

УДК 625.731.86-022.532

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМОВ И АСФАЛЬТОБЕТОНОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

**В.А. Веренко, проф., д.т.н., Белорусский национальный технический  
университет, г. Минск, Республика Беларусь**

*Аннотация.* Изложен опыт применения модифицированных битумов и асфальтобетонов в Республике Беларусь. Для модификации битумов предлагается использовать комплексные полимерные добавки, содержащие термопласты и эластопласты. Приведены методика оценки надежности и долговечности модифицированных асфальтобетонов и на ее основе – технико-экономическое обоснование эффективности выбора конкретных модификаторов.

*Ключевые слова:* модифицированные битумы, асфальтобетоны, полимерные добавки, надежность, долговечность, эффективность.

## ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАНИХ БІТУМІВ І АСФАЛЬТОБЕТОНІВ У РЕСПУБЛІЦІ БІЛОРУСЬ

**В.А. Веренко, проф., д.т.н., Білоруський національний технічний університет,  
м. Мінськ, Республіка Білорусь**

*Анотація.* Викладено досвід застосування модифікованих бітумів і асфальтобетонів у Республіці Білорусь. Для модифікації бітумів пропонується використовувати комплексні полімерні добавки, що містять термопласти й еластопласти. Наведено методику оцінки надійності й довговічності модифікованих асфальтобетонів і на її основі – техніко-економічне обґрунтування ефективності вибору конкретних модифікаторів.

*Ключові слова:* модифіковані бітуми, асфальтобетони, полімерні добавки, надійність, довговічність, ефективність.

## THE EXPERIENCE OF USING MODIFIED BITUMEN AND ASPHALTIC MACADAM IN THE REPUBLIC OF BELARUS

**V. Verenko, Prof., D. Sc. (Eng.), Belarusian National Technical University,  
Minsk, Belarusian Republic**

*Abstract.* The experience of using modified bitumen and asphaltic macadam in the Republic of Belarus is stated. It was offered to use complex polymeric additives containing thermoplastics and elastoplastics for bitumen modification. The methodology of assessing the robustness and durability of modified macadam is given, expediency of effectiveness of selecting particular modifiers and on its basis is evaluated.

*Key words:* mod-bit, asphaltic macadams, polymeric additives, robustness, durability, effectiveness.

### Введение

Как показывает практика, достичь высоких показателей надежности и долговечности асфальтобетонных покрытий на основе традиционных материалов и типов асфальтобе-

тона не всегда возможно. Поэтому во всех странах ведутся широкомасштабные исследования по повышению качества асфальтобетонов и его составляющих. Наиболее распространены следующие способы:

– изменение свойств битумов путем добавления модификаторов;  
– непосредственное введение в смеситель специальных добавок, влияющих как на свойства битумов, так и на структуру и свойства асфальтобетона.

В настоящее время применяются модификаторы, одновременно регулирующие несколько свойств, адаптируя материал к круглогодичной работе в условиях агрессивного воздействия природно-климатических факторов и транспортной нагрузки. Наиболее известные из них: СБС (SBS) (стирол-бутадиен-стирол) и прочие сополимеры стирола (SBR, SEBS, SIS, SEPS и т. п.), сополимеры этилена – ЭВА (EVA) этиленвинилацетат и этиленметилакрилат (ЕМА), стирол-бутадиеновые высоконаполненные дисперсии (SBR-HSL), широко известные под торговой маркой Butonal. В последнее время на территории СНГ, Индии, Канады, США, стран Западной Европы получили применение решения на основе регенерированного каучука.

Для устройства и ремонта дорожных покрытий при необходимости используются композиционные материалы на основе битума и модификаторов, таких как сера, каучук (полибутадиеновый, натуральный, бутилкаучук, хлоропрен и др.), органо-марганцевые компаунды, термопластичные полимеры (полиэтилен, полипропилен, полистирол, этиленвинилацетат (EVA), термопластичные каучуки (полиуретан, олефиновые сополимеры, а также блоксополимеры стирол-бутадиен-стирола (СБС) и др.) [1, 2].

Наиболее часто применяемыми в дорожном строительстве модифицирующими добавками для битума являются эластомеры и термопласты.

Под эластомерами понимают полимеры, обладающие в диапазоне эксплуатации высокоэластичными свойствами. К эластомерам, применяемым в качестве модификаторов, относятся в основном синтетические каучуки различной физической формы (порошок, гранулы, жидкость). Каучуками модифицируют как битум, так и асфальтобетонную смесь. К ним относятся сополимеры стирола (термопластичные эластомеры), такие как SB – стирол-бутадиеновый сополимер, SBS – стирол-бутадиен-стирольный сополимер,

SEBS – стирол-этилен-бутадиен-стирольный сополимер, SIS – стирол-изопрен-стирольный сополимер и другие, а также бутадиеновый каучук (BR), хлорогеновый каучук (CR), этиленпропиленовый каучук (EPDM) и другие.

Термопласты – полимерные материалы, способные обратимо переходить при нагревании в высокоэластичное либо вязкотекучее состояние. К ним относятся такие модификаторы, как EVA – этиленвинилацетат, ЕМА – этиленметилакрилат, АРР – атактический полипропилен, РЕ – полиэтилен.

### Анализ публикаций

Вопросам модификации дорожных битумов и асфальтобетонов посвящена обширная литература и выполнены многочисленные исследования. Список литературы очень обширен и приводить его в краткой статье нет необходимости. Большой вклад внесли У. Вонк, И. Коллинз, Л.М. Гохман, В.А. Золотарев, В.К. Жданюк и др. Предложено использовать более 20 видов модификаторов, каждый из которых имеет свои особенности, технические и экономические преимущества. В то же время нет достаточного обобщения опыта применения, и, главное, каким образом выбрать наиболее эффективный и экономически целесообразный модификатор.

### Цель и постановка задачи

Задачей данной работы является обобщение опыта применения модифицированных битумов и асфальтобетонов в Республике Беларусь и апробация методики оценки технической и экономической эффективности различных способов модификации.

### Влияние модификации асфальтобетонов на его надежность и эффективность

В РБ применение модифицированных асфальтобетонов осуществлялось по двум направлениям:

1. Применение модифицированных битумов;
  2. Применение асфальтобетонов с модифицирующими полимерными добавками.
- Практическое использование модифицированных битумов начало осуществляться в 2003–2006 гг. в дорожно-строительном предприятии «ТВ Дорстрой» и ГП «Веска». В качестве модификатора использовали СБС.

Основным недостатком СБС является высокая стоимость (при 5 %-й добавке СБС стоимость битума увеличивается в 2 раза). Поэтому сокращение расхода СБС или замена его на более дешевые модификаторы является актуальной задачей. Снизить расход сополимера, без изменения количества модифицированного битума, возможно двумя принципиальными путями:

1. Применение смесей полимеров, один из которых обладает достаточно низкой стоимостью.
2. Применение сополимеров, способных образовывать пространственную сетку при меньшей концентрации за счет взаимодействия его активных групп с активными компонентами битума, или ввод в состав битума компонента, способного взаимодействовать со структурообразующей фазой сополимера, образуя «зародыши» пространственной сетки.

Рассмотрим как более простой и имеющий перспективы реализации в условиях РБ первый путь.

Сополимеры типа СБС в битуме одновременно выполняют две функции – повышают температуру размягчения и снижают температуру хрупкости. Эффективно выполнить одну из этих функций могут и другие полимеры, более доступные и менее дорогостоящие. В условиях РБ таким полимером является полиэтилен высокого давления, выпускаемый Новополоцким заводом «Полимир».

Применяя одновременно два полимера, мы получаем их смесь. Если полимеры не взаимодействуют между собой, то свойства смесей описываются соотношением:

$$P_c = P_1 \cdot n_1 + P_2 \cdot n_2 \quad (1),$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – свойства отдельных полимеров;  $n_1$  и  $n_2$  – объемные доли каждого полимера в смеси.

Температура хрупкости (по Фраасу) СБС – 60 °С, а полиэтилена – 20 °С. Даже по правилу смесей (отсутствует взаимодействие) для соотношения 1:1 мы получим температуру хрупкости около – 40 °С, что вполне достаточно для климатических условий Белоруссии.

Вязкость же раствора полимеров СБС и ПЭ близка и составляет около 1–2 Па.с. Следовательно, с точки зрения технологической

совместимости и влияния на температуру размягчения они близки между собой. В то же время эффект от совмещения различных полимеров на практике будет значительно выше, чем ожидаемый, исходя из правила смесей.

Дело в том, что системы «полимер – полимер» практически не совместимы с термодинамической точки зрения, поэтому в растворах образуется две фазы, взаимодействующие друг с другом через межфазный переходный слой. Именно появление межфазных слоев приводит к особым свойствам в смесях полимеров.

В работе [3] приведены результаты исследований релаксационных процессов в граничном слое на поверхности полимера.

Для этого были измерены времена спин-решетчатой релаксации и угол диэлектрических потерь в поверхностных слоях акрилатно-эпоксидно-стирольной композиции (сополимер), а также эпоксидной смолы, нанесенной на сополимер стирола с метаметокрилатом (смесь). Оказалось, что композиция характеризуется большей подвижностью сегментов, чем сополимер (процесс релаксации для композиции проявляется при 74 °С, а для сополимера – при 130 °С). То есть в системах «полимер – полимер» гибкий полимер становится более жестким, в то время как более жесткий размягчается.

Следовательно, смесь полимеров практически всегда будет иметь отклонения в свойствах от зависимости (1). Можно полагать, что за счет межфазного взаимодействия свойства смесей можно описывать формулой

$$P_c = P (n_1)^m + P_2 (n_2)^k \quad (2)$$

где  $m$  и  $k$  – показатели, отражающие влияние межфазных переходных зон.

Таким образом, можно полагать, что, используя полиэтилен и другие полимеры, удастся получить битумные смеси с улучшенными свойствами. Экспериментальные исследования были выполнены на битумах различных составов при разном содержании добавок полимеров (табл. 1). При этом битумы готовили таким образом, чтобы они имели одинаковую вязкость. Это позволило исключить ошибку, связанную с неучетом реологических особенностей битумов. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 1 Компонентный состав вяжущих

№ состава	Состав модифицированного вяжущего, %		
	Битум	SBS	PE
1	100	0	0
2	95	5	0
3	95	2	3
4	94	2	4

Таблица 2 Физико-механические свойства вяжущих

№ состава	Физико-механические показатели модифицированного вяжущего			
	Пенетрация при 25 °С, мм <sup>-1</sup>	КиШ, °С	Эластичность при 25 °С, %	Сцепление при 0 °С, %
1	72	48	12	0
2	70	65	24	85
3	71	62	22	67
4	68	59	32	86

Анализ данных таблицы показывает, что вяжущие, содержащие 3–4 % полиэтилена высокого давления и 2 % СБС, не уступают вяжущим, содержащим 5 % СБС и вполне пригодны для устройства поверхностных работ и мембран.

В количественном плане соотношение СБС/полиэтилен целесообразно принять как 1/3. В этом случае при 5%-м содержании смеси свойства вяжущего по температуре размягчения соответствуют стандартам на модифицированные битумы.

Исследования показателей надежности и долговечности асфальтобетонов подтвердили вышеизложенные результаты.

Таким образом, применение смесей различных полимеров при модификации дорожных битумов позволяет в ряде случаев более широко использовать продукцию местных химических предприятий и тем самым снизить стоимость вяжущего.

Учитывая изложенное, в РБ, начиная с 2013 года, стали производить модифицированные битумы с использованием комплексных полимерных добавок. Разработаны ТУ ВУ 100059044-2013 «Полимербитумы для асфальтобетонных смесей повышенной деформационной устойчивости».

Полимербитумы, в зависимости от глубины проникания иглы при температуре 25 °С, подразделяются на типы: ПБ 40, ПБ 70, ПБ 100.

В зависимости от температуры размягчения по кольцу и шару полимербитумы подразделяются на марки: I, II, III. Требуемая температура размягчения по КиШ для первой марки составляет 70 °С, для второй и третьей – 60 °С и 50 °С соответственно.

В качестве полимерных модификаторов битума применяют:

- термопласты и термопластичные эластомеры на основе сополимеров (терполимеров) этилена по ТУ 2294-035-05766801;
- многокомпонентные полимерные модифицирующие добавки по ТУ ВУ 690610504.710.

Используя данные модификаторы и технология, в г. Минске построено более 10 км улиц, которые находятся в хорошем состоянии.

В то же время достичь требуемых показателей асфальтобетонных смесей высоких марок для устройства покрытий городских улиц на основе полимербитумов не удается. Поэтому проводились широкомасштабные эксперименты по применению комплексных полимерных добавок, вводимых в асфальтобетонные смеси, в частности, «Duroflex». С целью расширения номенклатуры указанных добавок и снижения их стоимости в РБ разработаны ТУ 690610504.710.

В качестве добавок применяют полимерный модификатор, который содержит этиленпропиленовый каучук, органический пластификатор и наполнитель. Дополнительно модификатор включает полимер или смесь полимеров полиолефиновой группы, при этом наполнитель вводят минеральный или органический, а в качестве пластификатора и регулятора теплового старения содержит бутадииенитрильный каучук [4].

Крупный и мелкий наполнитель в процессе приготовления асфальтобетонной смеси предварительно, до подачи минерального порошка в смеситель, обрабатывают полимерным модификатором асфальтобетона в течение 5–20 с при температуре 160–200 °С, который вводят в количестве 0,3–1,0 % от массы наполнителя.

Основной проблемой модификации битумов и асфальтобетонов является правильный выбор модификатора и оценка его эффективности. Модификация во всех случаях ведет к удорожанию продукции. Чем более эффективен модификатор с технической точки зрения, тем он дороже. Эффективность модификации должна в конечной ситуации приводить к увеличению сроков службы (долговечности). Поэтому нами уделялось особое внимание данному вопросу.

В общем случае, методы, применяемые для оценки долговечности дорожных асфальтобетонных покрытий, можно разделить на три группы:

1. Методы, основанные на визуально-инструментальных обследованиях состояния дорожного покрытия, условий движения и эксплуатации с последующей обработкой результатов и прогнозом сроков службы.
2. Методы, основанные на применении классических теорий долговечности композиционных материалов с привязкой к особенностям поведения дорожных покрытий.
3. Методы, основанные на моделировании условий работы асфальтобетона дорожного покрытия в лаборатории с последующим анализом протекающих в его структуре процессов (рентгеновские, акустические и др. методы).

Визуально-инструментальные методы можно применять только для материалов, прослуживших достаточно большие сроки и имеющих видимые дефекты. На основании данных методов нельзя прогнозировать ресурс новых материалов, поскольку отсутствует анализ процессов кинетики накопления повреждаемости и деструкции материала в процессе эксплуатации.

Классические теории долговечности применимы для материалов, работающих в условиях одного вида напряженного состояния. Для адаптации реальных материалов требуются очень длительные и высокоточные эксперименты. Практически невозможно привести к единому критерию процессы механического и физико-химического разрушения.

Методы, основанные на исследовании процессов деструкции, имеют интерес с точки зрения оценки воздействия физико-химических факторов. Однако использовать их для прогнозов появления деформаций и

разрушений от механических нагрузок не представляется возможным.

Нами предлагается для оценки долговечности использовать подходы, основанные на теории кинетики накопления повреждаемости и теории надежности, где определяющими характеристиками являются: уровень надежности ( $P$ ) и показатель внутрискрутурной повреждаемости ( $\psi$ ).

Уровень надежности ( $P$ ) – это вероятность безотказной работы асфальтобетонного дорожного покрытия по одному (частный уровень надежности) или ряду (общий уровень надежности) критериев деформационной устойчивости.

Показатель внутрискрутурной повреждаемости ( $\psi$ ) – это относительный объем дефектов в структуре асфальтобетонного дорожного покрытия, накопившихся в результате совместного действия транспортных нагрузок и погодноклиматических факторов и ведущих, при определенном их объеме, к недопустимым деформациям или разрушению.

Исходя из величины указанных характеристик, можно судить о долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий, а следовательно, проводить технико-экономические исследования в разрезе их жизненного цикла, т.е. на стадии проектирования, строительства, содержания и капитального ремонта. Такого рода исследования позволят оптимизировать процессы на указанных стадиях, исходя из достижения максимального результата, как с технической, так и с экономической точки зрения, а также выбрать для этих целей наиболее эффективные материалы и технологии.

Величина требуемого уровня надежности устанавливается из зависимости, представленной в виде графика (рисунок 1), который был разработан для условий Республики Беларусь по результатам многолетних исследований и мониторинга устроенных дорожных покрытий.

Методика определения коэффициентов запаса и общего уровня надежности приведена в [7]. По полученным коэффициентам запаса находят частные уровни надежности ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) по кривым, представленным на рис. 1.

Вероятные сроки службы находят по графику на рис. 2.

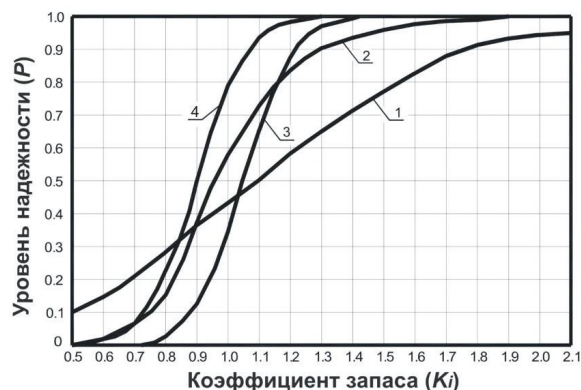


Рис. 1. Зависимость уровня надежности ( $P_i$ ) от величины коэффициента запаса ( $K_i$ ): 1 – из условия устойчивости к пластическим деформациям; 2 – из условия устойчивости к температурным трещинам; 3 – из условия устойчивости к усталостным трещинам; 4 – из условия устойчивости к коррозионным разрушениям

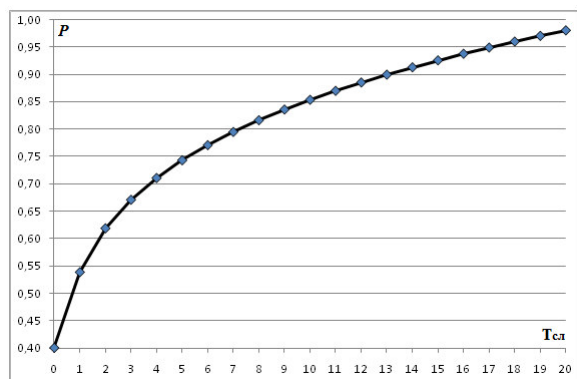


Рис. 2. Зависимость для определения значения общего требуемого уровня надежности

Исходя из величины расчетного срока службы, может быть рассчитан годовой экономический эффект ( $\mathcal{E}$ ) от создания и использования асфальтобетонного дорожного покрытия:

$$\mathcal{E} = [(Z_1 + Z_{c1}) \cdot \varphi - (Z_2 + Z_{c2})] \cdot A_2, \quad (3)$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  – приведенные затраты на приготовление асфальтобетонов для устройства дорожного асфальтобетонного покрытия по сравниваемым вариантам, в у.е. на единицу измерения;  $Z_{c1}$  и  $Z_{c2}$  – приведенные затраты на устройство дорожного асфальтобетонного

покрытия по сравниваемым вариантам, в у.е. на единицу измерения;  $\varphi$  – коэффициент изменения срока службы нового дорожного асфальтобетонного покрытия по сравнению с базовым (эталонным) вариантом.

Указанный коэффициент рассчитывается по формуле

$$\varphi = \frac{C_1 + E_n}{C_2 + E_n}, \quad (4)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – доли сметной стоимости дорожных асфальтобетонных покрытий в расчете на 1 год их службы по сравниваемым вариантам, определяемые по таблице 1 в зависимости от сроков службы;  $E_n$  – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений, равный для сравнительных расчетов 0,15;  $A_2$  – годовой объем устроенных дорожных асфальтобетонных покрытий, в натуральных единицах за рассматриваемый год.

С учетом полученных данных и расчетов может быть получена зависимость к определению доли сметной стоимости дорожного асфальтобетонного покрытия в расчете на 1 год его службы с учетом нормативного коэффициента сравнительной экономической эффективности капитальных вложений ( $C + E_n$ )

$$(C + E_n) = f(P), \quad (5)$$

где  $P$  – общий уровень надежности дорожного асфальтобетонного покрытия.

Таким образом, появляется возможность производить расчеты показателя технико-экономической эффективности, определяемого уровнем надежности дорожного асфальтобетонного покрытия и затратами на его устройство.

Введение добавок в асфальтобетонные смеси оказывает различное влияние на свойства конечного продукта – асфальтобетона. Их введение может быть обосновано только одним основным показателем – увеличением срока службы покрытия из модифицированного асфальтобетона, в сравнении с покрытием из асфальтобетона-аналога. Таким образом, мы считаем, что наиболее целесообразно использовать в качестве параметра,

определяющего технико-экономическую эффективность модификации асфальтобетонных смесей, показатель увеличения общего уровня надежности асфальтобетона, а следовательно, показатель увеличения расчетного срока службы асфальтобетона без появления недопустимых деформаций и разрушений. Для учета этого на практике нами разработаны «Рекомендации по оценке экономической эффективности компонентов асфальтобетонных смесей для устройства дорожных покрытий».

Сущность методики определения показателя технико-экономической эффективности заключается в том, что доля сметной стоимости дорожного покрытия, устроенного из рассматриваемых асфальтобетонных смесей, в расчете на 1 год его службы, с нормативным коэффициентом сравнительной экономической эффективности капитальных вложений ( $C+E_n$ ), который выражается с учетом коэффициента увеличения ( $I$ ) следующих показателей физико-механических свойств асфальтобетона:

$I_1$  – внутреннего сцепления при температуре  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ( $C_{50}$ ), МПа;

$I_2$  – угла внутреннего трения при температуре  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\varphi_{50}$ ),  $^\circ$ ;

$I_3$  – предела прочности при растяжении при температуре  $0\text{ }^\circ\text{C}$  ( $R_0$ ), МПа;

$I_4$  – предельной структурной прочности ( $R_C$ ), МПа;

$I_5$  – водонасыщения ( $W$ ), %.

Тогда зависимость (5) может быть выражена формулой (6).

$$(C + E_n) = 0,22 \cdot I^{-0,75}, \quad (6)$$

где  $I$  – средневзвешенное значение вышеуказанных параметров.

Далее должен быть определен показатель эффективности от изменения срока службы асфальтобетона в дорожной конструкции  $\beta$  по формуле (7), который показывает, во сколько раз модифицированная добавками асфальтобетонная смесь может быть дороже асфальтобетонной смеси без добавок (базовой смеси).

$$\beta = \frac{(C + E_n)^0}{(C + E_n)^1}, \quad (7)$$

где  $(C+E_n)^0$  – доля сметной стоимости базового асфальтобетона;  $(C+E_n)^1$  – доля сметной стоимости модифицированного асфальтобетона.

Стоимость модифицированной асфальтобетонной смеси не может быть выше более чем в  $\beta$  раз, с точки зрения обеспечения технико-экономической эффективности, в сравнении со стоимостью базовой асфальтобетонной смеси. Т.е. должно выполняться условие (8).

$$\frac{C_1}{C_0} \leq \beta, \quad (8)$$

где  $C_1$  – стоимость 1 тонны модифицированной асфальтобетонной смеси;  $C_0$  – стоимость 1 тонны базовой асфальтобетонной смеси.

При сравнении нескольких составов асфальтобетонных смесей с различной вариацией компонентов (например, добавок и модифицированного битума различных производителей), определяющих повышение прочностных свойств, для производства выбирается состав, для которого показатель  $\beta$  имеет наибольшее значение выше 1,00 при выполнении условия по формуле 8.

Рассмотрим реализацию представленной методики на примере проектирования асфальтобетонной смеси по показателям физико-механических свойств для смесей повышенной деформационной устойчивости АПДУ<sub>2в</sub><sup>с</sup>-I по ТУ ВУ 100019869.577-2008.

Для проведения расчетов использованы показатели физико-механических свойств следующих асфальтобетонных смесей (максимальная крупность зерен минерального материала – 15 мм):

1. Асфальтобетонная смесь на битуме БНД 60/90 по ГОСТ 22245 с использованием стабилизирующей добавки по СТБ 1769:

2. Асфальтобетонная смесь на битуме БНД 90/130 по ГОСТ 22245 с использованием модифицирующей полимерной добавки Duroflex (WA-80) по ТС 01.0756.09 от 01.07.09 г.: модифицирующая полимерная добавка Duroflex (WA-80) – 0,8 % сверх 100 % минеральной части.

3. Асфальтобетонная смесь на модифицированном полимерами типа СБС битуме БМА

50/70 по СТВ 1220 с использованием стабилизирующей добавки по СТВ 1769.

Максимальные показатели физико-механических свойств, полученные в процессе проектирования составов асфальтобетонных смесей, представлены в табл. 3.

Таблица 3 Физико-механические свойства асфальтобетонов

Показатель свойств	№ состава			Требуемое значение показателя по ТУ
	1	2	3	
C <sub>50</sub> , МПа	0,38	0,71	0,51	не менее 0,55
φ <sub>50</sub> , °	41,76	42,14	42,02	не менее 41,0
R <sub>0</sub> , МПа	2,66	3,15	2,54	не более 3,50
R <sub>c</sub> , МПа	5,82	7,25	6,63	не менее 7,00
W, %	1,78	1,84	1,92	не более 2,00

Результаты расчета показателя эффективности от изменения срока службы представлены в табл. 4 (с целью сокращения приведем только показатель β).

Таблица 4 Расчет параметра β

Расчет показателя β для составов смесей №		
1	2	3
0,231/0,231 = 1,00	0,231/0,203 = 1,138	0,231/0,213 = 1,085

Исходя из данных, полученных расчетом, относительно требований, предъявляемых к асфальтобетонным смесям АПДУ2<sub>в</sub><sup>с</sup>-I, стоимость асфальтобетонной смеси № 2 может быть выше стоимости асфальтобетонной смеси №1 не более чем на 13,8 %, а стоимость асфальтобетонной смеси №3 – не более чем на 8,5 %.

По данным РУП «СМТ № 8» стоимость асфальтобетонной смеси № 2 и асфальтобетонной смеси № 3 относительно стоимости асфальтобетонной смеси № 1 (базовой смеси) выше на 10,9 и 19 % соответственно.

Таким образом, с точки зрения обеспечения требуемых показателей физико-механических свойств, продления срока службы дорожного покрытия и получения за счет этого экономического эффекта, асфальтобетонная смесь на битуме, модифицированном полимерами типа СБС, является неэффективной, а

затраты, понесенные за счет применения более дорогого битума, не окупятся. Оптимальным является вариант использования в качестве модификатора – многокомпонентной добавки Dugoflex для модификации асфальтобетонной смеси, а не битума.

Используя представленную методику, могут выбираться и минимальные расходы добавок (в асфальтобетонные смеси и битум), исходя из величины требуемого уровня надежности.

## Выводы

Модификация битумов и асфальтобетонов способствует повышению их технических характеристик, надежности и долговечности дорожных покрытий в целом. Для модификации битумов предлагается использовать комплексные полимерные добавки, содержащие термопласты и эластопласты. Модификация асфальтобетонов производится путем ввода в смесь комплексных полимерных добавок в виде гранул.

Разработана методика оценки надежности и долговечности модифицированных асфальтобетонов и на ее основе – технико-экономическое обоснование эффективности выбора конкретных модификаторов.

## Литература

1. Vonk W. Extension of the service temperature range of road binders with SBS thermoplastic elastomers / W. Vonk, C. Valkering // 1996 ARRB ROADS 96 conference, September 1996. : proceedings of the conference. – Christchurch. – 1996. – Vol. 18. – № 2. – P. 267–278.
2. Collins J.H. Block Copolymer Modification of Asphalt Intended for Surface Dressing Applications / J.H. Collins, W.J. Mikols // 60-th Meeting of the Association of Asphalt Pavement Technologists, Feb.1985. : proceedings – St. Paul. – 1985. – Vol. 54. – P. 1–17.
3. Веренько В.А. Новые материалы в дорожном строительстве / В.А. Веренько. – Минск: Технопринт, 2004. – 170 с.
4. Пат. 017056 Евразия, С08L 95/00, С04В 26/26. Полимерный модификатор для асфальтобетона и способ приготовления асфальтобетонной смеси на его основе / Веренько В.А., Занкович В.В., Яцевич П.П., Бриш И.Г.; заявитель и патентообладатель



- тель частное торгово-производственное унитарное предприятие «Новые административные технологии» (ВУ). – №200901467; заявл. 2009.09.15, опубл. 2011.04.29, Бюл. № 2.
5. Веренько В.А. Особенности оценки устойчивости к пластическим деформациям и температурным трещинам модифицированных асфальтобетонов. Результаты исследований. Часть 1 / В.А. Веренько, В.В. Занкович, П.П. Яцевич, П. Полман // Мир Дорог. – 2012. – № 65. – С. 55–56.
6. Веренько В.А. Особенности оценки устойчивости к пластическим деформациям и температурным трещинам модифицированных асфальтобетонов. Результаты исследований. Часть 2 / В.А. Веренько, В.В. Занкович, П.П. Яцевич, П. Полман // Мир Дорог. – 2013. – № 66. – С. 70–73.
7. Веренько В.А. Деформации и разрушения дорожных покрытий. Причины и пути устранения / В.А. Веренько. – Минск: Беларус. Энцикл. 2008, – 304 с.

Рецензент: В.А. Золотарев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

---