



Издается  
с 1927 года

# АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

№ 11 (960) ноябрь 2011

[www.avtdorogi-magazine.ru](http://www.avtdorogi-magazine.ru)

**ХОЗЯИН** СКАЛЫВАТЕЛЬ ЛЬДА УДМ-2000  
**ЗИМНИХ ДОРОГ!**

 **УФА ДОРМАШ**  
[www.ufadormash.ru](http://www.ufadormash.ru)

**Тема номера:**

**Зимнее содержание.  
Аэродромное строительство**

Информация о подписке на стр. 7-8

БИТУМ  
Группа компаний ТНМ-ВР



БИТУМ  
Группа компаний ТНМ-ВР



БИТУМ  
Группа компаний ТНМ-ВР



БИТУМ  
Группа компаний ТНМ-ВР



БИТУМ  
Группа компаний ТНМ-ВР



БИТУМ  
Группа компаний ТНМ-ВР





О.А. Воейко, МАДИ,  
Ю.Н. Розов, ФГУП РосдорНИИ,  
Е.И. Желвакова, МАДИ

# Оценка влияния жидких противогололедных материалов на трещиностойкость асфальтобетона

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что использование химических противогололедных материалов снижает затраты на зимнее содержание автомобильных дорог, улучшает состояние покрытий и повышает безопасность дорожного движения. В России в 2005 году была разработана концепция по переводу ряда дорожных хозяйств на химический способ борьбы с зимней скользкостью. Цель — повышение эффективности использования бюджетных средств, выделяемых на зимнее содержание федеральных автомобильных дорог России. В работе приведены результаты исследования влияния химических противогололедных материалов на изменение прочности асфальтобетонных образцов при изгибе, что, в свою очередь, характеризует трещиностойкость дорожных покрытий.

Для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах в России и за рубежом широко применяют противогололедные материалы на основе хлористых солей и, в первую очередь, на основе хлористого натрия (NaCl). Широкое распространение хлористого натрия происходит из-за его доступности и дешевизны по сравнению с другими ПГМ. Однако у него имеется и ряд отрицательных свойств (коррозия металла, угнетение растений, шелушение цементобетона и т.п.), которые снижают эффективность его использования.

Доказано, что использование на зимних дорогах хлорида натрия негативно воздействует на здоровье людей и окружающую среду (рис.1).

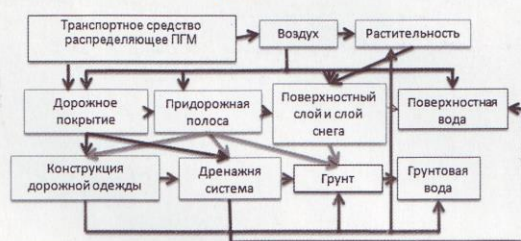


Рис. 1. Модель миграции противогололедной соли (стрелками показаны виды миграции противогололедной соли)

Одним из основных направлений является улучшение свойств применяемых солей за счет их модификации, ингибирования и обогащения с целью доведения органолептических, физико-химических, технологических и экологических свойств до современных требований

В последние годы наряду с обогащением используемых хлористых солей все большее распространение находят противогололедные реагенты на основе ацетатов и форми-

атов. В группу таких материалов входят жидкие реагенты: Нордвей и ФК. У этих реагентов отсутствуют основные недостатки используемой соли, такие как:

- слеживаемость при хранении и транспортировке;
- повышенная коррозионная активность на металлы и цементобетон;
- отрицательное воздействие на почвы;
- повышенная фототоксичность,
- влияние на биоту и состав воды.

Материалы, используемые в конструктивных слоях дорожных покрытий в процессе эксплуатации дорог, должны быть устойчивы к воздействию механических нагрузок, погоднo-климатических факторов, различных противогололедных реагентов, газов и других эксплуатационных и природных факторов в течение всего срока службы автомобильной дороги.

Долгое время считалось, что противогололедные реагенты не оказывают заметного воздействия на асфальтобетонные покрытия. Однако анализ результатов, проведенных в МАДИ и других НИИ исследований, за состоянием асфальтобетонных покрытий свидетельствуют, что при интенсивной обработке химическими противогололедными материалами асфальтобетонные покрытия, как правило, имеют пониженные сроки эксплуатации. На долговечность асфальтобетона в агрессивной солевой среде большое влияние оказывает природа минерального материала, химическая стойкость битума, количество его в смеси и плотность асфальтобетона и другие факторы.

Агрессивные реагенты воздействуют как на каждый компонент асфальтобетона в отдельности, так и на асфальтобетон в целом. Разрушение структуры асфальтобетона при этом протекает в два этапа.

Первый этап деструктивных процессов связан с необратимыми изменениями в групповом и химическом составе битума, происходящими под действием окислительных процессов, сходными по природе и механизму с его старением, вызываемых гидропероксид-радикалом -OON, который образуется из воды под действием света и растворенного в воде кислорода. Это приводит к появлению ионогенных групп и увеличению количества полярных групп, улучшению смачивания и увеличению растворимости компонентов битума, которые в дальнейшем вымываются из структуры битума и асфальтобетона. Эти процессы сопровождаются ростом пористости и связаны с последующим взаимодействием поверхности минеральных наполнителей и агрессивного раствора.

Второй этап разрушения структуры асфальтобетона связан с химическим взаимодействием противогололедных



Таблица 1

Классификация воздействия противогололедных реагентов на асфальтобетонные покрытия

Вид воздействия	Результат воздействия	Типичные реагенты
1. Увеличение количества полярных групп и растворимости отдельных компонентов битума	Вымывание легкорастворимых соединений, снижение адгезии битума и каменного материала	Реагенты, содержащие нитраты $-NO_3$
2. Изменение группового состава органических вяжущих	Увеличение жесткости пленки вяжущего, снижение трещиностойкости	Реагенты, содержащие хлориды $-Cl$ , сульфаты $-SO_4$
3. Уменьшение краевого угла смачивания асфальтобетона	Проникновение агрессивных растворов на большую глубину	Мочевина, этилен и др.
4. Совокупное воздействие нескольких признаков	Снижение основных характеристик компонентов асфальтобетона	НКММ и др.
5. Вымывание карбоната кальция из известнякового наполнителя	Снижение прочности асфальтобетона, разуплотнение структуры, ослабевание контактов	Реагенты, содержащие сульфаты $-SO_4$ , нитраты $NO$
6. Реагенты, не вызывающие вышеперечисленных изменений		Ацетаты $-CH_3COO$ , формиаты $-HCOO$ , фосфаты $-PO_4$

реагентов и их растворов с минеральными наполнителями. В первую очередь это связано с наличием в составе асфальтового бетона тонкодисперсного известнякового минерального порошка, который имеет развитую удельную поверхность и определяет структуру и свойства асфальто-вяжущего вещества. Аналогичные процессы могут протекать также и с крупным заполнителем, способным по своему химическому и минералогическому составу реагировать с соответствующим агрессивным раствором.

В результате этого взаимодействия протекают реакции обмена с образованием легко растворимых продуктов реакции с последующим их вымыванием. Это в процессе эксплуатации материала в дорожном покрытии приводит к разрушению макро- и микроструктуры асфальтобетона.

В 1999 году О.А. Швагиревой впервые была предложена классификация химических противогололедных материалов по агрессивности их влияния на асфальтобетонные покрытия [1]. Воздействия различных растворов противогололедных реагентов на компоненты асфальтобетона и изменения в их составе и свойствах разделены по классификационным признакам (табл. 1).

К сожалению, в данной классификации не все теоретические предположения были экспериментально подтверждены. В соответствии с этой классификацией ацетаты и формиаты (Нордвей, ФК) были отнесены в группу ПГМ, не оказывающих влияния на асфальтобетон. В последние годы организован выпуск аналогичных материалов для борьбы с зимней скользкостью на улично-дорожной сети Москвы. Как предполагалось, это улучшит не только транспортно-эксплуатационные показатели и безопасность движения транспортных средств, но и состояние дорожных покрытий и окружающей среды. Однако данные материалы не только не стабилизировали процесс разрушения покрытия, но и привели к более серьезным разрушениям и деформациям.

С целью уточнения характера влияния химических противогололедных материалов на асфальтобетонные покрытия в Лаборатории содержания автомобильных дорог ФГУП «РосдорНИИ» в 2009–2010 гг. были проведены исследования, цель которых – оценить влияние различных противогололедных реагентов на трещиностойкость пешеходного асфальтобетона. Проведенные исследования поз-

Таблица 2

Характеристики противогололедных реагентов, принятых для исследования

Показатели	Химические реагенты				Требования по: ОДН 218.2.027-2003
	Природный рассол (NaCl)	ХКМ (CaCl <sub>2</sub> )	Нордвей	ФК	
Органолептические свойства					
Состояние	гранулы	гранулы	жидкий	жидкий	-
Цвет	белый	белый	желтоватый прозрачный	желтоватый прозрачный	-
Запах	отсутствует	отсутствует	отсутствует	не определен	Отсутствует
Физические свойства					
Температура начала кристаллизации, °С	-25	-22	-46	-44	Ж: не менее 20 Т: -
Количество растворимых солей, %	21,5	28,5	46,1	42,7	Не менее 28
Показатель pH (20% р-ра)	5	7,45	8,2	8,6	5-9
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,17	0,84	1,246	1,285	Т: 0,8-1,15 Ж: 1,1-1,3
Технологические свойства					
Плавающая способность, г/г	3,6	11,2	5,37	4,6	Т: не менее 5 Ж: не менее 2,5
Экологические свойства					
Эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг		15,201	566,07	210,41	740
Коррозионная активность на металл (Ст.3), мм/год		0,313	0,031	0,034	0,8

Примечание: ФК и Нордвей применяются в разбавленном виде (на 50 %), растворы NaCl и CaCl<sub>2</sub> готовят 25 % концентрации.



волят уточнить предложенную Швагиревой О.А. классификацию различных химических ПГМ по агрессивности влияния их на асфальтобетонные покрытия.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- оценка влияния различных видов химических ПГМ на трещиностойкость асфальтобетонных образцов;
- изучение динамики изменения прочности образцов на изгиб в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания;
- изучение динамики изменения водонасыщения и массы асфальтобетонных образцов в зависимости от времени насыщения;
- оценка влияния концентрации раствора реагентов ПГМ на прочность на изгиб.

На основании сбора, обобщения, анализа ранее проведенных исследований МАДИ (ГТУ) разработана программа дальнейших экспериментальных работ по изучению влияния химических противогололедных материалов на трещиностойкость асфальтобетона.

Для реализации программы были приготовлены ванночки для испытания образцов асфальтобетона и растворы жидких ПГМ, влияние которых оценивалось. Для приготовленных растворов ПГМ определяли исходные характеристики (свойства), плотность (г/см<sup>3</sup>), общую минерализацию выпариванием (%), и на приборе (г/л), показатель Рн и электропроводность (табл. 2).

Влияние предложенных выше противогололедных реагентов на дорожные покрытия оценивалось на образцах песчаного асфальтобетона типа Д марки П, состав и свойства которого приведены в табл. 3 и 4 соответственно.

Все изготовленные в МАДИ асфальтобетонные образцы были пронумерованы краской, описан их внешний вид (трещины, сколы, вспучивание и т.д.), замерены геометрические параметры (высота, диаметр) и взвешены на воздухе. Такие измерения проводят после каждого этапа (пять циклов).

В ванночки размером 240x155x80 мм вертикально устанавливали образцы на фильтровальную бумагу, таким образом, чтобы они не касались друг друга и стенок ванночек. Образцы и ванночки должны быть пронумерованы в соответствии с табл. 5.

Перед испытанием образцы асфальтобетона, установленные в ванночки в соответствии с программой исследования, заливали раствором испытуемых ПГМ и дистиллированной водой и выдерживали при комнатных условиях 24 часа для их насыщения реагентами и водой. Образцы заливали таким образом, чтобы над верхней поверхностью было не менее 1 см жидкости. Затем образцы вынимали и осушали (полотенце, фильтровальная бумага) измеряли размеры и взвешивали, а растворы переливали в приготовленные емкости.

Ванночки с установленными образцами заливали испытуемыми жидкостями таким образом, чтобы образцы наполовину их высоты находились в жидкостях (1/2 h образцов), вторая половина (верхняя) на воздухе, и помещали в морозильную камеру. Принимая во внимание, что в процессе испытания происходит испарение жидкости, высоту её следует принимать на 0,5 см выше середины образца ( $h_{\text{ж}} = 0,5 h_{\text{обр}} + 0,5 \text{ см}$ ). Через каждые пять циклов образцы после их осмотра и освидетельствования переворачивали таким образом, чтобы часть образца, которая находилась в растворе, переместилась на воздух, а верхняя – в жидкость.

Образцы, выдержанные в камере, испытывали на трещиностойкость на машине ДТС-06-50/100 с наибольшей предельной нагрузкой 100 кН.

Образцы, предназначенные для испытания, извлекали из ванночек, обтирали (промокали) полотенцем (филь-

Таблица 3  
Состав смеси, принятой для исследования

Компонент асфальтобетона	Состав (% по массе)
Песок	88
Мин. порошок	12
Битум БНД 60/90	7,8

Таблица 4  
Свойства смеси, принятой для исследования

№ п/п	Свойства асфальтобетона	Фактические показатели	Требования ГОСТ [4]
1	Предел прочности ( $R_{\text{сж}}$ ) при сжатии, МПа - при температуре, °С: + 50 + 20 0	1,35	Не менее 1,3
		2,40	Не менее 2,2
		10,50	Не менее 12,0
2	Водостойкость* ( $K_v$ ) То же при длительном водонасыщении ( $K_{\text{дл}}$ ) (15 суток)	0,87	Не менее 0,85
		0,78	Не менее 0,75
3	Водонасыщение объема (W), %	3,2	1,0 – 3,0
4	Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,36	Не нормируется

Примечание: водостойкость  $R_v = R_{\text{сж}20} / R_{\text{сж}50}$  (отношение прочности при сжатии при +20°С образца в водонасыщенном состоянии к сухому образцу). Образцы – цилиндры  $d = 71,4 \text{ мм}$ , изготовлены в соответствии с ГОСТ 12801-98 (уплотнение на гидравлическом прессе, давление 40,0 МПа в течение 3-х минут)

Таблица 5  
Количество образцов, устанавливаемых в ванночки

Вид ПГМ	№ ванночки	Номер образцов, установленных в ванночке при циклах				Кол-во образцов, шт.
		0	25	80	140	
ХКМ(CaCl <sub>2</sub> )	1	-	№3;4	№ 19;21	№ 35;38	6
ПР(NaCl)	2	-	№5;7	№ 24;25	№ 39;40	6
ФК	3	-	№9;10	№ 26;27	№ 41;42	6
Нордвей	4	-	№11;12	№ 28;29	№ 45;46	6
H <sub>2</sub> O	5	-	№ 13;14	№ 36;32	№ 47;48	6
контр (воздух)	метал. протвень	№ 1,2	№ 15;18	№ 33;34	№ 49;50	8



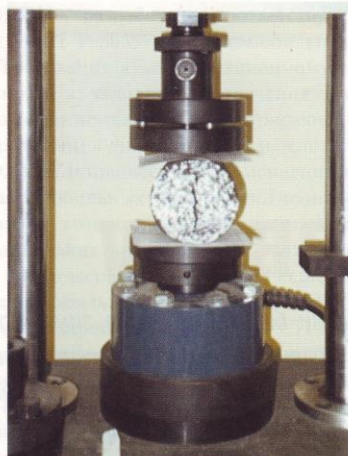


Рис. 2. Схема испытания образцов на растяжение при расколе

траванной бумагой) и устанавливали в центре нижней плиты на боковую поверхность так, чтобы ось образца была перпендикулярна оси поршня (рис. 2). Затем опускали верхнюю плиту и устанавливали ее выше уровня боковой поверхности образца на 1,5–2 мм, после чего начинали нагружать образец. Максимальные показания принимали за разрушающую нагрузку.

Предел прочности на растяжение при расколе  $R_p$  (МПа) вычисляли по формуле:

$$R_p = 10^{-2} \cdot P/hd,$$

где  $P$  — разрушающая нагрузка, Н;

$h$  — высота образца, см;

$d$  — диаметр образца, см;

$10^{-2}$  — коэффициент пересчета в МПа.

В результате проведенных испытаний было установлено, что масса асфальтобетонных образцов, находящихся в растворе ХКМ ( $CaCl_2$ ), увеличилась на 0,1–0,5%, а в растворе ПР ( $NaCl$ ) процентное увеличение составляет 0,166–1,04% от первоначальной. В растворе ФК масса асфальтобетонных образцов увеличилась на 1,4–4,6%, а в растворе Нордвей изменилось на 0,14–3,25% от первоначальной массы. Изменение массы асфальтобетонных образцов, находящихся в воде составило 0,14–3,13% от первоначальной массы (рис. 3). Образцы, находящиеся на металлическом противне, в сухих условиях изменили свою массу незначительно.



Рис. 3. Изменение массы образцов асфальтобетона

Из приведенного выше рисунка и выводов можно сделать заключение, что наибольшие изменения массы образцов асфальтобетона произошли в растворе ФК и Нордвей.

После испытания образцов на трещиностойкость было установлено влияние ПГМ на асфальтобетон. По данным испытания построен график зависимости прочности асфальтобетонных образцов к циклам замораживания-оттаивания, проведенных в холодильной камере (рис. 4).

Из графика видно, что наибольшие изменения произошли у образцов, находящихся в растворе  $NaCl$ . На 25 цикле попеременного замораживания-оттаивания их прочность возросла почти на 10% от контрольного образца асфальтобетона, находящегося на воздухе, но по окончании испытания прочность уменьшилась на 49% от прочности на 25 цикле и на 54% — от контрольного образца.

У образцов, находящихся в растворе ХКМ ( $CaCl_2$ ), изменения прочности произошли такие же, как и в природном рассоле  $NaCl$ . Если сравнивать показатели прочности ХКМ на 25 и 80 циклах, то по графику видно, что прочность изменилась на 58%, а далее она меняется незначительно.

В других растворах прочность образцов, по сравнению с растворами  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ , изменилась не так резко. В растворе ФК — на 22%, а в Нордвее — на 17,7% от прочности на 25 цикле. Но по абсолютной величине их прочность на сжатие

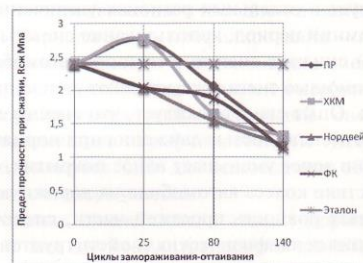


Рис. 4. Изменение прочности на сжатие асфальтобетонных образцов

ниже, чем у хлорсодержащих реагентов. Так же прочность на 25 цикле, что соответствует первому году эксплуатации дорожного покрытия, снизилась на 0,5 МПа по сравнению с контрольными образцами асфальтобетона.

Несмотря на все положительные качества материалов на основе ацетатов и формиатов, необходимо провести повторные исследования для уточнения полученного результата. ●

#### Литература

1. Котлярский Э.В., Воейко О.А. Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации. М.: МАДИ, 2007.
2. Котлярский Э.В. Строительно-технические свойства дорожного асфальтового бетона. М.: МАДИ, 2004.
3. Швагирева О.А. Исследование влияния противогололедных реагентов на изменение структуры и свойств асфальтового бетона: Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. М.: МАДИ, 1999.
4. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
5. Розов Ю.Н., Розов С.Ю., Френкель О.В. Противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах. М.: ФГУП «Информавтодор». Вып.4. 2006.