

## Полимерно-битумное вяжущее на основе вторичного полипропилена для производства асфальтобетонных смесей

*Н.С. Корнейчук, А.И. Лескин, Н.А. Рахимова*

*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрено применение вторичного полипропилена в создании полимерно-битумной вяжущей смеси, использование которой при изготовлении асфальтобетонных смесей позволит улучшить физико-механические свойства асфальтобетона и увеличить гарантийный срок эксплуатации дорожного покрытия.

**Ключевые слова:** вторичный полипропилен, битум, полимерно-битумное вяжущее, асфальтобетонное покрытие, индустриальное масло, пластификатор, рециклинг, физико-механические свойства, пенетрация, температура размягчения.

В настоящее время производство полимеров представляет собой одну из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности. Мировое производство полимеров на 2015 г. составило 250 млн. т. и возрастает в среднем на 5-6 % ежегодно. Их удельное потребление в развитых странах достигло 85-90 кг/чел. в год и продолжает увеличиваться [1]. Такой интерес производителей полимеров, прежде всего, связан с возможностью получения разнообразных технически ценных материалов на их основе.

Благодаря уникальным физико-химическим, конструкционным и технологическим свойствам полимерные материалы (ПМ) находят широкое применение в различных областях народного хозяйства, медицины и т.д.

В связи с ростом производства полимерных изделий различного применения, остро становится вопрос дальнейшей утилизации данного вида отхода. Так как вышедшие из эксплуатации полимерные материалы обычно подвергаются захоронению, но являясь практически не разлагаемыми, наносят огромный урон окружающей среде.

На современном этапе одним из перспективных направлений использования переработанных отходов полимеров является использование их в качестве модифицирующих добавок к нефтяным дорожным битумам, а именно в производстве полимерно-битумных вяжущих смесей [1-3].

Используя наполнители различного функционального назначения, можно получать композиционные материалы с заранее заданными свойствами [4]. Полимерно-битумное вяжущее (ПБВ) – новый материал, превосходящий по характеристикам битумы нефтяные дорожные (БНД), выполняет функцию вяжущего (замещая БНД) при производстве асфальтобетонных смесей применяемых при строительстве, реконструкции, ремонте дорог, мостов и аэродромов. Себестоимость полимерно-битумной вяжущей (ПБВ) можно существенно сократить если использовать в производстве полимер, полученный в результате переработки отходов, подлежащий материальному рециклингу, то есть переработке с получением исходных полимеров, наполнителей и т.д.[5-7].

Основными причинами преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий является качество и физико-механические свойства применяемых в нашем регионе вязких нефтяных дорожных битумов. Выпускаемые нефтеперерабатывающими заводами (НПЗ) вяжущие, по своим свойствам не соответствуют эксплуатационным температурам, в условиях которых работает дорожное покрытие, вследствие этого, возникает необходимость в разработке таких органических вяжущих, применение которых позволит повысить сдвигоустойчивость, морозостойкость, трещиностойкость и прочность асфальтобетонных покрытий [8-9].

Использование вторичного полипропилена (ВПП) в качестве модификатора битума позволит получить полимерно-битумное вяжущее (ПБВ), которое по сравнению с обычным битумом будет иметь более широкий температурный интервал работоспособности и обладать эластичными свойствами.

Целью нашей работы является разработка состава полимерно-битумного вяжущего, модифицированного пластификатором на основе вторичного полипропилена (ВПП) совместно с индустриальным маслом И-40А, а также

изучение физико-механических свойств полученного вяжущего.

Испытания проводились по следующим показателям:

1. Глубина проникания иглы при 25°C - ГОСТ 11501-78;
2. Глубина проникания иглы при 25°C - ГОСТ 11501-78;
3. Температура размягчения по КиШ, °С - ГОСТ 11506-73.

Для ПБВ, содержащих разное количество полимера и пластификатора, были определены показатели физико-механических свойств (примером является таблица №1 и рис. 1-3).

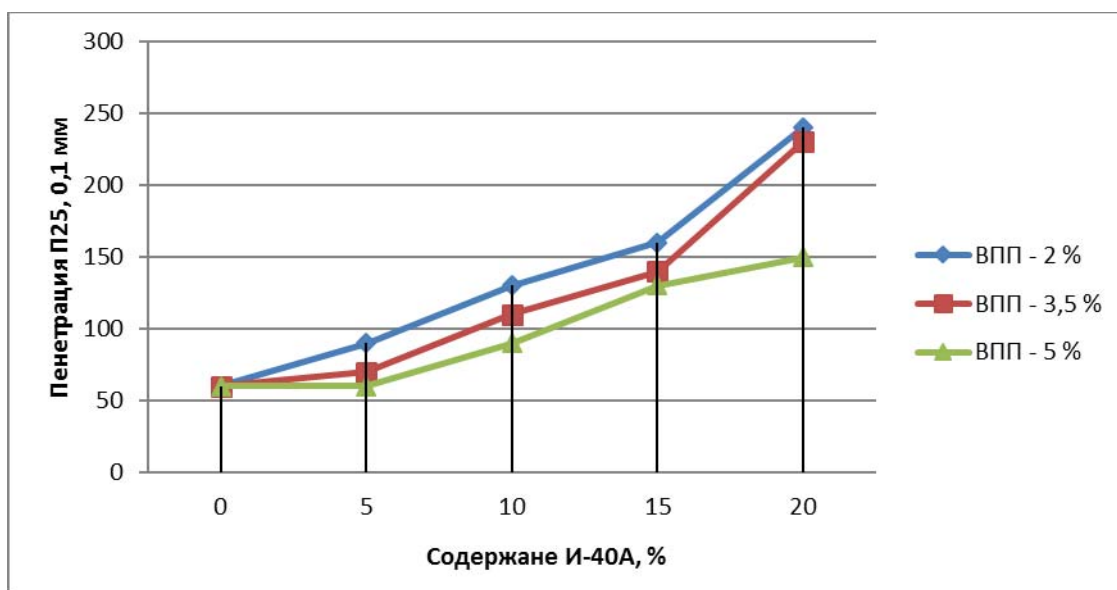


Рис. 1. - Зависимость глубины проникания иглы при 25°C от содержания полимера в И-40А

Глубина проникания иглы (пенетрация) при 25°C характеризует пластичность и вязкость вяжущего, его технологические свойства, а следовательно, косвенно удобоукладываемость асфальтобетонных и полимер-асфальтобетонных смесей. Как видно из рис. 1, пластичность, как и следовало ожидать, повышается с увеличением содержания пластификатора, причем с увеличением содержания полимера в ПБВ этот эффект заметно меньше выражен. Важно отметить, что при содержании масла в ПБВ менее 5%, а тем более без него пластичность ПБВ заметно уменьшается.

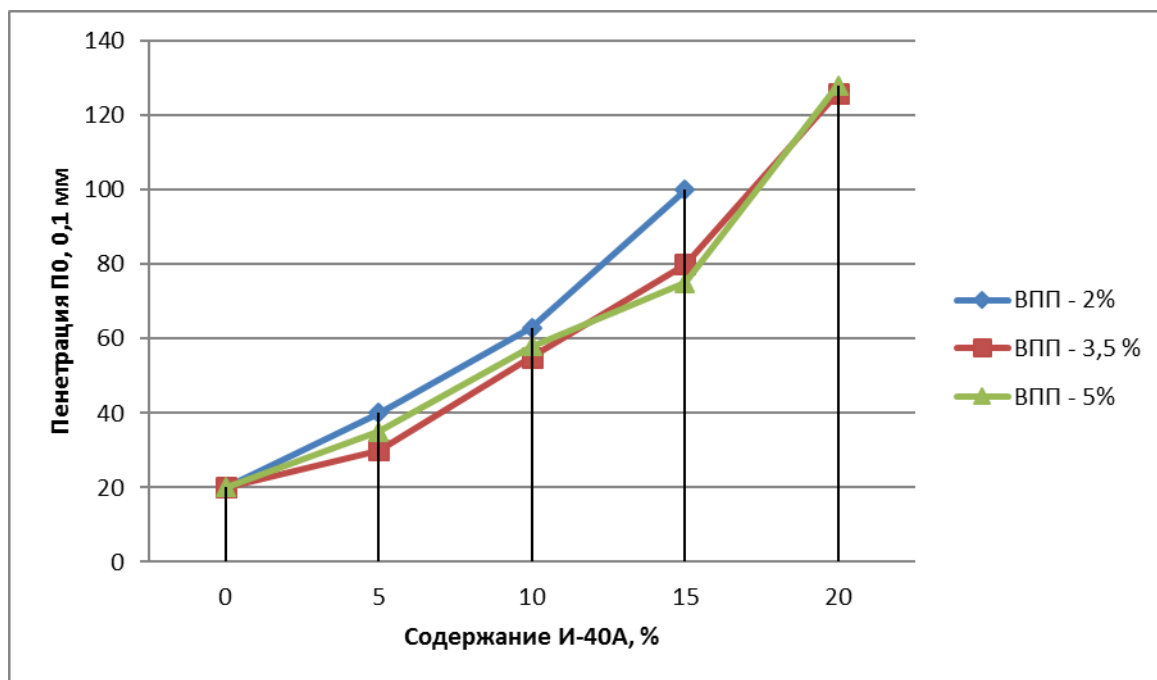


Рис. 2. - Зависимость глубины проникания иглы при 0°С от содержания полимера в И-40А

Глубина проникания иглы при 0°С (рис. 2) характеризует пластичность вяжущих при низких температурах воздуха, является их эксплуатационной характеристикой, свидетельствует об их деформативности, а следовательно, и деформативности асфальтобетона. Без пластификатора деформативность ПБВ при содержании ВПП вплоть до 5% увеличить не удастся, но уже при содержании масла в количестве 5%, даже при содержании полимера в количестве 2%, глубина проникания иглы при 0°С увеличивается почти в 2 раза, при 10% - в три, а при 15% - в четыре раза, по сравнению с исходным битумом.

Температура размягчения, определяемая по методу «Кольцо и Шар», - (примером является таблица №1) важнейший эксплуатационный показатель свойств вяжущих, характеризующий их теплостойкость и переход из упругопластического реологического состояния в вязкое, которое характеризуется отсутствием пространственной структурной сетки в вяжущем. Эта температура также рассматривается как верхняя граница



температурного интервала работоспособности вяжущих.

Показатели физико-механических свойств полимерно-битумных вяжущих

Содержание полимера и пластификатора в ПБВ, %		Наименование показателей										Полученное вяжущее
		Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при		Растяжимость, см, при температуре		Температура размягчения по КиШ, °С ( $T_{разм}$ )	Температура хрупкости по Фраасу, °С ( $T_{хр}$ )	Температурный интервал работоспособности °С ( $ИР = T_{разм} - T_{хр}$ )	Изменение температуры размягчения после прогрева, при 163°С, 5 ч, 4 мм	Эластичность, %, при температуре		
ВПП, %	И-40А, %	25°С ( $П_{25}$ )	0°С ( $П_0$ )	25°С ( $П_{25}$ )	0°С ( $П_0$ )							
-	-	68	24	>100	4	52	-15	67	2	-	-	
2	5	88	41	45	10	53	-16	69	4	68	56	
2	10	160	60	46	17	46	-21	67	7	70	60	
2	15	240	100	37	21	41	-28	69	5	79	60	
<b>3,5</b>	<b>5</b>	<b>74</b>	<b>33</b>	<b>58</b>	<b>23</b>	<b>62</b>	<b>-20</b>	<b>82</b>	<b>1</b>	<b>82</b>	<b>70</b>	<b>ПБВ 60</b>
<b>3,5</b>	<b>10</b>	<b>110</b>	<b>59</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>61</b>	<b>-25</b>	<b>86</b>	<b>2</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>ПБВ 90</b>
3,5	15	140	70	44	65	52	-26	78	5	88	81	

---

---

3,5	20	230	141	45	29	48	-31	79	8	92	60	
<b>5,0</b>	<b>5</b>	<b>63</b>	<b>35</b>	<b>47</b>	<b>20</b>	<b>64</b>	<b>-20</b>	<b>84</b>	<b>4</b>	<b>89</b>	<b>72</b>	<b>ПБВ 60</b>
<b>5,0</b>	<b>10</b>	<b>93</b>	<b>68</b>	<b>44</b>	<b>54</b>	<b>69</b>	<b>-22</b>	<b>91</b>	<b>3</b>	<b>87</b>	<b>87</b>	<b>ПБВ 90</b>
<b>5,0</b>	<b>15</b>	<b>130</b>	<b>85</b>	<b>38</b>	<b>65</b>	<b>67</b>	<b>-49</b>	<b>116</b>	<b>1</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>ПБВ 130</b>
5,0	20	150	120	50	66	68	-30	98	5	87	90	

Анализ зависимости (рис. 3) изменения температуры размягчения от содержания полимера в И-40А показывает, что с увеличением содержания масла в ПБВ более 10% ведет к снижению данного показателя вне зависимости от содержания в нем ВПП. Поэтому оптимальным соотношением И-40А и ВПП следует принять 5-10% и 3,5,-5,0%.

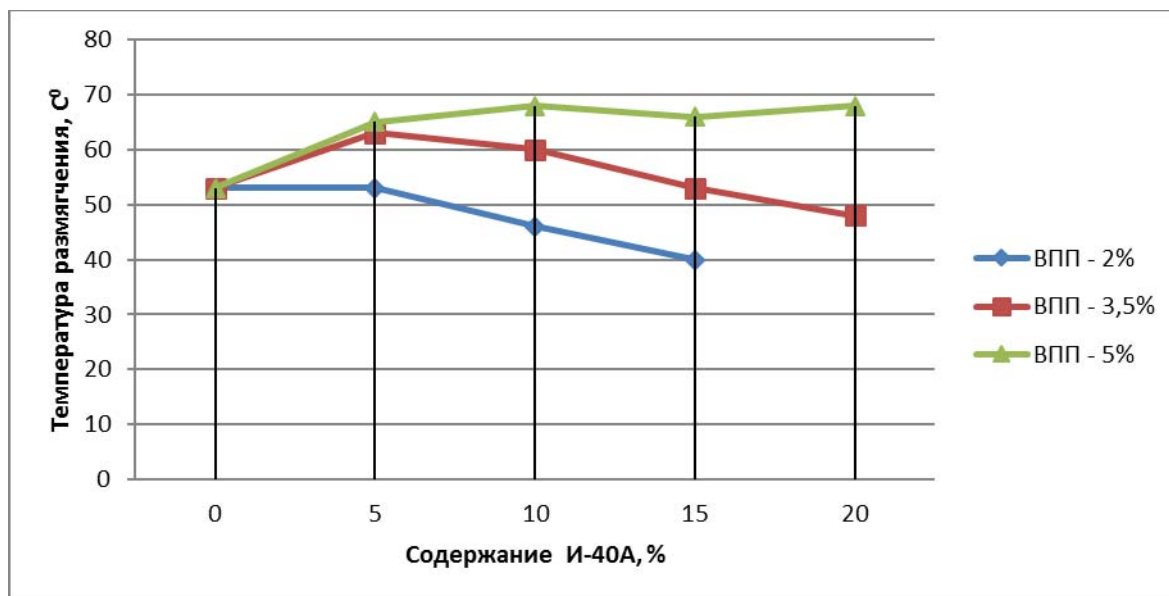


Рис. 3. - Зависимость изменения температуры размягчения, °С от содержания полимера в И-40А

Таким образом, установлена возможность получения ПБВ при использовании в качестве пластификатора И-40А. Определены основные технологические параметры и условия совмещения компонентов для приготовления ПБВ. Основными этапами подготовки являются: обезвоживание пластификатора; предварительное растворение полипропилена в пластификаторе при температуре 160-180°C; объединение полученного модификатора и битума марки БНД 60/90 при температуре 140-160°C при постоянном перемешивании.

Эксперимент показал, что для приготовления ПБВ-60 необходимо ввести модификатор (И-40А + ВПП) в количестве 5-10% по массе, количество ВПП – 3,5,-5,0% от массы индустриального масла, время перемешивания не менее



1,5 часов. Выбор подходящего битума и модификатора с наиболее оптимальной температурой размягчения [10], температурой хрупкости, и структурой лежит в основе получения наиболее подходящего по свойствам ПБВ.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что ВПП способен улучшить свойства ПБВ-60 ~ на 20%, что позволит увеличить качество конечного продукта, так же ~ на 20%. Кроме того, широкое применение вторичного полипропилена в народном хозяйстве, позволит решить проблему утилизации полимерных отходов и значительно улучшит экологическую обстановку в целом.

### Литература

1. Гохман Л.М. Исследование реологических свойств ПБВ при динамическом режиме нагружения в диапазоне эксплуатационных температур. - М., 1998. 245 с.
2. Гохман Л.М. Применение полимерно-битумных вяжущих в дорожном строительстве // Применение полимерно-битумных вяжущих на основе блоксополимеров типа СБС. - М., 2001. 256 с.
3. Броницкий Е.И. Производство полимерно-битумных вяжущих с использованием растворов блоксополимеров бутадиена и стирола типа СБС // Применение полимерно-битумных вяжущих на основе блоксополимеров типа СБС. - М., 2001. С. 5-6.
4. Данюшина Г.А., Дерлугян П.Д., Стрельников В.В., Шишка Н.В. Композиционный антифрикционный полимерный материал // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_106\\_Danushina.pdf\\_bf13279fad.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_106_Danushina.pdf_bf13279fad.pdf).
5. Степанов В.Ф. Из опыта производства полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) // Применение полимерно-битумных вяжущих на основе блоксополимеров типа СБС. - М., 2001. С. 12-13.

6. Полякова С.В. Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве // Применение полимерно-битумных вяжущих на основе блоксополимеров типа СБС. - М., 2001. С. 43-46.

7. Грищенко В.Ф., Грибов В.В. Пути развития производства и применения модифицированных битумов на автодорогах, обслуживаемых федеральной дирекцией автодороги «Москва - Санкт-Петербург» // Применение полимерно-битумных вяжущих на основе блоксополимеров типа СБС. - М., 2001. С. 36-38.

8. Improving Energy Efficiency of Bitumen Modification with Reclaimed Crumb Rubber/ V.P. Belyaev, O. G. Malikov, S. A. Merkulov, P. S. Belyaev, D. L. Polushkin, V. A. Frolov // Components of Scientific and Technological Progress.- 2013 . - № 1 (16) . - pp. 75–77.

9. Lehdich, J. 25-Jahre Erfahrungen mit Polymerbitumen in Deutschland, Osterreich und der Schweiz // Asphalt (BRD). – 1994. – V. 7. – № 4. – p. 28.

10. Проценко Н. А., Чернов С.А., Топилина И.И. Получение битумов нефтяных дорожных вязких путем модификации нефтяного сырья асфальтитами // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_113\\_Procenko.pdf\\_d57dca211f.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_113_Procenko.pdf_d57dca211f.pdf).

### References

1. Gokhman L.M. Issledovanie reologicheskikh svoystv PBV pri dinamicheskom rezhime nagruzheniya v diapazone ekspluatatsionnykh temperature [The study of rheological properties of WSP under dynamic loading conditions in the range of operating temperatures]. М., 1998. 245 p.

2. Gokhman L.M. Primenenie polimerno-bitumnykh vyazhushchikh v dorozhnom stroitel'stve. Primenenie polimerno-bitumnykh vyazhushchikh na osnove blok-sopolimerov tipa SBS [Application of polymer-bitumen binders in road construction the Use of polymer-bitumen binders on the basis of block copolymers of the type]. М., 2001. 256 p.



3. Bronitskiy E.I. Prime-nenie polimerno-bitumnykh vyazhushchikh na osnove bloksopolimerov tipa SBS. M., 2001. pp. 5-6.
4. Danyushina G.A., Derlugyan P.D., Strel'nikov V.V., Shishka N.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_106\\_Danushina.pdf\\_bf13279fad.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_106_Danushina.pdf_bf13279fad.pdf).
5. Stepanov V.F. Primenenie polimerno-bitumnykh vyazhushchikh na osnove bloksopoli-merov tipa SBS. M., 2001. pp. 12-13.
6. Polyakova S.V. Primenenie polimerno-bitumnykh vyazhushchikh na osnove blok-sopolimerov tipa SBS. M., 2001. pp. 43.46.
7. Grishenkov V.F., Gribov V.V. Primenenie polimer-no-bitumnykh vyazhushchikh na osnove bloksopolimerov tipa SBS. M., 2001. pp. 36-38.
8. Improving Energy Efficiency of Bitumen Modification with Reclaimed Crumb Rubber.V.P. Belyaev, O. G. Malikov, S. A. Merkulov, P. S. Belyaev, D. L. Polushkin, V. A. Frolov. Components of Scientific and Technological Progress.- 2013 . - № 1 (16) . - pp. 75–77.
9. Lehdrich, J. 25 Jahre Erfahrungen mit Polymerbitumen in Deutschland, Oster-reich und der Schweiz J. Lehdrich Asphalt (BRD). 1994. V. 7. № 4. P. 28.
10. Protsenko N. A., Chernov S.A., Topilina I.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_113\\_Prochenko.pdf\\_d57dca211f.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_113_Prochenko.pdf_d57dca211f.pdf).