

Асфальтобетонные смеси на основе модифицированного битумного вяжущего

А.А. Котляревский, И.В. Незамаева

*Институт архитектуры и строительства
Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград*

Аннотация: В статье отмечается необходимость обеспечения качества дорожных покрытий с помощью применения модифицированных битумных вяжущих. Подчеркивается, что данная проблема характерна для целого ряда стран, в том числе и для России. Изложены области применения модифицированных битумных вяжущих. Предложены составы и технология горячих асфальтобетонных смесей с использованием модифицированного битума. Указывается, что асфальтобетонные смеси, приготовленные на основе модифицированных битумов, дают высокие прочностные показатели и удовлетворяют требованиям действующих государственных стандартов.

Ключевые слова: дорожное покрытие, модифицированный битум, адгезия, добавка, технология, состав, прочность, колееобразование, трещиностойкость.

Вопросы качества дорожных покрытий имеют особую актуальность во всех странах, а для России они более чем актуальны, так как асфальтобетонные смеси для дорожных покрытий, традиционно применяемые в нашей стране, не отвечают современным требованиям, предъявляемым к качеству дорожного полотна, которое подвергается повышенным нагрузкам (прежде всего с точки зрения интенсивности и грузонапряженности движения), что, несомненно, негативно сказывается на его долговечности. Мониторинг транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, выполненный также навигационными системами [1], показывает, что в России и во многих зарубежных странах в ближайшее время будет наблюдаться неуклонный рост объемов работ по ремонту верхнего покрытия дорожной одежды. Анализ научных исследований [2–4], проведенных зарубежными учеными, а также патентный поиск [5, 6] показывают, что одним из основных направлений создания новых инновационных многофункциональных материалов, обеспечивающих

улучшение качества и повышение долговечности асфальтобетонных покрытий, является модификация битумов.

Нефтяной битум применяется при ремонте, содержании и строительстве автомобильных дорог в качестве вяжущего материала. Его назначением является связывание минерального остова смеси в единое целое для обеспечения технологических и эксплуатационных характеристик дорожной одежды и влияния на них движения и климатических факторов.

Одна из характеристик битума – это адгезионная способность вяжущего по отношению к минеральным материалам основной и кислой природы, которая определяет сцепление в составах для поверхностной обработки дорожных покрытий и водостойкость асфальтобетонов.

Нефтяные дорожные битумы, в соответствии с ГОСТ 22245-90, обладают низкими адгезионными свойствами, вследствие чего для улучшения уровня долговечности асфальтобетонных покрытий используют модифицированные битумы.

Модифицированные битумы имеют большой диапазон рабочих температур, что позволяет им быть тепло- и морозоустойчивым, повышается их сопротивляемость нагрузкам, улучшается долговечность, эластичность и т. д. В ходе многочисленных исследований выявлено, что приготовление и уплотнение асфальтобетона на основе модифицированного битума позволяет качественно повысить ряд показателей, характеризующих асфальтобетонные смеси. Так, в частности, улучшается тепло- и морозостойкость асфальтобетона, повышается срок его службы вследствие увеличения износостойкости. При этом современные технологии зачастую не способны обеспечить производство такого битума, который обладал бы всеми необходимыми с точки зрения дорожного строительства свойствами. Одним из решений этой задачи является использование специально изготавливаемых искусственных материалов. В наше время

нефтехимические производства предлагают огромное разнообразие искусственных материалов и полимеров.

Практика показывает, что использование в дорожной отрасли добавок, разработанных за рубежом, с одной стороны, экономически нецелесообразно, поскольку связано с существенными финансовыми вложениями, а с другой – не эффективно, потому как такие добавки не способствуют стабильности адгезионных свойств дорожного битума и снижают прочностные характеристики асфальтобетона при высоких температурах (+50 °С).

Чтобы получить смесь, которая будет сохранять устойчивость в процессе хранения, рекомендуется выбрать соответствующий базисный битум [7]. Смесь считается пригодной для хранения в том случае, когда в результате продолжительного хранения в резервуаре асфальтосмесительной установки горячего битума не наблюдается разделение фаз.

ГП «РосдорНИИ» совместно с АО «Акохим» разработана катионно-адгезионная добавка «КАП»-ТУ-2484-008-22288198-97. Катионно-адгезионная добавка «КАП» – это смесь катионного ПАВ, произведенного на основе триэтаноламина, с продуктом полимеризации ненасыщенных углеводородов фракции C₅-C₉. «КАП», добавленная в битум в количестве 0,5...1,2 % от массы вяжущего, стабилизирует систему, оказывает пластифицирующий эффект и повышает устойчивость битума к старению. Помимо этого добавка позволяет:

- снизить показатели пенетрации при 0 °С и 25 °С на 10...15 %;
- уменьшить температуру хрупкости на 2...4 °С;
- увеличить растяжимость при 0 °С на 5...10 %.

Асфальтобетон, приготовленный с добавкой «КАП», обладает более высокими и стабильными показателями водостойкости и коррозионной устойчивости к солевым растворам. Значительно (на 15...20 %) повышаются прочностные показатели асфальтобетона при температурах +20°С и +50°С.

Асфальтобетонные покрытия с применением добавки «КАП» более устойчивы к колееобразованию, обладают повышенной трещиностойкостью. По результатам мониторинга участков покрытий, построенных с применением добавки «КАП», установлено, что на протяжении 6 лет эксплуатации покрытия сохраняют рабочий ресурс даже при интенсивности движения 120 000 авт./сут (а/д «Беларусь» 32...35 км) [8].

Проблему совершенствования физико-механических свойств асфальтобетонных смесей и, как следствие, улучшения качества дорожных покрытий представляется возможным решить посредством применения в качестве вяжущего модифицированного битума, прежде всего с использованием тройных каучуков. Обладая малой степенью ненасыщенности, такие каучуки отличаются высокой стойкостью по отношению к окислительной деструкции, хорошо набухают в нафтеновых и парафиновых углеводородах.

В настоящее время наиболее часто в дорожной отрасли стали использоваться битумы, модифицированные синтетическими каучуками. Как правило, для этих целей применяют синтетические каучуки общего назначения, поскольку они могут набухать и частично растворяться в маслах. Особое распространение получили такие эластомеры, как бутилкаучук, полиизопрен, полибутадиен, сополимеры на основе этилена и пропилена (СКЭП и СКЭПТ), бутадиенстирольные каучуки, блок-сополимеры диеновых и винилароматических углеводородов со свойствами ТЭП [9].

Полиизопрен, представляющий собой один из синтетических аналогов натурального каучука, эффективно сочетается с битумом. К достоинствам изопреновых каучуков следует отнести то, что они не нуждаются в предварительной пластификации при обработке, быстро смешиваются с другими ингредиентами и хорошо растворяются в большинстве углеводородных растворителей и масел [10].

В качестве отличного модификатора зарекомендовали себя и бутадиеновые каучуки. Они характеризуются широким молекулярно-массовым распределением и являются совместимыми с маслами. Соответствующие низкотемпературные свойства, высокая степень износостойкости, а также водонепроницаемость делают битумные композиции, содержащие полибутадиены, эффективным связующим для асфальтобетонных покрытий. Если требуется повышенная газо- и водонепроницаемость, устойчивость к воздействию кислот и улучшенные низкотемпературные характеристики, то целесообразно применять сополимеры бутадиена со стиролом. В качестве общего недостатка всех синтетических каучуков можно назвать нестойкость к окислительной деструкции по причине их большой ненасыщенности.

К числу эластомеров, улучшающих свойства битумов, относят и такой синтетический каучук общего назначения, как бутилкаучук. Он входит в группу многотоннажных и дешевых каучуков. Низкая ненасыщенность позволяет бутилкаучуку проявлять значительную химическую устойчивость к воздействию кислорода. В битумных композициях этот эластомер служит в целях повышения водо- и морозостойкости дорожных, а также кровельных покрытий. Однако необходимо отметить, что под воздействием ультрафиолетового излучения в ПБВ с использованием бутилкаучука наблюдается процесс сильной деструкции. Для его стабилизации вводят антиоксидант в количестве до 0,5 %.

Новые перспективы в решении проблемы эффективной модификации битумов наметились тогда, когда стали применять каучуки на основе сополимеров этилена и пропилена, а именно двойные (СКЭП) и тройные (СКЭПТ), в которых в качестве третьего мономера выступал этилиденнорборнен, дициклопентадиен или 1,4-гексадиен, содержащие небольшое количество непредельных звеньев в боковой цепи. Обладая малой

ненасыщенностью, перечисленные полимеры проявляют исключительную стойкость к окислению, действию агрессивных сред. Кроме того, они являются тепло- и озоностойкими и стабильны даже без противостарителей, обладают способностью смешиваться с большим количеством наполнителей, хорошо набухают в парафиновых и нефтяных углеводородах, характеризуются высокими механическими свойствами, термопластичны, предотвращают выпотевание битума. Тем не менее на практике каучуки на основе сополимеров этилена и пропилена не нашли достаточно широкого применения, отсутствуют данные о применении вулканизации этиленпропиленового каучука для модификации дорожного битума.

В качестве синтетических полимеров, служащих для модификации битума, специалисты также рекомендуют использовать термоэластопласты. При обычных температурах термоэластопласты имеют те же свойства, что и каучуки, а при повышенных температурах приобретают свойства текучести, что характерно для пластмасс. У полученных компаундов отмечаются прекрасные механические свойства, они характеризуются высокой гидростойкостью и повышенной теплостойкостью, имеют отличные низкотемпературные свойства.

В европейских странах, например во Франции и Германии, широко распространено использование полимербитумных вяжущих с применением термоэластопластов типа СБС, доля которых на рынке битумных модификаторов составляет порядка 40 %. Некоторые зарубежные фирмы сосредоточены на концентрированном изучении модифицированных битумов. Так, например, чешская компания PARAMO Pardubice успешно использует свои разработки для применения в дорожной отрасли термоэластопластов типа СБС – Cariflex и этиленвинилацетатных сополимеров – Motalplast-65 для модификации битумов. Словацкая фирма Appolobit использует в качестве модификаторов полиэтилен и полипропилен.

В Италии для модификации служат, как правило, пластомеры и атактический полипропилен. Фирма Shell производит ТЭП – «Кратон Д», используемый и в нашей стране для модификации битумов.

В ходе проведенных на кафедре строительных материалов и специальных технологий ИАиС ВолгГТУ исследований были разработаны оптимальные составы модифицированных битумных вяжущих с улучшенными физико-механическими и физико-химическими свойствами с использованием отходов производства поликапроамида, что позволило разработать технологическую схему получения дорожных асфальтобетонов на основе модифицированного битумного вяжущего с использованием отходов производства поликапроамида [11].

В исследованиях нами были использованы асфальтобетонные смеси с содержанием минеральной части и битума марки БНД 60/90.

В состав асфальтобетонных смесей входят следующие компоненты:

- продукт дробления известнякового щебня ОАО «Карбонат», а именно щебень карбонатных пород фракции 5...20 и маркой дробимости 1000;
- песок ЗАО «Орловский песчаный карьер», модуль крупности 2;
- минеральный порошок – неактивированный МП-1, полученный на заводе МБУ «Северное»;
- нефтяные битумы БНД 60/90, полученные на ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка», содержание которых составило 6,5 %.

Все компоненты соответствуют мелкозернистой, плотной, горячей асфальтобетонной смеси марки В 3 по ГОСТ 9128-2013, на основании которой и было проведено исследование.

Для модификации битума вводились олигокапроамид, а также олигомеры линейного и циклического строения. Циклических олигомеров в поликапроамидных отходах может содержаться до 11,5 % [там же].

В ходе испытаний установлено, что оптимальным является содержание олигомеров линейного или циклического строения в количестве 3 % от массы вяжущего, а смеси олигокапромидов в битуме – 6 %. Данное количество модифицирующих добавок оптимально для повышение качества применяемых битумов [12].

По результатам исследования нами предложена смесь типа В по ГОСТ 9128-2013, приготовленная на известняковом щебне с применением битума марки БНД 60/90, которая была изготовлена на заводе МБУ «Северное». Состав асфальтобетонной смеси приведен в табл. 1.

Таблица № 1

Состав асфальтобетонной смеси

Наименование материалов	Состав минеральной части асфальтобетонной смеси, % битум сверх 100 %	Состав минеральной части асфальтобетонной смеси, % битум в 100%	Дозировка материалов на замес, кг 800/670
Отвес фр. 15...20 мм	9,9	9,3	74/62
Отвес фр. 10...15 мм	12,4	11,5	92/77
Отвес фр. 5...10 мм	11,7	11,0	88/74
Отвес фр. 0...5 мм	59,5	55,6	445/372
Отвес неактивированного минерального порошка	7,0	6,5	52/44
Отвес битума БНД 60/90 ООО «Лукойл ВМП» с доб. олигомеров 3 % от массы битума, олигокапромиды 6 % от массы битума	6,5	6,1	49/41
Итого	107,0	100,0	800/670

Анализ результатов, полученных экспериментальным и практическим путем, подтвердил эффективность использования отходов производства поликапроамида, что ведет к повышению водостойкости битума, в связи с

чем улучшается адгезия при его взаимодействии с минеральным материалом. Также наблюдается понижение водонасыщения у асфальтобетонных смесей. В целом, асфальтобетонные смеси, приготовленные на основе модифицированных битумов, дают нам высокие прочностные показатели и удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128-2013.

В настоящее время полимерные материалы на мировом рынке обладают высокой стоимостью, поэтому полимербитумные вяжущие целесообразно использовать только для ответственных участков дорог, испытывающих повышенные динамические воздействия на покрытие (покрытия на мостах, аэродромах, полосах примыкания к трамвайным путям), а также для заполнения швов и трещин в покрытиях.

Полученные результаты экспериментальных и теоретических исследований позволяют в дальнейшем продолжить данное исследование, а именно более подробно изучить свойства и технологии других видов асфальтобетонных смесей (литых, холодных), а также смесей для ремонта дорожных покрытий.

Литература

1. Чуб Е.Г. Использование методов оптимального стохастического управления для решения задачи начальной ориентации инерциальной навигационной системы при диагностике транспортно-эксплуатационного состояния дорог // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2197/.

2. Sindu B. S., Sasmal S., Evaluation of mechanical characteristics of nano modified epoxy based polymers using molecular dynamics, Computational materials science. (2015); Volume: 96; pp. 146-158. DOI: 10.1016/j.commatsci.2014.09.003.

3. Ribeiro M. C. S., Sousa S. P. B., Novoa P. R. O., Pereira C. M., Ferreira A. J. M. Fire retardancy enhancement of unsaturated polyester polymer resin filled

with nano and micro particulate oxide additives, 2014 International conference on manufacturing, optimization, Industrial and material Engineering (MOIME 2014). (2014); Volume: 58. DOI: 10.1088/1757-899X/58/1/012020.

4. Ferro G., Tulliani J.M., Lopez A., Jagdale P. New cementitious composite building material with enhanced toughness, Theoretical and applied fracture mechanics. (2015); Volume: 76; pp. 67-74.

5. Кузора И.Е., Ёлшин А.И., Микишев В.А., Томин В.П., Кузнецов Ю.П., Денисевич Н.В. Способ получения полимер-битумной композиции. Patent RU 2237691. (2004).

6. Арутюнов И.А., Стебаков А.П., Цветков В.С., Цветков Л.В., Стебаков Г.А., Куров Л.Н. Способ получения битумной композиции для асфальтовых покрытий. Patent RU 2238955. (2004).

7. Черных Д.С., Строев Д.А., Задорожний Д.В. Оценка влияния количества асфальтогранулята и технологии его подачи на свойства приготавливаемых асфальтобетонных смесей // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2197.

8. Дороги должны служить долго // Транспортное строительство № 1 (2007); С. 96-97. URL: rostransport.com/transportrf/pdf/7-8/96-97.pdf / (дата обращения: 26.05.2017).

9. Розенталь Д. А., Таболина Л. С., Федосова В. А. Модификация свойств битумов полимерными добавками. // М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1988. С. 2-8

10. Пат. 1334777 (1995). Канада. Способ получения связующего для дорожных покрытий на основе битума и каучукового порошка, из использованных резиновых отходов. // РЖ. Хим. 1996. 22П237П.

11. Тютюнщиков Н.В., Акчурин Т.К., Рахимов А.И. Улучшение физико-технических свойств битумнополимерных композиций // Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций. Материалы III

Международной научно-технической конференции. Часть III. Волгоград: ВолгГАСУ-2003- С.73-74.

12. Котляревский А.А., Королев С.А., Вовко В.В. Исследование влияния модификаторов на физико-механические характеристики литых асфальтобетонных смесей при использовании отходов производства поликапроамидов // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства региона: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград, 2006.- С.100-103.

References

1. Chub E.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2197/.

2. Sindu B. S., Sasmal S., Evaluation of mechanical characteristics of nano modified epoxy based polymers using molecular dynamics, Computational materials science. (2015); Volume: 96; pp. 146-158. DOI: 10.1016/j.commatsci.2014.09.003.

3. Ribeiro M. C. S., Sousa S. P. B., Novoa P. R. O., Pereira C. M., Ferreira A. J. M. Fire retardancy enhancement of unsaturated polyester polymer resin filled with nano and micro particulate oxide additives, 2014 International conference on manufacturing, optimization, Industrial and material Engineering (MOIME 2014). (2014); Volume: 58. DOI: 10.1088/1757-899X/58/1/012020.

4. Ferro G., Tulliani J.M., Lopez A., Jagdale P. New cementitious composite building material with enhanced toughness, Theoretical and applied fracture mechanics. (2015); Volume: 76; pp. 67-74.

5. Kuzora I.E., Jolshin A.I., Mikishev V.A., Tomin V.P., Kuznecov Ju.P., Denisevich N.V. Sposob poluchenija polimer-bitumnoj kompozicii [Method for Obtaining Polymer Bitumen Composition], Patent RU 2237691. (2004).



6. Arutjunov I.A., Stebakov A.P., Cvetkov V.S., Cvetkov L.V., Stebakov G.A., Kurov L.N. Sposob poluchenija bitumnoj kompozicii dlja asfal'tovyh pokrytij. [Method for Obtaining Bitumen Composition for Asphalt Coatings]. Patent RU 2238955. (2004).
7. Chernyh D.S., Stroev D.A., Zadorozhnyj D.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2197/.
8. Dorogi dolzhny sluzhit' dolgo [Roads should serve for a long time] Transportnoe stroitel'stvo [Transport construction] (Rus), 2007, № 1; pp. 96-97 URL: rostransport.com/transportrf/pdf/7-8/96-97.pdf.
9. Rozental' D. A., Tabolina L. S., Fedosova V. A. M.: CNIITJeneftehim (Rus), 1988; pp. 2-8.
10. Pat. 1334777 (1995). Kanada. Sposob poluchenija svjazujushhego dlja do-rozhnyh pokrytij na osnove bituma i kauchukovogo poroshka, iz ispol'zovannyh rezinovyh othodov [Method for obtaining a binder for road coatings based on bitumen and rubber powder, from used rubber waste]. RZh. Him. 1996. 22P237P.
11. Tjutjunshhikov N.V., Akchurin T.K., Rahimov A.I. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii (Rus). Chast' III. Volgograd: VolgGASU-2003, pp. 73-74.
12. Kotljarevskij A.A., Korolev S.A., Vovko V.V. Social'no-jeconomicheskie i tehnologicheskie problemy razvitija stroitel'nogo kompleksa i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva regiona: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Rus). Volgograd, 2006, pp.100-103.