

**К ВОПРОСУ О ДОЛГОВЕЧНОСТИ СЕРНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА,
или ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА
СЛУЖБЫ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА
ПРИ ЗАМЕНЕ АСФАЛЬТА НА СЕРОАСФАЛЬТ**

Р. И. Шаяхмедов*, Б. Б. Утегенов**

**ООО «Газпром добыча Астрахань», г. Астрахань (Россия)*

***Астраханский инженерно-строительный институт,
г. Астрахань (Россия)*

В последнее время резко увеличилось число интернет-публикаций, посвященных сероасфальту (далее – СА). При этом, при оценке преимуществ последнего, чаще всего упоминается увеличение срока службы дорожного покрытия (далее ДП). Цифры здесь приводятся самые разные от 2 раз [1] до 20 раз [2].

Отчасти это оправдано, поскольку дорожные покрытия могут эксплуатироваться при разных условиях, и в некоторых условиях СА полнее проявляет свои преимущества. Однако при определении экономической эффективности предстоящей замены асфальта на СА необходимо численно оценить увеличение срока службы до начала строительства и здесь публикации помочь уже не могут, тем более с таким «разнобоем». Необходимо моделирование, по возможности учитывающее все основные факторы. Вниманию читателя предлагается алгоритм такого моделирования.

Таблица 1

Ослабление действия факторов старения дорожного полотна
при замене асфальта на СА

Фактор старения битума	Действие фактора на битум	Противодействие элементарной серы	Определяющий показатель и единица измерения	Значение показателя для		Коэффициент ослабления
				асфальта	СА	
Транспорт	Выдавливание и унос из верхних слоев	Образует с фрагментами инертного наполнителя дополнительные связи и перекрытия, увеличивает вязкость битума и уменьшает подвижность как самих фрагментов, так и битума	Доля пластичной компоненты дорожного полотна по объему, %	7,1	5,3	0,75
Повышенная температура (свыше + 30 °С)	Расслоение и всплывание легких жидких фракции к поверхности	Образует неплавящиеся, теплоизолирующие перегородки между каплями битума и препятствует их нагреву и расслоению. Снижает количество воздушных пор	Доля термически неустойчивой компоненты дорожного полотна по объему, %	7,1	5,3	0,75
Вода	Коагуляция, гидролиз и распад	Гидрофобна, препятствует проникновению воды извне	Доля битума в площади наружной поверхности покрытия, %	7,1	5,3	0,75
Отрицательные температуры (ниже -9 °С)	Образование термоусадочных трещин и пустот Снижение прочности	Температура застывания выше, чем у битума	Доля пластичной фракции по объему, %	7,1	5,3	0,75
Кислород атмосферный	Полимеризация кислородом воздуха и повышение его хрупкости	Предварительно полимеризует битум с сохранением его пластичности, препятствует контакту воздуха с битумом	Доля вяжущего способного к полимеризации кислородом воздуха, %	7	1,4	0,20

Сначала определим основные факторы старения ДП и их ослабление при замене асфальта на СА (см. табл. 1). Перечень основных факторов старения берется из соответствующей литературы [3; 4, с. 29–55]. Каждый фактор количественно оценивается в двух вариантах (асфальт и СА) через долю той или иной компоненты в составе ДП, а коэффициент ослабления его влияния определяется через соотношение этих количественных оценок.

Затем необходимо учесть степень взаимодействия погодных факторов старения ДП в конкретных погодных условиях, поскольку несколько погодных факторов могут действовать одновременно. Для этого предварительно необходимо определить возможные и невозможные сочетания факторов старения и исключить их из модели. В таблице 2 возможные сочетания погодных факторов обозначены плюсом, невозможные – минусом.

Таблица 2

Матрица взаимодействия факторов старения дорожного полотна

Наименование фактора		Высокая температура (свыше + 30 °С)		Осадки (дождь, туман)		Мороз (ниже 0 °С)		Отсутствие снежного покрова	
		1	0	1	0	1	0	1	0
Высокая температура (свыше + 30 °С)	1	+	-	+	+	-	+	+	-
	0		+	+	+	+	+	+	+
Осадки (дождь, туман)	1			+	-	-	+	+	+
	0				+	+	+	+	+
Мороз (ниже 0 °С)	1					+	-	+	+
	0						+	+	+
Отсутствие снежного покрова	1							+	-
	0								+

Примечание: 1 – наличие фактора ; 0 – отсутствие фактора; (+) – возможная ситуация; (-) – невозможная ситуация

Каждой ситуации (сочетанию) присвоим индекс, основанный на двоичной системе. Индексы невозможных ситуаций: 0110, 0111 – дождь и туман при морозе; 1000, 1010, 1100, 1110, 1111 – снег при жаре; 1011 – мороз при жаре.

Затем произведем расчет частоты тех или иных погодных ситуаций в условиях РФ (таблица 3). В этой таблице частота взаимодействующих факторов определяется отношением количества дней в году, когда данный фактор имеется в наличии к общему количеству дней в году. Частоты в приведенной табл. 3 взяты исходя из среднегодовых условий Астраханской области.

Таблица 3

Расчет частоты различных погодных ситуаций (Астраханская область)

Индекс воз- можной ситуа- ции	Наименование взаимодействующих факторов и их частота				Частота возможной ситуации	Скор- ректиро- ванная частота
	Повы- шенная темпера- тура	Осадки (дождь, туман)	Мороз (ниже -9 °С)	Отсут- ствие снежного покрова		
	0,2	0,3	0,2	0,6		
0000	0,8	0,7	0,8	0,4	0,1792	0,1792
0001	0,8	0,7	0,8	0,6	0,2688	0,4208
0010	0,8	0,7	0,2	0,4	0,0448	0,0448
0011	0,8	0,7	0,2	0,6	0,0672	0,0672
0100	0,8	0,3	0,8	0,4	0,0768	0,0768
0101	0,8	0,3	0,8	0,6	0,1152	0,1152
1001	0,2	0,7	0,8	0,6	0,0672	0,0672
1101	0,2	0,3	0,8	0,6	0,0288	0,0288
Итого					0,8480	1,000

Частота возможной ситуации определяется произведением частот факторов сопутствующих данной ситуации (прямая частота) или отсутствующих в ней (обратная частота).

Если сумма частот возможных ситуации в таблице оказалась меньше единицы (что вполне естественно, ибо: ни одна модель не включает всех факторов), оставшаяся частота относится на ситуацию 0001 (отсутствие всех вредных погодных факторов).

С учетом этого определим удельный вес каждого фактора старения дорожного полотна. В таблице 4 влияние каждого фактора старения определяется его наличием в каждой погодной ситуации, то есть через сумму вероятностей.

Результаты, приведенные в таблице 4, верны, если действие всех факторов имеет соревновательный характер (они действуют изолированно). Но они могут действовать солидарно, то есть взаимно усиливать влияние друг друга. При этом наиболее разрушительно солидарное действие имеет пара «транспорт – осадки». При наличии воды на поверхности ДП колеса транспорта, как вантуз, вдавливают ее внутрь полотна. Назовем это фактор ударного гидравлического разрушения (далее УГР) и введем в последнюю таблицу, получим таблицу 5.

Вероятность ситуации УГР равна вероятности ситуации с осадками (транспорт действует постоянно). Поэтому вероятности из строки «Осадки» перенесем в строку «УГР». На первом месте, в условиях Астраханской области, среди факторов старения – автомобильный транспорт (вместе с УГР – 46 %) , на втором – атмосферный кислород (38,2 %).

Таблица 4

Определение удельного веса каждого фактора старения

Наименование фактора	Код ситуации, ее вероятность и число совместно действующих факторов								Итого	Удельный вес, %
	0000	0001	0010	0011	0100	0101	1001	1101		
	0,1792	0,4208	0,0448	0,0672	0,0768	0,1152	0,0672	0,0288		
	1	2	2	3	2	3	3	4		
Транспорт	0,1792	0,8416	0,0896	0,2688	0,1536	0,4608	0,2688	0,2304	2,4928	39,8
Жара	–	–	–	–	–	–	0,2688	0,2304	0,4992	8,0
Осадки	–	–	–	–	0,1536	0,4608	–	0,2304	0,8448	13,5
Мороз	–	–	0,0896	0,2688	–	–	–	–	0,3584	5,7
Кислород атм.	–	0,8416	–	0,2688	–	0,4608	0,2688	0,2304	2,0704	33,0
Всего									6,2656	100,0

Таблица 5

Уточненное определение удельного веса каждого фактора старения

Наименование фактора	Код ситуации, ее вероятность и число совместно действующих факторов								Итого	Удельный вес, %
	0000	0001	0010	0011	0100	0101	1001	1101		
	0,1792	0,4208	0,0448	0,0672	0,0768	0,1152	0,0672	0,0288		
	1	2	2	3	2	3	3	4		
Транспорт	0,1792	0,8416	0,0896	0,2688	–	–	0,2688	–	1,648	30,4
Жара	–	–	–	–	–	–	0,2688	0,2304	0,4992	9,21
Осадки	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0
Мороз	–	–	0,0896	0,2688	–	–	–	–	0,3584	6,61
Кислород атм.	–	0,8416	–	0,2688	–	0,4608	0,2688	0,2304	2,0704	38,2
УГР	–	–	–	–	0,1536	0,4608	–	0,2304	0,8448	15,6
Всего									5,4208	100

Итоговые суммы вероятностей по всем факторам складываются. Через долю в сумме сумм определяется доля каждого фактора.

С учетом полученных удельных весов каждого фактора старения и коэффициента ослабления по каждому фактору определим итоговое замедление скорости старения (см. итог табл. 6). При этом удельный вес каждого фактора умножается на коэффициент его ослабления, и на полученную сумму произведений делится число 100. Коэффициент старения для УГР (солидарное действие факторов) определим как произведение коэффициентов ослабления для фактора «Транспорт» и фактора «Вода» ($0,75 \times 0,75 = 0,5625$; см. табл. 1)

По результатам всех расчетов скорость старения замедляется в 2 раза ($100:51,065$) и средний срок службы дорожного полотна между двумя капитальными ремонтами в условиях Астраханской области, при замене асфальта на СА увеличивается с 8 до 16 лет. Используя эту цифру можно определять экономическую эффективность предстоящей замены асфальта на сероасфальт.

Таблица 6

Сокращение скорости старения дорожного полотна при замене асфальта на СА

<i>Наименование фактора старения</i>	<i>Коэффициент ослабления фактора старения</i>	<i>Удельный вес фактора старения, %</i>	<i>Замедление старения с учетом удельного веса факторов</i>
Транспорт	0,75	30,4	22,8
Жара	0,75	9,2	6,9
Мороз	0,75	6,6	4,95
Кислород атм.	0,20	38,2	7,64
УГР	0,5625	15,6	8,775
Всего		100	51,065

Список литературы

1. Режим доступа: <http://volgaru.info/nauka-i-tehnologii/6867-innovatsii-na-dorogene-valyayutsya>, свободный. – Яз. рус.
2. Режим доступа: http://www.webground.su/rubric/2010/09/18/biznes_stroitelstvo_i_ekspluatacija/retro/ свободный. – Яз. рус.
3. Лукашевич, В. Н. Совершенствование технологии асфальтобетонных смесей для увеличения срока службы дорожных покрытий / В. Н. Лукашевич // Строительные материалы. – 1999. – № 11. – С. 28–39.
4. Михайлов, А. В. Строительная теплотехника дорожных одежд / А. В. Михайлов, Т. А. Коцюбинская. – М. : Транспорт, 1986.