

Киндеев О.Н., аспирант,
Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.,
Шеховцова С.Ю., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ ВИДА ПЛАСТИФИКАТОРА НА СВОЙСТВА БИТУМА И ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ*

Rusina.svetlan@yandex.ru

В данной работе произведена оценка влияния различных пластификаторов на показатели свойств битума, определено необходимое их количество для разжижения вяжущего. Проведен анализ качественных характеристик образцов полимерно-битумных вяжущих (ПБВ), приготовленных с использованием различных пластификаторов и полимеров. Установлено влияние пластификатора на склонность к старению и расслаиванию ПБВ.

Ключевые слова: полимерно-битумные вяжущие, пластификатор, старение, расслоение.

Введение. Времена, когда дорожная отрасль была отстающим звеном в экономической цепочке страны остались, к счастью, позади. Сегодня – это динамично и интенсивно прогрессирующий производственный сегмент РФ, который с каждым годом набирает обороты и темпы развития. Увеличивается протяженность дорог с твердым покрытием, появляются новые технологии и материалы, ужесточаются требования к качеству и долговечности автомобильных дорог.

В свете этого, все чаще в проектную документацию на строительство и реконструкцию автомобильных дорог включаются полимерно-битумные вяжущие (ПБВ), для устройства покрытий из полимерасфальтобетонных смесей. Это связано с тем, что использование этого вяжущего позволяет уменьшить возникновение пластических деформаций и тем самым продлить срок службы покрытия [1–2]. Актуальность и востребованность данного вида вяжущего на дорожно-строительном рынке РФ активизировали многочисленные исследования в этом направлении [1–6].

Безусловно, что наиболее целесообразно и эффективно для приготовления ПБВ применять битумы с пенетрацией 130–200 и 200–300 мм¹, в этом случае не требуется пластификация, но это,

к сожалению, не всегда возможно. И связано это не только с несовершенством битумов, производимых российскими нефтеперерабатывающими заводами (НПЗ). Есть золотое правило торговли, в соответствии с которым, «клиент – всегда прав!». А вот выполнить пожелания заказчика, варьируя исключительно соотношением битум/полимер, бывает невозможно. И, в этом случае, для достижения качественных показателей модифицированного вяжущего необходимым условием становится использование пластификатора.

При этом, любой дополнительный компонент в составе ПБВ это не только удорожание продукции, но и нарушение «хрупкого» равновесия в системе «битум-полимер», поэтому к выбору пластификатора надо подходить здравомысленно и аккуратно.

Основная часть. В работе, для постановки эксперимента был использован битум БНДУ 60 ОАО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез», показатели свойств, которого представлены в табл. 1, и полимеры: Кратон D 1101 и отечественный аналог SBS L 30-01 А. Из представленной таблицы видно, что битум полностью соответствует требованиям нормативного стандарта.

Таблица 1

Физико-механические показатели битума БНДУ 60/90

Наименование показателей	СТО АВТОДОР 2.1-2011	Фактические результаты	Методы испытаний
Глубина проникания иглы 0,1 мм, при 25 °С при 0 °С	>51–70 >13	64 23	ГОСТ 11501
Растяжимость, см, при 25 °С при 0 °С	>70 Не нормируется Определение обязательно	100 2,4	ГОСТ 11505 ГОСТ 11505
Температура размягчения °С ,	> 51	54	ГОСТ 11506
Температура хрупкости, °С	> -15	-15	ГОСТ 11507

Очевидно, что получить эффективное ПБВ 60 из битума с пенетрацией 64 мм^{-1} не возможно. Будет наблюдаться недостаток легких фракций для набухания и растворения полимера в вяжущем. В связи с этим встал актуальный вопрос о необходимости использования пластификатора. В качестве пластификаторов рассматривались: мазут М-100, масло индустриальное И-40, Азол 1101 и Унипласт.

В общем виде, эффективность растворения полимера в битуме зависит от:

- молекулярной массы полимера;
- размера частиц полимера;
- вязкости исходного битума и его группового состава;
- температурного режима приготовления ПБВ;
- продолжительности перемешивания вяжущего.

В работе было принято, что молекулярная масса, температурный режим приготовления и продолжительность перемешивания ПБВ величины неизменные. Варьирование происходило за счет вязкости пластифицированного битума и полимера. Подбор составов ПБВ и исследование их свойств, производили по стандартной методике.

Для оценки влияния различных пластификаторов на показатели свойств битума и определения необходимого их количества для разжижения вяжущего пластификатор вводился в количестве от 0 до 5 %, дальнейшее увеличение было не целесообразно с экономической точки зрения. Затем определялась вязкость битума, температура размягчения и потеря массы после прогрева. Полученные данные представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Динамика изменения условной вязкости битума от вида и содержания пластификатора

Вид пластификатора	Содержание пластификатора в битуме, %					
	0	1	2	3	4	5
Мазут М-100 (1)	64	75	81	85	91	97
Масло И-40 (2)		68	77	80	80	96
Азол 1101 (3)		66	77	82	86	96
Унипласт (4)		77	87	95	100	95

Таблица 3

Динамика изменения массы битума с пластификатором после прогрева

Вид пластификатора	Содержание пластификатора в битуме, %					
	0	1	2	3	4	5
Мазут М-100 (1)	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
Масло И-40 (2)		0,6	0,8	0,8	1,2	1,6
Азол 1101 (3)		0,4	0,4	0,7	0,9	0,9
Унипласт (4)		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

Исследуемые пластификаторы не оказали значительного влияния на температуру размягчения разжиженного битума, однако «лидером» в серии пластификаторов стало масло индустриальное. Для битума, пластифицированного маслом индустриальным характерна максимальная потеря массы после прогрева.

Пластификатор не должен быть летучим. Наличие значительного количества летучих компонентов, в составе вяжущего определяет высокую скорость их испарения при прогреве, что является показателем склонности вяжущего к старению и способствует значительному изменению температуры размягчения.

Минимальные показатели были получены при использовании мазута М-100 и пластификатора №4. Этот же пластификатор показал наилучший пластифицирующий эффект битума

при содержании 3–4 %.

Основная цель первого этапа эксперимента, путем разжижения битума выйти на его пенетрацию при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$ в интервале $85\text{--}90 \text{ мм}^{-1}$, при которой становится возможным набухание, растворение и гомогенизация полимера.

В процессе интерпретации полученных результатов, за оптимальное содержание пластификатора в битуме принято: Мазут М-100 – 3,5 %; Масло И-40 – 4,5%; Азол – 3,5%; Унипласт 4 – 2,5%.

Установленные концентрации пластификатора были использованы для дальнейшего подбора состава ПБВ-60. Оптимальные составы ПБВ, соответствующие соотношению «цена-качество», и показатели их свойств представлены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели свойств подобранных составов ПБВ 60

Показатели свойств	Требования ГОСТ	SBS L 30-01A			Кратон D 1101		
		соотношение пластификатор / полимер					
		Мазут 3,5/2,8	Азол 3,5/2,8	Унипласт 3,0/3,2	Азол 3,5/2,8	Масло И-40 4,5/2,8	Унипласт 3,0/3,2
Глубина проникания иглы 0,1 мм, при 25 °С	не менее 60	63	65	70	64	64	63
	32	32	33	35	32	34	32
Растяжимость, см. при 25 °С	25	32	38	55	28	26	40
	11	12	15	13	14	13	12
Температура размягчения, °С	не ниже 54	65	63	65	68	64	69
Температура хрупкости по Фрасу, °С	не выше -20	-22	-21	-23	-21	-24	-21
Однородность	однородно	однородно	однородно	однородно	однородно	однородно	однородно
Эластичность, % при 25 °С	80	84	82	86	80	82	81
	70	71	73	74	72	73	72

Как видно из табл. 4, при использовании полимера SBS L 30-01 A наиболее эффективные составы получены при работе с пластификатором №1. Если рассматривать серию экспериментов с полимером Кратон D 1101, то необходимо отметить, что при использовании индустриального масла был получен наиболее эффективный состав ПБВ 60 с позиции стандартных показателей качества. Очевидно, это связано с его значительным содержанием. Использование мазута в качестве пластификатора не позволило получить кондиционное вяжущее.

Не зависимо от вида полимера, получить вяжущие, отвечающие совокупности полезных свойств, удалось при использовании в качестве пластификатора «Азол» и «Унипласт», что связано с отсутствием в их составе минеральных масел и наличием органической кислоты, позволяющей им эффективно, в совокупности с битумом, растворять полимер.

Известно [3], что растворение с предварительным набуханием характерно только для веществ с достаточно большой молекулярной массой, при значительной разнице в скоростях диффузии смешиваемых веществ. Набухание отличается от обычного смешивания тем, что этот процесс односторонний. Молекулы растворителя проникают в свободное пространство между звеньями изогнутых цепей макромолекул полимера, раздвигая сначала отдельные участки, а затем макромолекулы. В то время, как полимер поглощает растворитель, макромолекулы СБС не успевают переместиться в жидкую фазу. После того, как цепи макромолекул достаточно отодвинуты друг от друга и ослаблено взаимодействие между ними, начинается диффузия

макромолекул в фазе растворителя. Интенсивность и качество протекающих процессов определяют на выходе товарные свойства ПБВ.

Переход на новые требования к качеству используемых в дорожной отрасли материалов, обуславливает необходимость соответствия их не только отечественным стандартам [9], но и европейским требованиям [10]. В частности, для ПБВ, становятся неотъемлемыми показатели расслоения и старения, табл. 5, особенно если речь идет о системе, в которой дополнительно присутствует пластификатор.

При изучении стабильности свойств, приготовленных и исследуемых ПБВ, после нахождения в тубе, максимальное расслаивание наблюдается у образцов, приготовленных с использованием масла индустриального и полимера Кратон D 1101. Дефективность состава прослеживается не только при изучении расслаиваемости в тубе, но и при изучении устойчивости к старению, которая определялась по методу TFOT, старение в тонкой пленке.

Наименьшей склонностью к проявлению дефектов характеризуются образцы, приготовленные на Унипласте и Азоле. В этом случае, расслоение и разница в показателях минимальны, не зависимо от полимера. Наивысшую склонность к деструктивным процессам (расслоению, старению) показали образцы, приготовленные с использованием масла индустриального, что в полной мере согласуется с данными табл. 2, 3, и является неопровержимым доказательством опасности его использования при приготовлении ПБВ с точки зрения потери качества продукции.

Таблица 5

Склонность к деградации подобранных составов ПБВ 60

Наименование показателя		Требования ГОСТ, EN	SBS L 30-01A			Кратон D 1101		
			соотношение пластификатор / полимер					
			Мазут 3,5/2,8	Азол 3,5/2,8	Унипласт 3,0/3,2	Азол 3,5/2,8	Масло И-40 4,5/2,8	Унипласт 3,0/3,2
Расплаивае- мость в тубе	T _{хр} , °C	-						
	- верх туба		-22	-21	-21	-21	-26	-23
	- низ туба		-23	-21	-22	-22	-18	-22
	T _р , °C	5						
	- верх туба		65	64	65	67	58	68
- низ туба	63	62	63	69	66	67		
Устойчивость к расслаиванию:								
- Δ температуры хрупкости, °C		-	1	0	1	1	8	1
- Δ температуры размягчения,		5	2	2	2	2	8	1
Δ температуры размягчения после прогрева, °C		5	3	3	2	2	12	6
Устойчивость к старению метод ИГОТ	изменение массы, %	-	0,6	0,8	0,9	0,9	1,5	0,8
	температуры раз- мягчения, °C	-	2	3	3	5	11	3

Выводы. Как видно, наличие пластифицирующих компонентов в вяжущем, в ряде случаев, является необходимым условием на пути получения качественного ПБВ. Однако, стоит отметить, что именно пластификатор вносит основной вклад в процессы деградации, проявляющиеся в виде расслоения и старения, оценку которой производили по изменению массы вяжущего и температуры размягчения после прогрева. Поэтому, одним из основополагающих требований к пластификаторам должно выступать свойство – максимально долго сохранять ими показатели, в идеальном исполнении до окончания срока использования композиции.

Таким образом, можно заключить, что при разработке составов ПБВ необходимо тщательно подходить к выбору совокупности системы «битум-полимер – пластификатор» так как существует вероятность их несовместимости, либо использовать специальные приемы, направленные на уменьшение их конкурирующей между собой способности.

**Работа выполнялась в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ №1950, а также проекта стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Quintero L.S., L. E. Sanabria, Analysis of Colombian Bitumen Modified With a Nanocomposite // Journal of Testing and Evaluation (JTE). 2012. Volume 40. Issue 7. PP. 93–97.
2. Marina Vysotskaya, Kuznetsov Dmitriy, Rusina Svetlana, Evgenia Chevtaeva Experience and Prospects of Nanomodification Using in Production of Composites Based on Organic Binders //

5th International Conference NANOCON 2013 – Brno, Czech Republic, EU. October 16th -18th 2013.

3. Полякова В.И., Полякова С.В. Особенности получения и применения полимерно-битумных вяжущих в дорожном строительстве // Дороги и мосты. 2013. № 3. С. 277–298

4. Лукаш Е.А., Кузнецов Д.А., Бабанин М.В. Эффективные асфальтобетонные смеси с использованием модифицированных наполнителей. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 57–60.

5. Высоцкая М.А., Фёдоров М.Ю. Разработка наномодифицированного наполнителя для асфальтобетонных смесей. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 61–65.

6. Высоцкая М.А., Русина С.Ю. О перспективах использования нанотрубок при приготовлении полимер-битумного вяжущего // Дороги и мосты. 2014. №2. С.171–187.

7. Хозин В. Г., Низамов Р.К. Полимерные нанокомпозиты строительного назначения // Строительные материалы. 2009. №8. С. 32–35.

8. Аюпов, Д.А., Мурафа А.В. Модифицированные битумные вяжущие строительного назначения // Строительные материалы. 2009. №8. С. 50–51.

9. ГОСТ Р 52056-2003. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров. Введ. 01.01.2004. М.: Изд-во стандартов, 2003. 23 с.

10. EN 133399 Определение стабильности модифицированных битумов. Введ. 01.01.2015. М.: Изд-во стандартов, 2013. 12 с.

Kindeev O.N., Vysotskaya M.A., Shekhovtsova S.Y.

THE EFFECT OF TYPE OF PLASTICIZER ON THE PROPERTIES OF BITUMEN AND POLYMER-BITUMEN BINDERS

In this work, we evaluated the effect of different plasticizers on the properties of bitumen and determination of their necessary quantity to liquefy the binder. The analysis of the qualitative characteristics of samples of polymer-bitumen binder (PBB) prepared using different plasticizers and polymers. The influence of plasticizer on the propensity to aging and delamination of the PBB.

Key words: *polymer-bitumen binders, plasticizer, ageing, delamination.*

Киндеев Олег Николаевич, аспирант кафедры строительства автомобильных дорог и аэродромов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства автомобильных дорог и аэродромов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: roruri@rambler.ru

Шеховцова Светлана Юрьевна, аспирант кафедры строительства автомобильных дорог и аэродромов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: Rusina.svetlan@yandex.ru