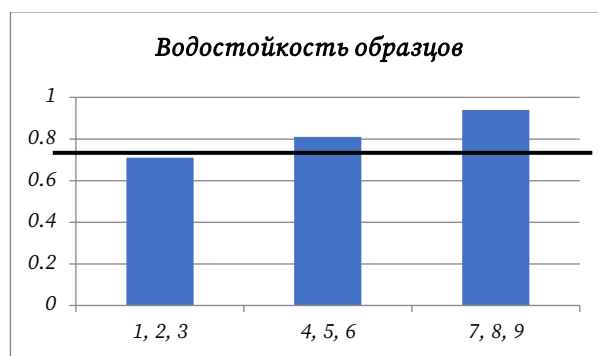


Рис. 4. Водостойкость образцов
Fig. 4. Water resistance of samples

На рис. 5 показан цикл заморозки образцов, предварительно смоченных водой. Данное исследование показало, что на образцах под номерами 1 (без противогололёдной добавки) и 2 (замена 50% минерального порошка на противогололёдную добавку) через 15 минут при температуре минус (20±2) °С образовалась корка льда, на третьем образце (минеральный порошок заменён на противогололёдную добавку полностью) тонкая корка льда образовалась лишь через 1,5 часа. По истечении 24 часов заморозки все образцы обледенели, однако с третьего образца корку льда легко было счистить щёткой. Также было проведено еще несколько циклов по заморозке и оттаиванию образцов.



Рис. 5. Цикл заморозки образцов
Fig. 4. Sample freeze cycle



РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведения экспериментальных исследований были получены следующие результаты:

- образцы асфальтобетонной смеси по объемной плотности, прочности на сжатие, водонасыщению, водостойкости отвечают требованиям ГОСТ 31015-2002 и ГОСТ 58406.1-2020;

- результаты проведенных исследований показали, что введение добавки NaCl в асфальтобетонную смесь не ухудшает такие показатели, как плотность, прочность. При этом видна положительная динамика роста водостойкости образцов на 20% и заметно снижается показатель водонасыщения с 2 до 0,4%;

- исследование образцов по работе противогололедной добавки показало, что замена традиционного минерального порошка противогололедной добавкой увеличит сцепление автомобильных колес с покрытием автодороги при температуре до -10°C , а при более низкой температуре облегчит очистку покрытия за счёт уменьшения адгезии образовавшегося льда к поверхности асфальтобетонного покрытия и снизит расход реагентов при зимнем содержании автомобильных дорог.

ВЫВОДЫ

Применение хлористого натрия вместо минерального порошка в исследованных соотношениях не ухудшают основные свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Изготовление асфальтобетонных смесей с добавлением противогололедной добавки технической соли является перспективным направлением, так как это снижает затраты на зимнее содержание автомобильных дорог. Требуется продолжение научных исследований по проверке ранее полученных рекомендаций по введению противогололедных добавок в асфальтобетонные смеси при использовании технических требований новых ГОСТов. Рис. № – название рисунка

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дудин В.М., Игнатьев А.А.** Зимнее содержание автомобильных дорог: Монография. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ. 2019. 211 с.
2. **Котухов А.Н., Духовный Г.С.** Некоторые особенности асфальтобетона с добавками технической соли, обладающего противогололедными свойствами. Современные проблемы строительного материаловедения: Седьмые академические чтения РААСН. Белгород. 2001. С. 121-124.
3. **Исаев А.В., Салихов М.Г.** Исследование антигололедных и физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонов с противоморозными добавками. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 1. С. 296-301.
4. **Ковалев Н.С., Отарова Е.Н.** Асфальтобетонные покрытия с модифицированным противогололедным минеральным порошком. Модели и технологии

природообустройства (Региональный аспект). 2016. №2. С. 70-79.

5. **Ковалев Н.С., Ромасев В.И., Князев В.А.** Асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог с противогололедными компонентами. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Дорожно-транспортное строительство. 2007. № 5. С. 135-141.
6. **Ковалев Н.С.** Улучшение экологии водных ресурсов. Международная научно-практическая Интернет-конференция «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования», посвященная 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». с. Соленое Займище: ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», 2016. С. 299-301. URL: <http://pni-iaz.ru/d/778105/d/0.titulnyylist.pdf>
7. **Ковалев Н.С., Ромасев В.И., Князев В.А.** Уменьшение скользкости асфальтобетонных покрытий в зимний период времени. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2007. № 7. С. 117-123.
8. **Ромасев В.И.** Адгезионные свойства асфальтобетонных покрытий с противогололедным минеральным порошком. Библиографический указатель депонированных работ / РОССТРОЙ ФГУП ВНИИНТПИ. 2006. № 1. Регистр. номер 12024. 14 с.
9. **Розов Ю.Н., Розов С.Ю., Френкель О.В.** Противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах: обзорная информация. М.: ФГУП «Информавтодор». 2006. 104 с.

Поступила в редакцию 16.06.2021

Принята к опубликованию 21.06.2021

REFERENCES

1. **Dudin V.M., Ignatiev A.A.** Winter maintenance of automobile roads. Yaroslav: Izdat. dom YAGTU. 2019. 211 p. (in Russian).
2. **Kotukhov A.N., Duhovnyj G.S.** Some features of asphalt concrete with additives of technical salt, which has anti-icing properties. *Sovremennye problemy stroitel'nogo materialovedeniya: Sed'mye akademicheskie chteniya RAASN. Belgorod.* 2001. S. 121-124. (in Russian).
3. **Isaev A.V., Salihov M.G.** Investigation of anti-ice and physico-mechanical properties of crushed stone-mastic asphalt concrete with antifreeze additives. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta.* 2010. N 1. P. 296-301 (in Russian).
4. **Kovalev N.S., Otarova E.N.** Asphalt concrete coatings with modified deicing mineral powder. *Modeli i tekhnologii prirodobustroystva (Regional'nyj aspekt).* 2016. N 2. P. 70-79 (in Russian).
5. **Kovalev N.S., Romasev V.I., Knyazev V.A.** Asphalt-concrete road coverings with anti-icing components. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Dorozhno-transportnoe stroitel'stvo.* 2007. N 5. P. 135-141 (in Russian).



6. **Kovalev N.S.** *Improving the ecology of water resources. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya Internet-konferenciya «Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoj sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya», posvyashchennaya 25-letiyu FGBNU «Prikaspijskij nauchno- issledovatel'skij institut aridnogo zemledeliya». s. Solenoe Zajmishche: FGBNU «Prikaspijskij nauchno- issledovatel'skij institut aridnogo zemledeliya». 2016. P. 299-301. URL: <http://pniiaz.ru/d/778105/d/0.titulnyylist.pdf> (in Russian).*
7. **Kovalev N.S., Romasev V.I., Knyazev V.A.** *Reducing the slipperiness of asphalt concrete surfaces in winter. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2007. N 7. P. 117-123 (in Russian).*
8. **Romasev V.I.** *Adhesive properties of asphalt concrete coatings with deicing mineral powder. Bibliograficheskij ukazatel' deponirovannyh rabot / ROSSTROY FGUP VNIINTPI. 2006. № 1. Registr. nomer 12024. 14 p. (in Russian).*
9. **Rozov Yu.N., Rozov S.YU., Frenkel' O.V.** *Deicing materials for combating winter slipperiness on highways and city streets. Overviewinformation. M.: FGUP «Informavtodor». 2006. 104 p. (in Russian).*

Received 16.06.2021

Accepted 21.06.2021