

# ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НА КОРРОЗИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНА

## INFLUENCE OF PHOSPHOGYPSUM ON CORROSION RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE

*Я. Н. Ковалев, доктор технических наук, профессор Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь*

*В. Н. Яглов, доктор химических наук, профессор Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь*

*Д. Г. Игошкин, заместитель начальника управления республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», г. Минск, Беларусь*

*Н. И. Ремез, магистр технических наук, преподаватель Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь*

*В статье рассматриваются причины коррозионного разрушения асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.*

*Приведены результаты исследований влияния фосфогипса на коррозионную устойчивость горячих асфальтобетонов различных типов.*

*В результате экспериментальных исследований установлено оптимальное содержание фосфогипса в составе горячих асфальтобетонов.*

*The article deals with causes of corrosion destruction of motor road asphalt concrete surfacing.*

*Study results of the influence of phosphogypsum on corrosion resistance of various hot asphalt concretes are given.*

*The experimental studies ascertained optimum content of phosphogypsum in hot asphalt concretes.*

### ВВЕДЕНИЕ

Горячие асфальтобетоны широко применяются в дорожном строительстве при устройстве и ремонте покрытий благодаря высокой технологичности и хорошим эксплуатационным свойствам.

Нормативный срок службы асфальтобетонного покрытия – не менее 10–18 лет, но на практике он гораздо ниже, а в отдельных случаях составляет 3–4 года.

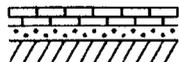
Достаточно часто на поверхности проезжей части задолго до истечения срока службы появляется большое количество дефектов: трещин, выбоин, пластических деформаций и других повреждений. В большинстве случаев причиной выхода из строя асфальтобетонных покрытий является недостаточная коррозионная устойчивость асфальтобетона.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Важнейшим свойством асфальтобетона, определяющим долговечность этого материала,

является устойчивость его структуры в условиях изменяющегося влажностного и температурного режимов. Подобно большинству строительных материалов, асфальтобетон разрушается главным образом при длительном или периодическом увлажнении, а также в результате попеременного замораживания и оттаивания. Помимо разрушающего действия воды при ее замерзании в порах, адсорбционные слои воды, понижая поверхностную энергию, облегчают образование новых поверхностей в асфальтобетоне при его деформировании. Расклинивающее действие воды, разъединяющей минеральные зерна и отслаивающей битумные пленки, усиливает разрушающий эффект.

При длительном увлажнении вода проникает в поры асфальтобетона, частично насыщает битум, проникает через дефектные места битумных слоев к поверхности минеральных зерен. Все это способствует отслаиванию битумных пленок, особенно при их недостаточной адгезии к поверхности минеральных частиц. В конечном счете эти явления приводят к ослаблению структурных связей в асфальтобетоне, что облегчает его разрушение под действием транспортных средств.



Еще более разрушительно действие воды, замерзающей в порах асфальтобетона или в порах содержащегося в нем каменного материала. Замерзающая вода, увеличиваясь в объеме, вызывает большие напряжения в стенках пор. В результате этого могут возникать микротрещины, заполняющиеся при оттаивании водой. Помимо ее расклинивающего действия, усиливающегося под действием переменных нагрузок транспортных средств, замерзающая в микротрещинах вода способствует развитию процесса разрушения асфальтобетона.

Коррозионные разрушения асфальтобетонных покрытий обычно проявляются в виде усиленного выкрашивания асфальтобетона или минеральных частиц, приводящего к большому износу покрытия и к образованию значительного количества отдельных разрушенных участков (выбоин).

Опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий показывает, что они особенно интенсивно разрушаются от атмосферной коррозии в период длительного увлажнения, а также во время оттепелей, которым предшествовало значительное количество знакопеременных колебаний температур.

Подобные разрушения, часто наблюдаемые в весеннее время, связаны с недостаточной коррозионной устойчивостью (недостаточной водо- и морозостойкостью) асфальтобетона. Недостаточная коррозионная устойчивость является наиболее частой причиной преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий во многих районах страны, особенно в районах избыточного увлажнения и с частыми знакопеременными температурами.

Таким образом, применение асфальтобетонных, более устойчивых к атмосферной коррозии, является одним из важнейших факторов, способствующих удлинению сроков службы покрытий.

На коррозионную устойчивость асфальтобетона большое влияние оказывают: плотность, однородность структуры и водопроницаемость асфальтобетона, а также характер имеющихся в нем пор; характер адгезии битума к поверхности минеральных зерен; водо- и морозостойкость используемых минеральных материалов, интенсивность процессов старения асфальтобетона [1–3].

Коррозионная устойчивость асфальтобетона во многом определяется прочностью сцепления (адгезией) битумных слоев с поверхностью минеральных частиц в присутствии воды. Устойчивое сцепление возможно только при хеомодсорбционном взаимодействии битума с минеральным материалом.

При использовании битумов, не обеспечивающих необходимого сцепления с минеральными материалами, следует применять добавки поверхностно-активных веществ или активаторов, улучшающих сцепление и повышающих таким образом коррозионную устойчивость покрытия.

Обычно асфальтобетоны содержат полиминеральные материалы: наряду с зернами основных пород в них представлены и кислые горные породы. Поэтому применение поверхностно-активного вещества одного из двух основных типов (катионактивного или анионактивного) не может обеспечить надежного сцепления битума со всеми зернами полиминерального материала (кроме некоторых поверхностно-активных веществ двойного действия).

Особое внимание следует обратить на сцепление асфальтобетонов, содержащих большое количество щебня, полученного из кислых горных пород, поскольку в большинстве случаев наблюдается пониженная адгезия битума к подобным материалам.

Щебенистые асфальтобетоны менее устойчивы к атмосферной коррозии по сравнению с песчаным асфальтобетоном.

Большое влияние на коррозионную устойчивость оказывают свойства минерального порошка, обладающего наиболее развитой удельной поверхностью. Недостаточная водо- и морозостойкость асфальтобетонных покрытий является одним из основных факторов, ограничивающих применение различных местных материалов в качестве минерального порошка (лёссы, пылеватые грунты и др.)

При прочих равных условиях склонность к хрупкому разрушению возрастает по мере старения асфальтобетона, что способствует его коррозии. Наиболее важным проявлением старения является снижение водо- и морозостойкости покрытия. Именно этим и объясняется факт, что покрытие, устроенное из асфальтобетонной смеси, приготовленной с нарушением температурного режима (превышение допустимой температуры, длительный нагрев битума) быстрее теряет коррозионную устойчивость. Помимо повышения хрупкости битума, вызванной его перегревом, в подобном асфальтобетоне интенсивней протекают процессы старения и во время эксплуатации покрытия. На таких покрытиях иногда через 1–2 года наблюдается быстрое выкрашивание, вызванное процессом коррозии асфальтобетона.

Коррозионная устойчивость покрытия зависит от условий производства работ. При работе в сырую погоду асфальтобетонная смесь впитывает в себя значительное количество влаги, понижающей водостойкость покрытия. Особенно



отрицательно влияет влага на качество покрытия, уложенного в период осенних дождей.

Недостаточно просушенные минеральные материалы к моменту их объединения с битумом также снижают коррозионную устойчивость асфальтобетона. Особенно это ощущается при использовании влажных известняков, большая пористость которых способствует и высокому водонасыщению. Просушивание влажного известнякового щебня и высеков в сушильных барабанах асфальтобетонных смесителей в осеннее время часто не приводит к полному удалению влаги. Дефекты в битумных пленках, покрывающих подобные минеральные зерна, снижают водо- и морозостойкость асфальтобетона.

### СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

При производстве работ в неблагоприятных погодных условиях особенно эффективно применение добавок поверхностно-активных веществ. В их присутствии существенно облегчаются условия смачивания битумом минеральных поверхностей и взаимной упаковки минеральных зерен. Это способствует улучшению структуры асфальтобетона [4, 5].

Одним из способов повышения коррозионной устойчивости асфальтобетонов является активация минеральных компонентов асфальтобетона.

Модифицированием минеральных поверхностей преследуется улучшение условий взаимодействия минеральных материалов с битумом и улучшение свойств самих минеральных материалов. Прежде всего это касается повышения их водо- и морозостойкости. Таким образом, свойства, приобретаемые минеральными материалами в результате активации, необходимы и для повышения коррозионной устойчивости получаемых на их основе битумо-минеральных композиций.

Наиболее детально изучено влияние на коррозионную устойчивость асфальтобетонов активированных минеральных порошков. Их влияние проявляется в том, что асфальтобетон приобретает более однородную и плотную мелкопористую структуру с преобладанием замкнутых пор (при достаточном количестве активированного порошка). Другой важной особенностью является усиление связей между минеральными зернами и их сцепления с битумом.

Присутствие на зернах активированного порошка первичных слоев битума и поверхностно-активных веществ, хемоадсорбционно-связанных с минеральной поверхностью, усиливает герметизирующее влияние битума, содержа-

щегося в асфальтобетонной смеси, на зерна порошка. Это способствует более равномерному распределению минеральных зерен и получению оптимальной структуры асфальтобетона, что подтверждено результатами исследования водопроницаемости асфальтобетона.

Другим фактором, оказывающим большое влияние на коррозионную устойчивость, является то, что структурно-механический барьер, создаваемый на поверхности минеральных частиц в результате активации порошка, предотвращает проникание влаги внутрь частиц. Это резко повышает их водо- и морозостойкость и способствует сохранению структуры асфальтобетона в изменяющемся влажностном и температурном режимах.

Определение водоустойчивости при кратковременном насыщении образцов водой недостаточно отражает поведение асфальтобетонного покрытия в условиях длительного водонасыщения. Для более объективной оценки этого свойства исследуемые асфальтобетонные образцы испытывали в условиях длительного насыщения водой.

Наряду с надлежащим качеством применяемых материалов и обоснованным назначением состава асфальтобетона, на формирование структуры, а следовательно, и на его свойства большое влияние оказывают особенности технологического процесса приготовления и уплотнения асфальтобетонных смесей.

Распределение битума более тонкими слоями и уменьшение количества свободного битума, наряду с повышением суммарной поверхности минерального порошка (за счет его дезагрегации), увеличивает прочность и теплоустойчивость асфальтобетона. Уменьшение толщины битумных слоев и количества свободного битума способствует наибольшему сближению минеральных частиц в процессе уплотнения, что повышает плотность асфальтобетона. Все это в сочетании с более полным покрытием поверхности минеральных частиц битумом способствует улучшению удобообрабатываемости асфальтобетонных смесей и повышению коррозионной устойчивости асфальтобетона.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОСФОГИПСА НА КОРРОЗИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Были проведены экспериментальные исследования влияния фосфогипса на коэффициент водостойкости и морозостойкости асфальтобетона типов ЩМСц 1/2,2, ЩМАг 1/2,75, ЩМБг 1/2,75. Составы асфальтобетона приведены в таблице 1.

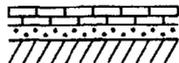


Таблица 1 – Составы асфальтобетона

№ состава	Тип смеси	Щебень, %	Отсев, %	Минеральный порошок, %	Битум, %	Фосфогипс, %
1	С	72	18	10	6,2	0
2	С	72	18	10	6,2	0,5
3	С	72	18	10	6,2	1,0
4	А	54	34	12	5,7	0
5	А	54	34	12	5,7	0,5
6	А	54	34	12	5,7	1,0
7	Б	46	47	7	5,5	0
8	Б	46	47	7	5,5	0,5
9	Б	46	47	7	5,5	1,0

Таблица 2 – Физико-механические свойства асфальтобетонных

№ состава	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	W, %	$R_{50}$ , МПа	$R_0$ , МПа	$R_{сдв}$ , МПа	$K_{вод}^{28}$	$K_{мор}$
1	2,45	0,9	1,04	2,65	2,32	0,89	0,91
2	2,45	0,8	1,02	2,74	2,35	0,92	0,97
3	2,46	0,8	1,07	2,95	2,43	0,93	0,93
4	2,50	1,5	1,47	3,35	2,72	0,76	0,72
5	2,51	1,4	1,52	3,42	2,87	0,78	0,75
6	2,51	1,6	1,58	3,46	2,84	0,73	0,71
7	2,48	1,8	1,95	2,89	2,53	0,80	0,67
8	2,48	1,7	2,02	3,00	2,56	0,82	0,80
9	2,47	1,65	1,97	3,05	2,55	0,83	0,70

Примечание –  $\rho$  – плотность, г/см<sup>3</sup>; W – водонасыщение, %;  $R_{50}$  – предел прочности при сжатии при 50 °С, МПа;  $R_0$  – предел прочности при растяжении при 0 °С, МПа;  $R_{сдв}$  – предел прочности при сдвиге при 50 °С, МПа;  $K_{вод}^{28}$  – коэффициент водостойкости;  $K_{мор}$  – коэффициент морозостойкости.

Асфальтобетонная смесь приготавливалась и уплотнялась согласно СТБ 1115 [6].

Коэффициенты водостойкости при длительном водонасыщении и морозостойкости определялись также по СТБ 1115 [6]. Результаты определения коэффициентов водостойкости после 28 суток и морозостойкости асфальтобетона в зависимости от содержания фосфогипса приведены в таблице 2 и на рисунках 1, 2.

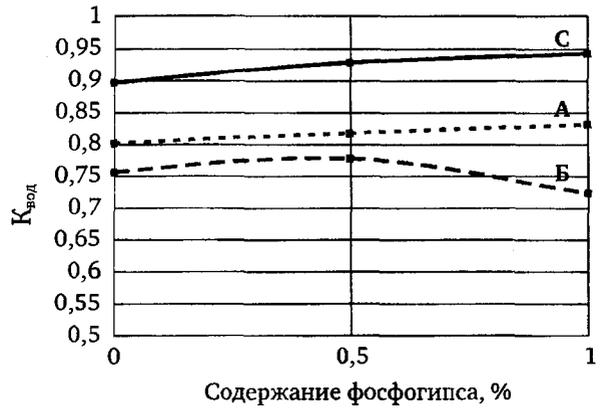


Рисунок 1 – Влияние фосфогипса на значение коэффициента водостойкости после 28 суток; С, А, Б – типы смесей (по таблице 1)

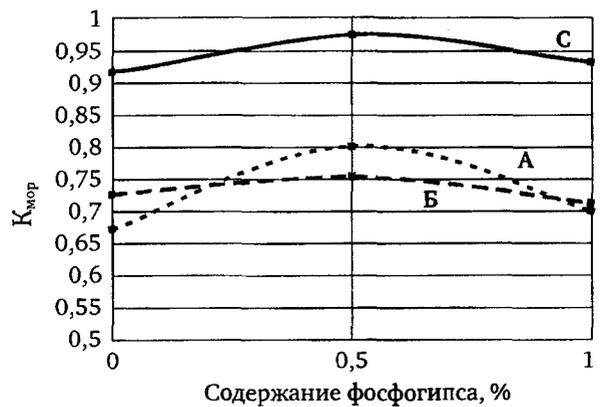


Рисунок 2 – Влияние фосфогипса на значение коэффициента морозостойкости; С, А, Б – типы смесей (по таблице 1)

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ результатов проведенных исследований показал, что введение в состав асфальтобетонной смеси фосфогипса в количестве 0,5 % от массы минеральной части смеси позволяет повысить коррозионную устойчивость асфальтобетона типов С, А, Б.

В дальнейшем планируются исследования для определения оптимальных температурных режимов приготовления и уплотнения горячих асфальтобетонных смесей с использованием в качестве температуропонижающей добавки фосфогипса. □

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Дорожные строительные материалы / под ред. П. В. Сахарова. – М. : Гостранстехиздат, 1938.
2. Иванов, Н. Н. Строительство автомобильных дорог / Н. Н. Иванов. – М. : Автотрансиздат, 1957.
3. Рыбьев, И. А. Асфальтовые бетоны : учеб. пособие для строительных ВУЗов. – М. : Высшая школа, 1969.
4. Прочность и долговечность асфальтобетона / под ред. Б. И. Ладыгина. – Минск : Наука и техника, 1972. – 288 с.
5. Королев, И. В. Пути экономии битума в дорожном строительстве / И. В. Королев. – М. : Транспорт, 1986. – 149 с.
6. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний : СТБ 1115-2004.

Статья поступила в редакцию 26.11.13.

