

## Разработка составов дорожного асфальтополимербетона для условий Сибири

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

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

**Аннотация:** приводятся результаты исследований дорожного асфальтополимербетона (АПБ), который предполагается использовать в Сибирском регионе, в частности, в г. Красноярске и Красноярском крае. Для приготовления асфальтобетона применялась полимерная добавка в виде термоэластопласта марки ДСТ-30. Представлены результаты исследований с помощью ИК-спектроскопических методов процессов взаимодействия битума и ДСТ, растворенного в индустриальном масле. Установлено, что изменение физических свойств битума при введении в его состав добавки ДСТ является следствием химического взаимодействия в изучаемом композиционном вяжущем. На ранее разработанном составе полимербитумного вяжущего (ПБВ) приготовлены горячие асфальтополимербетоны. Даны рекомендации по заводской технологии приготовления асфальтобетона. Полученные составы предложены для производственного внедрения дорожным организациям г. Красноярска.

**Ключевые слова:** Сибирский регион, битум, полимербитумное вяжущее, составы, асфальтополимербетон, термоэластопласт, ИК-спектры, химическое взаимодействие, технология, внедрение.

Как показывает опыт дорожного строительства, битумы, используемые для приготовления асфальтобетонных смесей, предназначенных для строительства дорог в районах Сибири, должны обладать широким интервалом пластичности – не менее 100 °С [1, 2]. Поскольку получаемые в России битумы характеризуются малым интервалом пластичности – 60 -70 °С [3, 4] и повышенной хрупкостью при отрицательных температурах, то их модифицируют полимерными добавками. Лучшими добавками считаются термоэластопласты марки ДСТ-30. Добавка представляет собой блок-сополимер дивинила (бутадиена) со стиролом [5, 6].

При разработке составов ПБВ было установлено, что перед введением в битум добавку термоэластопласта необходимо растворять в индустриальном масле [7]. Для установления характера взаимодействия битума с растворенной в индустриальном масле модифицирующей добавкой ДСТ проводились ИК-спектроскопические исследования битума марки БНД 90/130 с различным содержанием добавки ДСТ.

ИК-спектр битума (рис. 1) представлен в основном полосами поглощения колебаний  $\text{CH}_2$  и  $\text{CH}_3$  - алифатических групп в области  $2800\text{--}2960\text{ см}^{-1}$  и  $1375\text{--}1460\text{ см}^{-1}$ . Анализ их интенсивностей, а также наличие дуплета полос  $720$  и  $745\text{ см}^{-1}$  свидетельствует о том, что основной составляющей битума являются парафиновые углеводороды с нечетным числом углеродных атомов в цепи. Наряду с парафиновыми цепочками нормального строения, в составе исследуемого битума в незначительных количествах присутствуют нафтеново-ароматические структурные фрагменты. Об этом свидетельствует наличие полос поглощения  $3060$ ,  $1600$ ,  $1515$ ,  $810$  и  $870\text{ см}^{-1}$  в спектре битума.

На рис. 1 приведены ИК-спектры битума, индустриального масла, в котором предварительно растворяли добавку ДСТ, и самой добавки ДСТ.

По данным ИК-спектроскопического метода анализа, основной группового состава масла (рис. 1, спектр 2) являются предельные углеводороды. Об этом свидетельствуют интенсивные полосы поглощения в спектре в области  $2850\text{--}2960\text{ см}^{-1}$ ,  $1460$  и  $1375\text{ см}^{-1}$ ,  $710$  и  $740\text{ см}^{-1}$ . Однако, длина парафиновых цепей в масле короче, чем в битуме. В масле содержится также незначительное количество ароматических углеводородов (полосы поглощения  $3060$ ,  $1600$ ,  $805\text{ см}^{-1}$ ), эфирных группировок (полосы поглощения  $1030$ ,  $1060$  и  $1300\text{ см}^{-1}$ ).

Спектр добавки ДСТ (рис. 1 спектр 3) в основном типичен для блок-сополимера бутадиена со стиролом, однако полосы, относящиеся к блок-сополимеру, в значительной степени перекрываются полосами поглощения ОН-групп молекул воды. Это объясняется тем, что блок-сополимер обладает развитой удельной поверхностью и сильно сорбирует влагу.

Спектр продукта нагрева ДСТ в масле (каучукоподобная масса, образующаяся при растворении термоэластопласта в масле в соотношении битум- полимер 90:10 масс. %, 80:20 масс. %, в течение 3 часов при  $130\text{ °C}$ ).

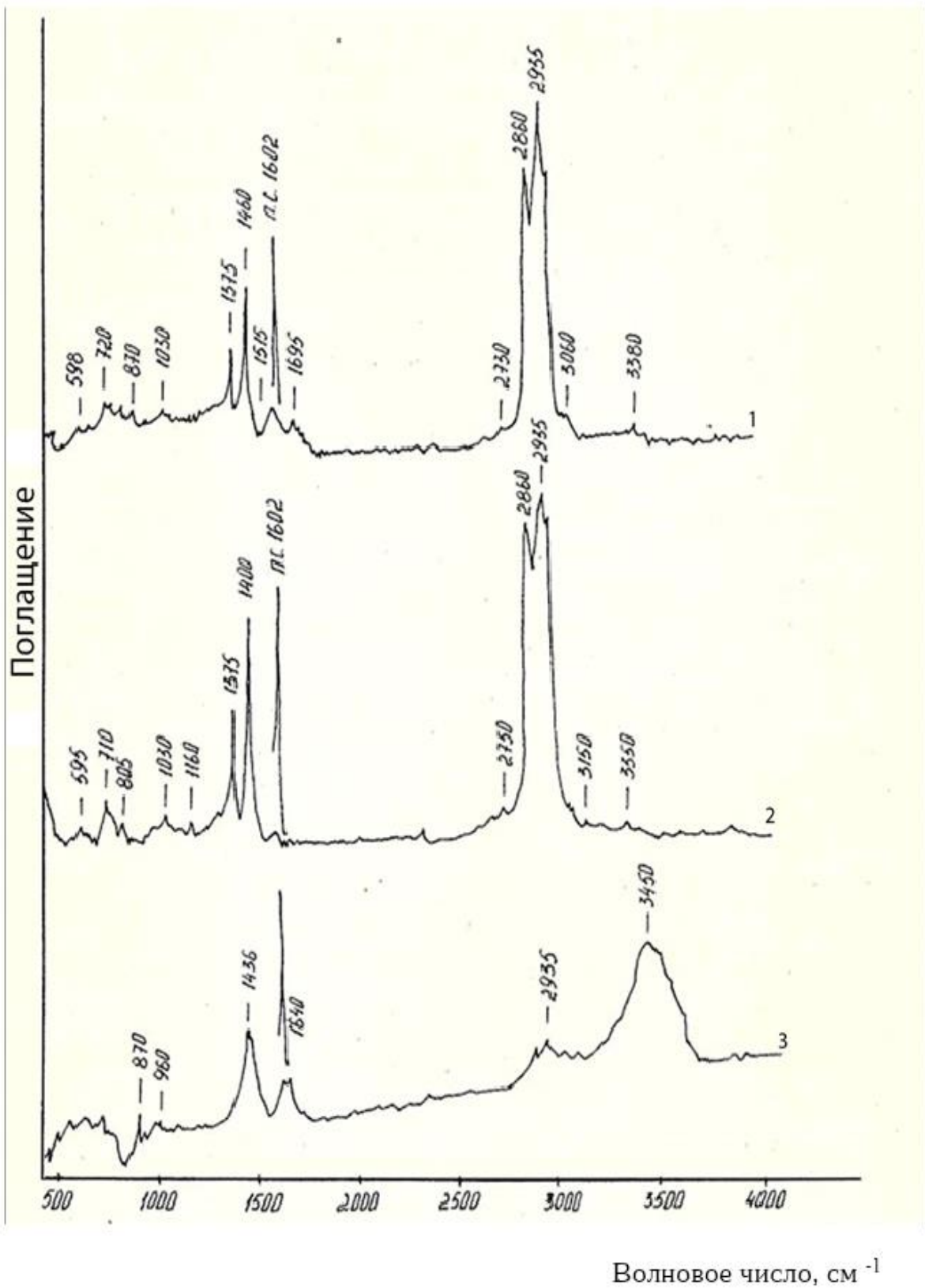


Рис.1

ИК - спектры образцов битума - 1; индустриального масла - 2; добавки ДСТ -

3.

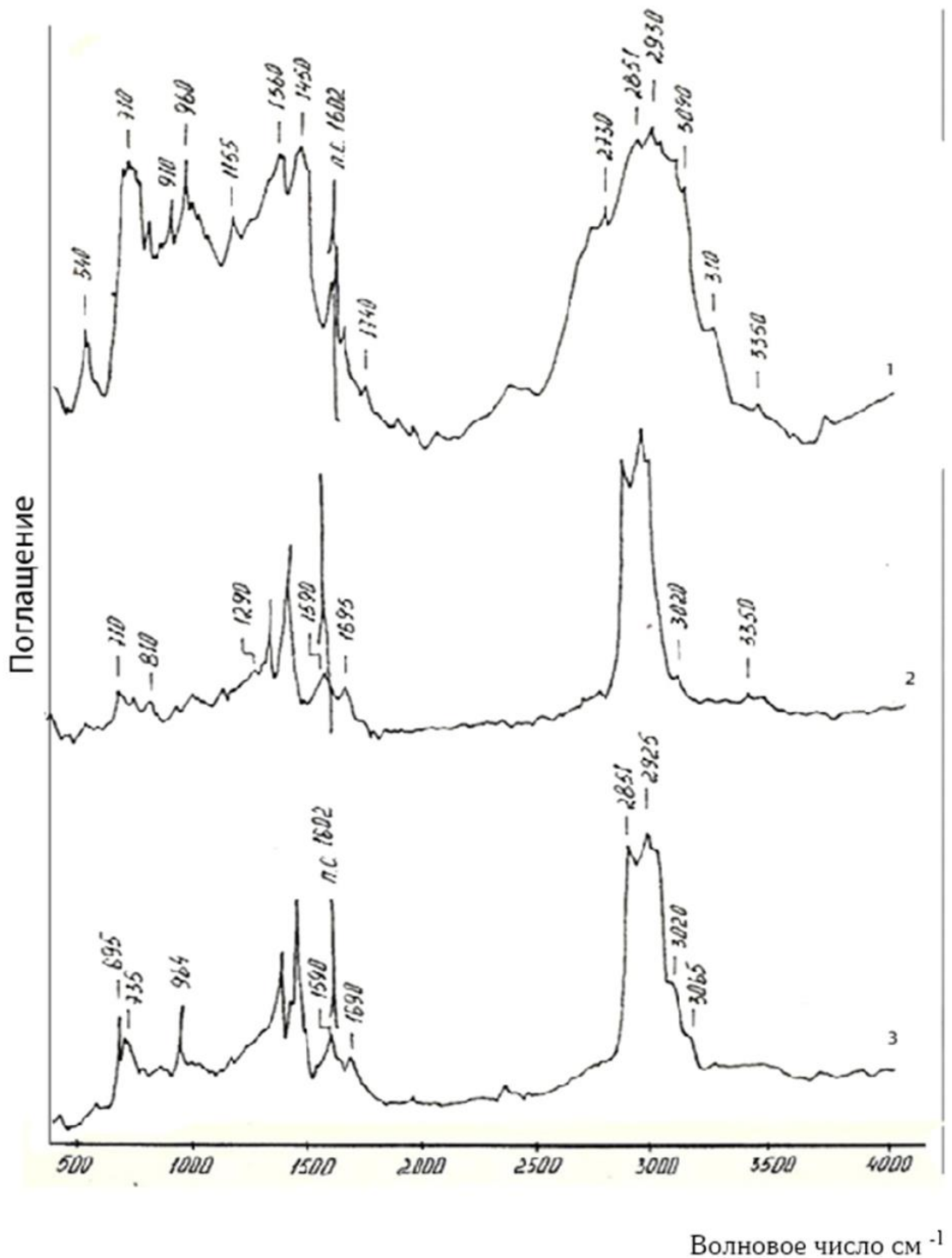


Рис.2

ИК - спектры продукта нагрева ДСТ в масле - 1; образцов композиционного вяжущего, полученного на основе битума с добавками масляно-бутадиенстирольной смеси в количествах 5 % - 2; 15 % - 3

Как видно из рис. 2, этот спектр очень сильно отличается от спектров исходных веществ. Характер спектральной картины свидетельствует о том, что полученный продукт представляет собой смесь, в которой можно выделить ряд фрагментов. Согласно литературным данным, аналитической полосой для идентификации стирола является полоса поглощения  $3020\text{ см}^{-1}$ , которая присутствует в спектре продукта нагрева добавки ДСТ в масле.

Наличие полос поглощения  $3040$ ,  $1675$  и  $960\text{ см}^{-1}$  указывает на присутствие в смеси алкеновых углеводородов в транс-конфигурации. Общий контур полос в области  $3100\text{--}2800\text{ см}^{-1}$  соответствует спектру полибутадиена. Алифатические группы  $\text{CH}_3$ - и  $\text{CH}$ - представлены полосами поглощения  $2960$ ,  $2930$ ,  $2851$ ,  $1450$ ,  $1360$  и  $710\text{ см}^{-1}$ . Вероятно также наличие в продукте нагрева некоторого количества ненасыщенных альдегидов (полосы поглощения  $1740\text{ см}^{-1}$ , дуплет  $2730$  и  $2670\text{ см}^{-1}$ ). Однако для строгого доказательства этого предположения необходимы дополнительные исследования.

Добавка представляет собой блок-сополимер дивинила (бутадиена) со стиролом. Все перечисленные выше спектральные особенности соответствуют приведенным в атласе данным блок-сополимера. Имеются и отличия в спектре продукта нагрева ДСТ в масле от литературных данных и спектров исходных ДСТ и масла (рис. 1, спектры 2, 3). Значительно в составе продукта нагрева количество ароматических структур с различным типом замещения в бензольном ядре (полосы поглощения  $3070$ ,  $1600$ ,  $1570$ ,  $1290$ ,  $1155$ ,  $1070$ ,  $990$ ,  $910$ ,  $730$  и  $690\text{ см}^{-1}$ ). Это не вызывает сомнения, так как в состав добавки входит полистирол, а согласно литературным данным [8-10], нагревание блок-сополимеров в масле приводит к деструкции и к дальнейшей полимеризации образующихся макрорадикалов блок-сополимеров.

---

Анализ формы спектральных линий и общей спектральной картины дает возможность предположить, что при нагреве происходит деструкция ДСТ и повторная частичная полимеризация продуктов разложения с участием ОН- групп (все наблюдаемые полосы поглощения находятся на фоне, характерном для полимерно-ассоциированных групп).

Сравнительный анализ спектров образцов композиционного вяжущего, полученного на основе битума с добавками масляно-дивинилстирольной смеси в количествах соответственно 5 и 15 % показывает, что увеличение содержания добавки в композиционном вяжущем приводит к возрастанию интенсивностей ряда полос, характеризующих колебания различных функциональных групп. В частности, как видно из рис. 2, спектры 2 и 3, растет интенсивность полосы поглощения  $3020\text{ см}^{-1}$ , достигая максимума в случае 15% содержания масляно-дивинилстирольной смеси, что свидетельствует об увеличении содержания полистирольных звеньев в битуме и, следовательно, повышении степени ароматичности битума.

Рост интенсивности полос  $3070$ ,  $1590$ ,  $960$ ,  $665$ ,  $810$  и  $865\text{ см}^{-1}$  поглощения в области колебаний С – О – С связей ( $1030\text{-}1300\text{ см}^{-1}$ ) с увеличением количества вводимой добавки означает, что в составе битума происходит увеличение содержания двойных связей, монозамещенных ароматических структур и эфирных группировок. Форма спектральных линий (узкие полосы, ярко выраженные максимумы) указывает на то, что добавка ДСТ и битум не просто физическая смесь, а между ними происходит химическое взаимодействие. Таким образом, изменение физических свойств битума при введении в его состав добавки ДСТ является следствием химического взаимодействия в изучаемом композиционном вяжущем.

На разработанном составе полимербитумного вяжущего [7] готовился асфальтобетон. Применение асфальтополимербетона вместо обычного асфальтобетона позволяет отказаться от использования в составе

---

заполнителей минерального порошка, так как полимерная добавка одновременно еще выполняет роль мельчайшего наполнителя [11]. Для приготовления АПБ применялся щебень Березовского карьера г. Красноярск, дробленный песок того же карьера и битум Ачинского нефтеперерабатывающего завода марки БНД 90/130.

Готовился горячий мелкозернистый асфальтополимербетона типа Б с 6,5; 6,8; и 7 % полимербитумного вяжущего. В результате анализа вышеперечисленных свойств АПБ было выбрано оптимальное количество ПБВ, которое составляло 6,5 %. Для сравнения свойств был приготовлен асфальтобетон на тех же заполнителях без полимерной добавки. Свойства асфальтополимербетона приводятся в таб.1.

Таблица 1

Свойства асфальтополимербетона и асфальтобетона в сравнении с нормативными требованиями

Наименование показателей	АПБ	АБ	Норма
1. Предел прочности при сжатии, МПа, при 20 <sup>0</sup> С	5,6	3,95	не менее 2,5
при 50 <sup>0</sup> С	1,5	1,2	не менее 1,1
при 0 <sup>0</sup> С	4,5	10	не более 11
2. Коэффициент водостойкости	0,95	0,9	не менее 0,9
3. Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	0,94	0,87	не менее 0,85
4. Водонасыщение по объему, %	3,6	4,8	не более 4,5

Результаты испытаний показывают, что введение полимерной добавки приводит к увеличению прочности при 20 и 50<sup>0</sup>С и снижению ее при 0<sup>0</sup>С, что означает о лучшей деформативной способности асфальтополимербетона при отрицательных температурах. Также происходит увеличение

коэффициента водостойкости АПБ по сравнению с асфальтобетоном. По всем показателям АПБ отвечает нормативным требованиям.

Для приготовления асфальтополимербетона возможны две технологии:

1. Введение ДСТ в расплав битума при  $150^{\circ}\text{C}$  либо непосредственно в виде крошки, либо предварительно распределив ДСТ в битуме механически (из композиции).

2. Введение ДСТ в виде раствора в ароматических углеводородах или маслах.

### Выводы

1. Изучена полимерная добавка блоксополимера бутадиена и стирола марки ДСТ-30, которая предлагается для улучшения свойств дорожного асфальтобетона.

2. Методом ИК-спектроскопии установлено химическое взаимодействие битума с ДСТ-масляным раствором. Следствием этого является улучшение свойств полимербитумного вяжущего.

3. На разработанном составе полимербитумного вяжущего приготовлены горячие асфальтобетоны типа Б, которые изучены на предмет основных свойств. Разработанные составы АПБ отвечают нормативным требованиям для II-ой климатической зоны (климатическая зона г. Красноярска) и I-ой марки. Установлено, что введение полимерной добавки приводит к увеличению прочности при  $20$  и  $50^{\circ}\text{C}$ , водостойкости и снижению прочности при  $0^{\circ}\text{C}$ , что говорит о лучшей трещиностойкости АПБ при отрицательных температурах.

4. Даны рекомендации по технологии приготовления АПБ, которые были направлены «Красноярскавтодору» 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. Тюкилина П.М., Гурьев А.А., Тыщенко В.А. Производство нефтяных дорожных битумов. Москва: ООО «Издательский дом Недра», 2021. 303 с.
  3. Аминов Ш.Х., Кутьин Ю.А. Современные битумные вяжущие и асфальтобетоны на их основе. М.: Недра, 2007. 398 с.
  4. Николенко М.А., Бессчетнов Б.В. Повышение длительной трещиностойкости асфальтобетона дорожных покрытий // Инженерный вестник Дона, 2012, №2. URL: [ivdon.ru / magazine/archive/n2y2012/856/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/856/).
  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. Васильевская Г.В., Дружинкин С.В., Пересыпкин Е.В., Берсенева М.Л. Разработка составов полимербитумного вяжущего для приготовления асфальтополимербетона // Инженерный вестник Дона, 2023, №3. URL: [ivdon.ru / magazine/archive/n3y2023/8270/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2023/8270/).
  8. Avdeychev R., Pimenova O., Tyukilina P., Pimenov A. Regulation of the Rheological of Polymer-Bitumen Binders by Ultrasonic Intensification of Mixing Process. International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol.12. № 22. pp. 11926 -11932.
  9. Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства // Автомобильные дороги: Обзорная информация. Информавтодор. 2002. Вып. 4. 112 с.
-

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

11.Baker, I. Asphalt // Fifty Materials That Make the World, 2018, pp. 11-13.

### References

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

2.Tjukilina P.M., Gur'ev A.A., Tyshhenko V.A. Proizvodstvo neftjanyh bitumov [Petroleum bitumen production], 2021. 303 p.

3. Aminov S.H., Kut'in Y.A. Sovremennye bitumnye vyazhushchie i asfal'tobetony na ih osnove [Petroleum bitumen production], M. Nedra, 2007. 398 p.

4. Nikolenko M.A., Beschetnov B.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/856/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/856/).

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

6. Gorbatovskij A.A. Regulirovanie pokazatelej kachestva polimerno-bitumnyh kompozicij na osnove divinilstirol'nogo termojelastoplasta [Quality control of polymer-modified bitumen composition on the basic of thermoelastolayer], PhD thesis, SPbGTI, 2012. 112 p.

7. Vasilovskaya G.V., Druzhinkin S.V., Peresyarkin E.V. and Berseneva M.L. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2023/8270/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2023/8270/).

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



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

10. Zolotarev V.A., Vestnik BGTUSM. 2005. №9. pp. 353-354.

11. Baker, I. Asfal'tobeton. Pyat'desyat materialov kotorye sozdali sovremenny mir [Asphalt. Fifty Materials That Make the World], 2018, pp. 11-13.