



Издаётся
с 1927 года

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

№ 12 (997) ДЕКАБРЬ 2014

www.avtodorogi-magazine.ru



**Устанавливая новые стандарты,
выполняя требования клиентов!**

- Мобильные, транспортабельные и стационарные асфальтобетонные заводы 60-400 т/ч
- Мультитопливные горелки
- Битумные емкости и теплообменники термального масла
- Установки для производства модифицированного битума
- Установки для производства битумных эмульсий
- Оборудование для приготовления и транспортировки литого асфальта
- Дробильные установки для вторичного асфальта и системы для горячего и холодного ресайклинга
- Компьютерное управление с системами диагностики ошибок
- Модернизация асфальтобетонных заводов, поставка компонентов и запасных частей к ним



ООО «БЕННИНГХОФЕН РУСЛАНД»

Россия, 125438, Москва, ул. Михалковская, 63 Б, стр. 4
Тел. +7 495 937 56 37, +7 495 617 02 12. Факс +7 495 937 56 38
info@benninghoven.ru

100 % сделано в Германии

www.benninghoven.ru

ТЕМА НОМЕРА

**ЛИКВИДАЦИЯ
КОЛЕЙНОСТИ**

стр. 66



КАК УЛУЧШИТЬ СТОЙКОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНА?

О.А. Воейко, к.т.н., доцент
Ю.Э. Васильев, д.т.н., профессор
И.В. Субботин, к.т.н.
Д.С. Царьков, аспирант МАДИ

При недостаточной коррозионной устойчивости асфальтобетонных покрытий наблюдается возникновение деформаций и разрушений под воздействием механических напряжений от транспортных средств и агрессивных растворов. Это приводит к снижению сроков службы асфальтобетонных дорожных покрытий.

Проектировать дорожные асфальтобетонные покрытия необходимо с учетом особенностей климатических и эксплуатационных условий. В частности, важным фактором, влияющим на параметры асфальтобетонного покрытия, является необходимость применения в условиях нашей страны в осенне-зимний период противогололедных реагентов.

В ВСН 20-87 «Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах» было указано, что хлористые соли не оказывают вредного воздействия на асфальтобетонные покрытия. В то же время этот документ запрещал применение хлоридов и пескосольной смеси на цементобетонных покрытиях в раннем возрасте – в течение одного года с момента закладки цементобетонной смеси, приготовленной с воздухововлекающими добавками.

В действующих в настоящее время ОДН 218.2.027-2003 «Требования к противогололедным материалам» указано, что химические противогололедные реагенты должны не увеличивать экологическую нагрузку на окружающую природную среду и не оказывать токсичного действия на человека и животных, а также не вызывать увеличения агрессивного воздействия на металл, бетон, кожу, резину. При этом о возможном негативном воздействии на асфальтобетонные покрытия в этом документе ничего не сказано.

Долговечность асфальтобетонных покрытий обусловлена его

способностью сопротивляться комплексу механических, физических и химических факторов, связанных в том числе с изменением температуры и влажности, действием различных растворов солей, газов, совместным воздействием попеременного замораживания и оттаивания, растворов противогололедных реагентов. При недостаточной коррозионной устойчивости асфальтобетонных покрытий наблюдается возникновение деформаций и разрушений под воздействием механических напряжений от транспортных средств и агрессивных растворов антигололедных реагентов, что приводит к снижению сроков службы асфальтобетонных дорожных покрытий.

Большинство из наиболее широко распространенных известных антигололедных реагентов взаимодействует с компонентами асфальтобетона, разрушая его структуру и снижая его основные эксплуатационные характеристики. Эти процессы происходят вследствие повышения концентрации полярных групп и растворимости отдельных компонентов битума, что приводит к изменениям в групповом составе вяжущего, а следовательно, и в его свойствах, или за счет уменьшения краевого угла смачивания, что с течением времени приводит к химическому взаимодействию между раствором реагента и тонкодисперсным наполнителем (как правило, известняковым минеральным порошком) с последующим вымыванием растворимых продуктов реакции

карбоната кальция. Кроме того, наряду с общей высокой минерализацией дорожных осадков с остатками реагентов их агрессивность по отношению к асфальтобетону во многом обусловлена повышенным рН, величина которого может достигать 8,2 (рН исходных ПГР равен 8,5). За счет повышенной щелочности солевой раствор остатков реагентов растворяет многие органические соединения, в том числе масла и другие нефтепродукты. По этой причине может происходить ускоренное старение входящего в состав асфальтобетона битума.

Наиболее распространенными методами улучшения коррозионной стойкости асфальтобетонных покрытий являются способы, основанные на введении в систему асфальтобетона адгезионных ПАВ, и активация поверхности минеральных наполнителей механическими методами или с помощью введения в состав известия, цемента и тому подобное. Данные методы направлены в первую очередь на повышение адгезии битума, что позволит предотвратить попадание воды и растворов солей и реагентов между вяжущим и поверхностью зерен минерального материала, таким образом не допуская вымывания карбоната кальция из минерального порошка. Но большинство ПАВ обладают высокой стоимостью и приводят к удорожанию смеси и усложнению производственного процесса.

Перспективным направлением, позволяющим значительно по-

всыпать коррозионную стойкость асфальтобетона без применения ПАВ, является введение в состав композита элементов, не вступающих в реакции с солями и реагентами, формирующих защитную сетку для уязвимых к коррозии компонентов асфальтобетона. В качестве такого материала может быть эффективно использована техническая сера.

Реакционная способность технической серы в кристаллическом состоянии невелика — большинство твердофазных реакций с ее участием, кроме реакции с фтором, хлором и ртутью, кинетически замедлены. Сера вступает в реакции с кислородом, галогенами, водородом, другими неметаллами, металлами. Из сложных веществ — с щелочами, кислотами-окислителями. Большинство реакций серы протекает при повышенной температуре. Применение серы в качестве компонента битумного вяжущего позволяет не только на 20–30% снизить содержание битума, но и повысить его качество. Кроме того, введение серы в асфальтобетонную смесь позволяет снизить технологическую температуру производства асфальтобетонной смеси, что дает возможность относить сероасфальтобетон к «теплым асфальтам», представляющим собой наиболее перспективные материалы в дорожном строительстве за рубежом за счет более высокой экологичности. При этом, так как сера является попутным продуктом технологических процессов газо- и нефтеочистки, ее стоимость значительно ниже стоимости битума (являющегося самым затратным компонентом смеси, за исключением добавок), поэтому введение серы позволяет существенно снизить затраты на производство асфальтобетонных смесей.

При химическом взаимодействии серы и битума образуются сероуглеродные связи в результате реакций серы с ненасыщенными

углеводородными компонентами смол и алкенов. В результате реакций наблюдается снижение содержания смол и увеличение концентрации высокомолекулярных соединений, ведущих к увеличению содержания дисперсной фазы в вяжущем. Решающим фактором при взаимодействии серы с битумом является температура. Олигомеры, содержащиеся в битуме, начинают реагировать с серой при температуре выше 130 °С, насыщенные соединения — при температуре 140–150 °С.

Температура приготовления сероасфальтобетонных смесей не должна превышать 160 °С, что исключает эмиссию токсичных для человека газов сероводорода и диоксида серы.

Сера присутствует в серобитумном вяжущем в трех состояниях: химически связанной, растворенной в битуме, свободной кристаллической тонкодисперсной. Каждый вид серы обладает различными свойствами в составе серобитумного вяжущего и влияет на свойства композита, изготовленного на его основе. При добавлении серы в битум в количестве 20–30 процентов по массе, она не может полностью прореагировать с ним и выступает в битуме в виде мельчайших диспергированных кристаллических частиц диаметром около 0,1 мкм. Такая сера выполняет в битуме роль дополнительного тонкодисперсного структурообразующего наполнителя. Содержание кристаллической фракции серы при этом может составлять более половины всего количества добавляемой серы, а эффективность наполнения растет с уменьшением вязкости битума. Величина частиц серы, не растворенной в битуме, оказывает существенное влияние на свойства серобитумного вяжущего. В частности, такая сера может повышать коррозионную устойчивость асфальтобетона, так как в твердом состоянии ее реакционная способность невысока.

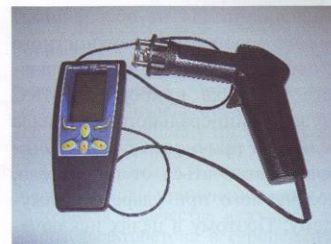


Рис. 1. Прибор ОНИКС

Для проверки этого были выполнены сравнительные исследования коррозионной стойкости асфальтобетона на обычном битуме и асфальтобетона, изготовленного на вяжущем, в котором 30% битума замещено серой. В качестве показателя, характеризующего коррозионную стойкость, принята поверхностная прочность асфальтобетонных образцов, определяемая с помощью электронного склерометрического прибора ОНИКС-2.5 (рис. 1). Принцип работы прибора основан на корреляционной зависимости параметров ударного импульса от упруго-пластических свойств испытываемого материала.

Эффективность данного прибора для оценки изменений прочности асфальтобетонов подтверждена исследованиями, также современные методы неразрушающего контроля и обработки данных измерений показателей качества дорожно-строительных материалов эффективно применяются при оценке свойств цементных бетонов.

Кроме того, применение неразрушающего метода определения поверхностной прочности позволяет выполнять измерения на одних и тех же образцах на протяжении всего эксперимента.

Для корректной работы прибора необходимо обеспечить однородный и ровный поверхностный слой образца. В случае цементобетона условие однородности достигается за счет цементного камня, однако в случае асфальтобетона битум между частица-

ми наполнителя не обеспечивает той же прочности поверхностного слоя. В этом случае при попадании ударника прибора ОНИКС по зерну минерального материала величина прочности будет значительно отличаться от показателя, получаемого при ударе по вяжущему. Поэтому в целях исключения влияния неоднородности поверхностного слоя асфальтобетона для эксперимента была принята песчаная асфальтобетонная смесь типа Г следующего состава: песок из отсевов дробления – 82,5%, минеральный порошок – 17,5%, и вяжущее – 7%. Для эталонного состава в качестве вяжущего применялся битум марки БНД 60/90, для экспериментального состава вяжущее включало 70% битума и 30% модифицированной серы. Такой состав позволяет получать сопоставимые значения при ударе по любой точке поверхности.

В процессе проведения испытаний образцы асфальтобетона погружались в раствор противогололедного реагента, после чего подвергались попеременному замораживанию при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и оттаиванию. В качестве тестовых сред применялись вода, 5%-ный раствор NaCl как наиболее часто применяемая соль, входящая в состав большинства реагентов, и 5%-ный раствор антигололедного реагента на основе сочетания солей NaCl, CaCl и KCl.

Измерение поверхностной прочности образцов осуществлялось до выполнения процедуры замораживания-оттаивания, а также после 20 и 50 циклов замораживания-оттаивания. Каждый образец подвергался измерениям в пяти точках. Результаты оценки изменения прочности представлены на рис. 2 и 3.

Для сероасфальтобетона не наблюдается значительного снижения прочностных характеристик при использовании агрессивных сред. В том числе для нескольких образцов отмечен некоторый при-

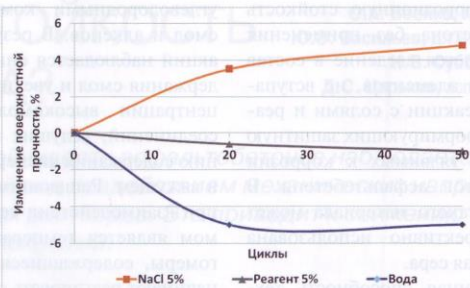


Рис. 2. Изменение поверхностной прочности сероасфальтобетонных образцов после 20 и 50 циклов замораживания-оттаивания

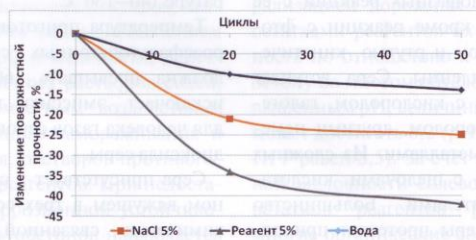


Рис. 3. Изменение поверхностной прочности эталонных асфальтобетонных образцов после 20 и 50 циклов замораживания-оттаивания

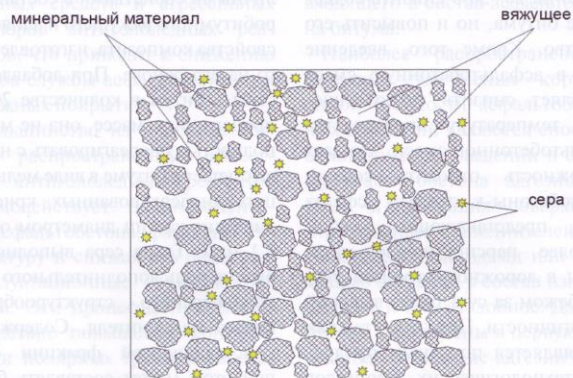


Рис. 4. Структура сероасфальтобетона

рост поверхностной прочности, что может быть объяснено включением кристаллов не прореагировавшей соли в поверхностный слой сероасфальтобетона.

Из результатов также видно, что прочность эталонных образцов уменьшается по сравнению с исходными величинами, причем эффект увеличивается в случае

применения растворов солей и реагентов.

Повышенная устойчивость сероасфальтобетона к воздействию агрессивных сред подтверждает гипотезу о том, что часть серы, находящейся в составе асфальтобетона в кристаллическом, химически малоактивном состоянии, повышает стойкость мате-

риала к воздействию солей и реагентов. Такие кристаллы серы играют роль дополнительного наполнителя, при этом формируя в структуре асфальтобетона химически неактивную сеть, защищающую от воздействия агрессивных сред (рис. 4)

Приведенные данные доказывают, что ПГР вызывают существенную деградацию поверхностной прочности асфальтобетона.

Последействие определяет более интенсивное разрушение поверхностного слоя дорожного покрытия под действием истирания со стороны автомобильных шин и прежде всего шипованных шин.

При этом наблюдается как процесс абразивного износа, так и коррозионного износа (рис. 5 и 6).

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

– коррозионная устойчивость асфальтобетонов оказывает значительное влияние на срок службы и качество дорожных покрытий и прежде всего их износостойкости;

– растворы солей, входящих в состав антигололедных реагентов, оказывают разрушающее

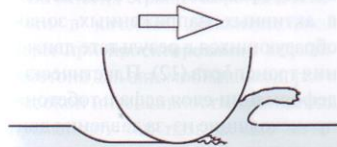


Рис. 5. Абразивный износ

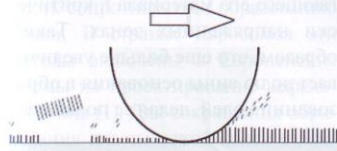


Рис. 6. Коррозионный износ

воздействие как на органическое вяжущее, входящее в состав асфальтобетонных смесей, так и на минеральный наполнитель, в частности минеральный порошок;

– в качестве способа повышения коррозионной стойкости асфальтобетона может быть использовано введение технической серы в состав вяжущего;

– результаты экспериментов показывают, что сероасфальтобетон обладает повышенной стойкостью к воздействию наиболее часто применяемых в составе противогололедных реагентов солей;

– предложен механизм защитной функции серы в составе асфальтобетона. ◉

Литература

1. Способ нанесения противогололедного материала на дорожное покрытие [Электронный ресурс] / С.П. Аржанухина, Ж.Н. Калдыров, А.В. Кочетков и др. // «Наукоедение». – Интернет-журнал. – М., 2014. – №3 (22) – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN314.pdf>, свободный.
2. ВСН 20-87. Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах / Минавтодор РСФСР. – 1988.
3. ОДН 218.2.027-2003. Требования к противогололедным материалам.
4. Швагирева О.А. Исследование влияния противогололедных реагентов на изменение структуры и свойств асфальтобетона: автореферат, дисс. канд. техн. наук / О.А. Швагирева. – М.: МАДИ, 1999. – 20 с.
5. Строганов Е.В. Влияние антигололедных реагентов на коррозионную устойчивость асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / Е.В. Строганов, Г.С. Меренцова // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 273-276.
6. Королев В. Оценка экологических последствий применения противогололедных реагентов в г. Москве / В. Королев, В. Соколов, Е. Самарин // Инженерная геология. – 2009. – № 1. – С. 34-43.
7. Алехина М.Н. Сероасфальтобетонные смеси [Электронный ресурс] <http://elibrary.ru/item.asp?id=17292714> / М.Н. Алехина,

Ю.Э. Васильев, Н.В. Мотин, И.Ю. Сарычев // Строительные материалы. – 2011. – №10. – С. 12-13. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1006486>. 2011. № 10 <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1006486&selid=17292714>.

8. Васильев Ю.Э. Физико-химические основы применения серы как материала в качестве вяжущего для сероасфальтобетона и сероцементобетона [Электронный ресурс]: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20655961> / Ю.Э. Васильев, Н.В. Мотин, И.Ю. Сарычев, А.В. Кочетков // Строительство, дизайн, архитектура: разработка научных основ создания здоровой среды обитания. – Киров, 2013. – С. 64-71.

9. Иваньски М. Асфальтобетон как композиционный материал (с нанодисперсными и полимерными компонентами) / М. Иваньски, Н.Б. Урьев. – М.: Техполиграфцентр, 2007. – 668 с.

10. Tomkowiak K. Wplyw dodatku sidrky do asphaltow / K. Tomkowiak, K. Zelinski // Drogownictwo. – 1983. – № 2. – С. 55 – 59.

11. Mc Bee W.C. Improved resistance of sulfur - asphalt paving formulations to attack by fuels / W.C. Mc Bee, A. Tomas Sullivan // Ind. and Eng. Chem. Prod Res and Develop. – 1977. – № 1. – P. 93-95.

12. Kalabinska M. Technologia materialow I nawierzchni drogowych / M. Kalabinska, J. Pilat. - Warszawa, 1985. – 235 s.

13. Izatt I.O. Sulphur-extended asphalt paving project / I.O. Izatt // The Sulphur Institute, 1977. – 96 p.

14. Анализ срока службы современных цементных бетонов / П.Б. Рапопорт, Н.В. Рапопорт, В.Г. Полянский и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – С. 92.

15. Статистические методы контроля качества при производстве цементобетона и цементобетонных смесей / Ю.Э. Васильев, В.Г. Полянский, Е.Р. Соколова и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – С. 101.

16. Диагностика и паспортизация элементов улично-дорожной сети системой видеокomпьютерного сканирования [Электронный ресурс] <http://elibrary.ru/item.asp?id=20194713> / Ю.Э. Васильев, А.Б. Беляков, А.В. Кочетков, Д.С. Беляев // Наукоедение. – Интернет-журнал – 2013. – №3. – С. 55. <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1137973&selid=20194713>.