

## Разработка составов полимербитумного вяжущего для приготовления асфальтополимербетона

*Г.В. Василовская, С.В. Дружинкин, Е.В. Пересыпкин, М.Л. Берсенева*

*Сибирский Федеральный университет, Красноярск*

**Аннотация:** Приводятся результаты исследований полимербитумного вяжущего (ПБВ) для получения асфальтополимербетона. Для приготовления ПБВ использовался термоэластопласт ДСТ-30 Воронежского завода синтетического каучука. Для снижения стоимости, ускорения процесса приготовления и улучшения свойств ПБВ была разработана технология введения ДСТ в битум. Было предложено вначале ДСТ растворять в индустриальном масле ИМ-20. Оптимальное соотношение между ДСТ и маслом определялось с использованием метода полного факторного эксперимента. В качестве выходных параметров были выбраны основные свойства. Был получен оптимальный состав ПБВ. Он был приготовлен в лабораторных условиях, определены его свойства, которые сравнивались с требованиями. Разработанный состав ПБВ был рекомендован дорожным организациям Красноярского края для производственного внедрения.

**Ключевые слова:** полимербитумное вяжущее, асфальтополимербетон, термоэластопласт, составы, свойства, эксперимент, индустриальное масло, уравнения регрессии.

Для повышения долговечности автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием необходимо применять качественные битумы. Однако свойства битума не обеспечивают длительные сроки эксплуатации дорожных покрытий [1]. В настоящее время для повышения качества и долговечности асфальтобетона применяют различные полимерные материалы для модификации битума [2-4].

В работе определялся оптимальный состав полимернобитумного вяжущего (ПБВ) для асфальтополимербетона (АПБ). Исследованиями, проведенными в нашей стране, установлено, что лучшими модификаторами битума являются термоэластопласты марки ДСТ, представляющие собой блоксополимеры бутадиена и стирола [5-7]. Термоэластопласты образуют в битуме эластичную трехмерную сетку. Принцип образования сетки в ДСТ состоит в том, что блоки полистирола обладают высокой когезией и образуют прочные узлы, а блоки полидивинила слабо взаимодействуют между собой, характеризуясь высокой эластичностью. При нагревании до

---

100-150°C ДСТ превращается в линейный полимер за счет физических сил взаимодействия. При охлаждении структура ДСТ полностью восстанавливается [8-10].

Изучались термоэластопласты отечественного производства – это Воронежского завода синтетического каучука марки ДСТ-30, китайского производства (SBS modifier) и корейского производства (Kumho KTR).

Испытания показали, что все добавки плохо вводятся в битум, необходимо долго и тщательно перемешивать смесь и даже при длительном нагревании полностью однородную смесь не удастся получить. Лучшие свойства показала отечественная добавка ДСТ-30. При вводе 4% ДСТ-30 температура размягчения составила 56 °С, а температура хрупкости – минус 28 °С. Термоэластопласты китайского и корейского производств показали свойства намного хуже.

Для снижения стоимости, ускорения процесса приготовления и улучшения свойств ПБВ была разработана технология введения ДСТ в битум. Было предложено вначале ДСТ растворять в пластификаторе. Введение пластификатора позволит обеспечить требуемый температурный режим не выше 160°C, а также существенно повысить эффективность вводимого полимера, т.е. получить ПБВ с требуемым комплексом свойств. В работе применялось индустриальное масло марки И-20А. Свойства масла: содержание масел - около 95%, в т.ч.: около 70% парафинонафтеновых углеводородов, около 25% ароматических углеводородов. Температура вспышки масла составляет 227 °С.

Для приготовления ПБВ использовался термоэластопласт марки ДСТ-30 Воронежского завода СК. Для ввода в битум ДСТ предварительно растворяли в индустриальном масле. Для предварительной оценки совместимости ДСТ и масла готовились концентрированные растворы полимера в масле при соотношении полимера к маслу 10:90, 20:80 и 30:70.

---

Растворы полимера в масле готовились при температуре 110-130°C в течение 2-3 часов при постоянном перемешивании до получения однородной массы. Исследованиями установлено, что более 30% ДСТ в масло не вводится. Затем полученные растворы полимера вводились в битум в количестве 5, 10 и 15%.

Составы ПБВ испытывались на основные физико-механические показатели. Свойства исследованных составов ПБВ в сравнении со свойствами применяемого битума марки БНД 90/130 нефтеперерабатывающего завода г. Ачинска приводятся в табл. №1.

Установлено, что растворы полимера, содержащие 90% масла, являются пластификаторами битума и снижают его теплостойкость, а растворы, содержащие 80 и 70% масла, структурируют битум, увеличивая температуру его размягчения. Все добавки полимеров увеличивают эластичность и растяжимость при температуры 0°C, а растяжимость при температуре 25°C увеличивается только у составов, содержащих 90 и 80% масла. Это объясняется, вероятно, тем, что составы с 70% масла являются очень концентрированными, плохо распределяются в битуме, поэтому растяжимость битумов они не увеличивают. В связи с этим, составы с 30% ДСТ и 70% масла из дальнейших исследований были исключены.

Оптимальное соотношение между ДСТ и маслом определялось с использованием метода полного факторного эксперимента типа  $2^2$ . В качестве выходных параметров были выбраны основные свойства. Варьируемыми факторами являлись:

$X_1$ - количество добавки ДСТ в масле, %;

$X_2$ - количество раствора полимера в вяжущем, %.

Таблица №1

Свойства полимербитумных вяжущих

Наименование показателя	Состав вяжущего, в %									
	10% П +90% ИМ			20% П + 80% ИМ			30% П+70% ИМ			БНД 90/130
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	
1.Температура размягчения, °С	43	40	36,5	48	50	62	49	52	64	46,5
2.Пенетция, °П, при 25, °С	130	225	345	120	115	10	102	98	80	91
3.Пенетрация, °П, при 0° С	60	130	140	48	45	40	26	25	24	28
4.Растяжимость, см, при 25° С	51	58,6	63	52,2	59,4	64,4	18	26	36	41,2
5.Растяжимость, см, при 0 °С	12	24,2	27	10,2	17	23,5	8	12	16	4
6.Элстичность,%, при 25° С	82	91	95	85	91	96	86	92	97	50
7.Эластичность,%, при 0° С	72	74	76	75	78	80	77	0	82	48
8.Температура хрупкости, °С	-25	-29	-30	-24,5	-25	-37,5	-	-	-	-16,5

В составах содержание битума принималось равным 100%. В матрице планирования содержание ДСТ в масле изменялось от 10 до 20%, а количество раствора ДСТ в вяжущем от 5 до 10%. Целью исследований являлось определение оптимального состава ПБВ. Основными параметрами от  $Y_1$  до  $Y_8$  были выбраны свойства в соответствии с табл. №1. Свойства полимербитумного вяжущего приводятся в табл. №2.

Таблица №2

Физико-механические свойства ПБВ

Наименование показателей	Составы ПБВ, % мас.			
	$X_1=20$	$X_1=10$	$X_1=20$	$X_1=10$
	$X_2=10$	$X_2=10$	$X_2=5$	$X_2=5$
1. Температура размягчения, $^{\circ}\text{C}$	49	40	48	44
2. Пенетрация при $25^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{П}$	115	230	120	130
3. Пенетрация при $0^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{П}$	45	130	48	60
4. Растяжимость при $25^{\circ}\text{C}$ , см	58	57	48	50,5
5. Растяжимость при $0^{\circ}\text{C}$ , см	17	24,2	10,2	12
6. Температура хрупкости по Фраасу, $^{\circ}\text{C}$	- 25,5	- 29	- 24,5	- 25,5
7. Эластичность при $25^{\circ}\text{C}$ , %	91	90	85	82
8. Эластичность при $0^{\circ}\text{C}$ , %	78	74	75	72

Полученные уравнения регрессии приводятся ниже:

$$Y_1 = 45,5 + 3,5X_1 - 0,5X_2 - 1,5X_1X_2; \quad Y_2 = 15,25 - 27,5X_1 + 27,5X_2 - 22,5X_1X_2;$$

$$Y_3 = 73,25 - 21,75X_1 + 19,25X_2 - 15,75X_1X_2; \quad Y_4 = 51,5 - 2,5X_1 + 6,5X_2 + 2,5X_1X_2;$$

$$Y_5 = 15,85 - 2,25X_1 + 4,75X_2 - 1,35X_1X_2; \quad Y_6 = -26,12 + 1,12X_1 - 1,12X_1 + 0,62X_1X_2$$

$$Y_7 = 105 - 2,5X_1 + 7,3X_2 + 4,82X_1X_2; \quad Y_8 = 72 - 1,5X_1 + 5X_2 - 2,5X_1X_2$$

Затем были построены графики и найден оптимальный состав ПБВ:

$$X_1 = 19\% \text{ ДСТ} + 81\% \text{ масла}; \quad X_2 = 9\% \text{ раствора ДСТ в масле в ПБВ.}$$

Разработанный состав ПБВ предполагается использовать для приготовления АПБ в г. Красноярске и Красноярском крае. Рекомендуемая ГОСТ 52056 марка ПБВ для таких климатических условий должна быть ПБВ90. В табл. №3 приводятся данные по основным свойствам разработанного состава ПБВ в сравнении с требованиями для ПБВ 90.

Таблица №3

Свойства разработанного состава ПБВ в сравнении с требованиями

Свойства	Разработанное ПБВ	Требования
Температура размягчения, °С	51	51
Растяжимость, см: при 25 °С	51,5	30
при 0 °С	20,3	15
Температура хрупкости, °С	-28	-25
Эластичность, %: при 25 °С	88	85
при 0 °С	79	75

Испытания показали, что по температуре хрупкости и эластичности полученный состав не только отвечает требованиям, но и превосходит их. Это говорит о повышенной трещиностойкости вяжущего при

отрицательных температурах, что позволяет рекомендовать разработанный состав для получения асфальтополимербетона в г. Красноярске и Красноярском крае.

### Выводы

1. Для получения полимербитумного вяжущего изучены термоэластопласты Воронежского завода СК, китайского и корейского производств. Установлено, что лучшие показатели имеет отечественный термоэластопласт марки ДСТ-30.
  2. Установлено, что при введении в битум термоэластопласта необходимо долго и тщательно перемешивать смесь. При этом, получить однородную состав очень тяжело.
  3. Предложена технология введения добавки в битум. Необходимо вначале растворять термоэластопласт в индустриальном масле, а затем в виде раствора вводить в битум. В результате сокращается время приготовления и улучшаются свойства ПБВ.
  4. Определены предельные концентрации добавки ДСТ в масле, которые составляют от 10 до 30%.
  5. Выявлено влияние добавки ДСТ на свойства отечественного битума Ачинского НПЗ марки БНД 90/130. Исследованиями установлено, что введение добавки приводит к увеличению растяжимости, эластичности и снижению температуры хрупкости битума, что говорит о повышенной деформативной способности полимербитумного вяжущего.
  6. С использованием метода планирования эксперимента был определен оптимальный состав ПБВ, который составляет: соотношение ДСТ и масла - 19 % ДСТ + 81% масла; количество раствора полимера в вяжущем - 9%.
  7. Полученный состав был приготовлен в лабораторных условиях и испытан на физико-механические показатели. Установлено, что по
-

основным свойствам разработанное ПБВ не только отвечает требованиям, но и превосходит их.

8. Разработанный состав полимербитумного вяжущего был рекомендован дорожным организациям г. Красноярска и Красноярского края для производственного внедрения.

### Литература

1. Руденский И.М., Руденский А.В. Физические свойства битумов и способы повышения долговечности дорожных покрытий // Автомобильные дороги. 2012. №1. С. 82 – 87.

2. Христофорова А.А., Филиппов С.Э., Гоголев И.Н. Разработка жестких покрытий карьерных дорог с применением активированной резиновой крошки // Инженерный вестник Дона, 2011, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/599/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/599/).

3. Regulation of the Rheological of Polymer-Bitumen Binders by Ultrasonic Intensification of Mixing Process / R. Avdeychev, O. Pimenova, P. Tyukilina, A. Pimenov //International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol.12. № 22. pp. 11926 – 11932.

4. Becker Yvonne, Mendez Maryro P., Rodriguez Yajaira Polimer modified asphalt // Vision tecnologica. Vol. 9. № 1. pp. 39 – 50.

5. Аюпов Д.А. Модификация нефтяных битумов деструктатами сетчатых эластомеров: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Казань, 2011. 188 с.

6. Горбатовский, А.А. Регулирование показателей качества полимерно-битумных композиций на основе дивинилстирольного термоэластопласта: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.07. Санкт-Петербург, 2012. 159 с.

7. Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства //Автомобильные дороги: Обзорная информация. Инфрмавтодор. 2002. Вып. 4. С. 112.



8. Золотарев В.А. О трех структурных типах битумов, модифицированных блоксополимерами типа СБС // Вестник БГТУСМ. 2005. №9. С. 353- 354.

9. Попадек С.В. Еще раз о проблеме качества при модифицировании битумов полимерами типа SBS // Наука и техника в дорожной отрасли. 2000. №5. С. 9-10.

10. Хозеев, Е.О., Коновалов Н.П. Мастики на основе полимерно-битумного вяжущего с применением отходов и минеральных наполнителей // Инженерный вестник Дона, 2018, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/№3y2018/5094.

### References

1. Rudenskij I.M., Rudenskaja A.V. Avtomobil'nye dorogi. 2012. №1. pp. 82 – 87.

2. Khristoforova A.A., Filippov S.E., Gogolev I.N. Inzhhenernyj vestnik Dona, 2011. №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/599/.

3. Avdeychev R., Pimenova O., Tyukilina P., Pimenov A. International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol.12. № 22. pp. 11926 – 11932.

4. Becker Y., Maryro P., Mendez Y. Vision tecnologica. Vol. 9. № 1. pp. 39 – 50.

5. Ajupov, D.A., 2011. Modifikacija neftjanyh bitumov destruktatami setchatyh jelastomerov [Modification of petroleum bitumen with elastomers], PhD thesis, KGASU, Kazan', 188 p.

6. Gorbatovskij, A.A., 2012. Regulirovanie pokazatelej kachestva polimerno-bitumnyh kompozicij na osnove divinilstirol'nogo termojelastoplasta



[Quality control of polymer-modified bitumen composition on the basis of thermoelastolayer], PhD thesis, SPbGTI, Saint-Petersburg, 112 p.

7. Gokhman, L.M., E.M. Gurary, A.R. Davidova and K.I. Davidova, 2002. Avtomobil'nyye dorogi: Obzornaya informatsiya (issue 4), Informavtodor, p. 112.

8. Zolotarev V.A., Vestnik BGTUSM. 2005. №9. pp. 353–354.

9. Popadek, S.V. Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2000. №5. pp. 9–10.

10. Hozeev E.O., Konovalov N.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018. №3.

URL: [ivdon.ru/magazine/archive/№3y2018/509](http://ivdon.ru/magazine/archive/№3y2018/509).