

УДК 691.168

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ПУТЕМ ИХ МОДИФИКАЦИИ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДОБАВОК

Г.В. Проваторова, К.М. Рябинина

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Российская Федерация
e-mail: asf.inst@yandex.ru, Kseniyaya92@mail.ru

Долговечность асфальтобетонных покрытий напрямую связана с качеством используемых материалов, в первую очередь битума. Битум наиболее восприимчив к изменениям под влиянием транспортных нагрузок и погодных условий. В то же время битум во многом определяет состояние дорожного покрытия. Поведение битума можно изменить, модифицировав его добавками. В данном исследовании проводился сравнительный анализ асфальтобетонных смесей, приготовленных на вяжущем, модифицированном при помощи добавок Honeywell TitanTM7686 и Plastobit 430F.

Ключевые слова: битум, модификатор, асфальтобетон, долговечность дорожных покрытий, колеобразование.

IMPROVING THE PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE BY MODIFYING THEM. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ADDITIVES USED

G. Provatorova, K. Ryabinina

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Russian Federation
e-mail: asf.inst@yandex.ru, Kseniyaya92@mail.ru

The durability of asphalt concrete coatings is directly related to the quality of the materials used, primarily bitumen. Bitumen is most susceptible to changes under the influence of transport loads and weather conditions. At the same time, bitum largely determines the condition of the road surface. The behavior of bitumen can be changed by modifying it with additives. In this study, a comparative analysis of asphalt concrete mixtures prepared on a binder modified with the help of additives Honeywell TitanTM7686 and Plastobit 430F was carried out.

Keywords: bitumen, modifier, asphalt concrete, durability of road surfaces, rutting.

Введение. Значительное увеличение интенсивности движения и возросшие нагрузки на оси транспортных средств на дорогах привели к тому, что асфальтобетон не способен обеспечить требуемую прочность дорожных покрытий. Долговечность асфальтобетонных покрытий напрямую связана с качеством используемых материалов, в первую очередь битума. Битум наиболее восприимчив к изменениям под влиянием транспортных нагрузок и погодных условий. В то же время битум во многом определяет состояние дорожного покрытия. Поведение битума можно изменить, модифицировав его добавками. Новизна модификации битума

заключается в том, что добавление полимера к битуму позволяет получить дорожное покрытие, устойчивое к растрескиванию при низких температурах и обеспечивающее усталостную прочность при высоких температурах. Также достигается устойчивость к образованию колеи. Важную роль в выборе модификатора играют экономические вопросы, связанные с удорожанием покрытия, а также с необходимостью использования дополнительного оборудования, стабильностью модифицированного связующего при хранении и транспортировке и т.д.

В ходе эксперимента было выявлено значительное улучшение основных показателей асфальтобетонных смесей, а также наблюдались предельно допустимые отклонения по количеству вяжущего в асфальтобетонной смеси и по основным показателям. Более того, самое важное, чего удалось достичь, – это значительное повышение сопротивления образованию колеи при прокатке нагруженного колеса.

Актуальное положение. Для того, чтобы решить извечную проблему долговечности и качества дорожных асфальтобетонных покрытий, прежде всего необходимо улучшить качество дорожных битумов и, что немаловажно, стабильность вяжущего, что многократно доказывается многочисленными исследованиями.

Данная проблема является насущной в нашей стране, так как от качества дорожных покрытий зависит основа дорожной сети автомобильных дорог. Скорый выход из строя покрытий дорог ведет к вливанию огромных денежных ресурсов на восстановление их прежнего нормативного состояния. В связи с чем ведутся многочисленные исследования в данной области [1].

Подтверждением этому является развивающаяся нормативно-техническая база в части новых требований как в области битумных вяжущих, так и материалов на их основе. Начиная с 2020 года вступила в силу новая нормативная документация для асфальтобетонных смесей. Посредством многочисленных опытов и испытаний установлено положительное влияние модификаторов на асфальтобетонные смеси.

Существует множество внешних негативных факторов, оказывающих неизбежное влияние на дорожное покрытие, с которыми невозможно бороться. Но можно оказать положительное воздействие на качество, применяемых материалов. Современные технологии нефтепереработки, при производстве вяжущих ухудшают их эксплуатационные свойства. В связи с чем применение добавок, улучшающих эксплуатационно-технические свойства, является уже необходимым способом по созданию качественных асфальтобетонов.

Экспериментальная часть. В данном исследовании проводился сравнительный анализ асфальтобетонных смесей, приготовленных на вяжущем, модифицированном при помощи добавок Honeywell TitanTM7686 и Plastobit 430F.

Полиэтиленовый воск представляет собой химически синтезированное соединение сложного, полимерного строения, состоящее из большого количества насыщенных углеводородных цепей, в пределах 20-70 звеньев. В качестве сырья, как правило, используется низкомолекулярный полиэтилен. В обычном состоянии воск может быть в виде гранулированного порошка, либо мелких хлопьев, белого или желтоватого цвета. Полиэтиленовый воск обладает высокими смазывающими качествами. Эти качества активно используются в промышленном производстве пластмасс, восков, парафинов.

Honeywell TitanTM7686 – это функциональный низкомолекулярный полиэтиленовый воск, оптимизированный для модификации битума. Данный полимер имеет низкую вязкость расплава. Данный модификатор обладает рядом преимуществ.

С полимером Honeywell Titan 7686 ПБВ модифицированное вяжущее или ПБВ показывает гораздо меньшую чувствительность к температурам и сохраняет относительно невысокую вязкость. Добавка помогает улучшить у битума температуру размягчения. Потребители имеют возможность увеличить КиШ, не ухудшая показатели по усталостному напряжению и низкотемпературному растрескиванию.

Лабораторные испытания подтверждают, что применение Honeywell Titan 7686 существенно улучшает показатели по колейности, увеличивает жесткость асфальтобетона и водостойкость (благодаря отличной адгезионной способности, которая обусловлена наличием активных функциональных групп) модифицированного битума.

Полимер совместим с большинством битумов и битумосодержащих материалов, его можно легко диспергировать в битуме при 150°C с помощью обычной мешалки, поэтому не требуется дополнительное оборудование, что очень экономит средства дорожных организаций. Результаты тестирования вяжущего показывают очень высокую стабильность при хранении в течение долгого времени.

Асфальтобетон на основе битума, модифицированного данным модификатором, легче уплотняется, чем асфальт на основе СБС. При испытаниях было подтверждено, что можно на 1/3 быстрее уплотнить такой асфальтобетон до той же или далее более высокой плотности (пористости). Вяжущего сохраняет значения вязкости близкие к немодифицированному битуму. Это увеличивает температурное окно укладки, позволяя осуществлять укладку при более низких температурах, что помогает продлить сезон укладки, экономить энергию при производстве асфальтобетона и/или перевозить его на большие расстояния.

Так же битум с добавлением модификатора более чем 1% позволяет производить «теплые» смеси и позволяет укладывать асфальтобетонные смеси при температуре до 30° [2].

Plastobit (Пластобит) – это синтетический воск для структурной модификации битума в производстве асфальтобетона, а также кровельных материалов и гидроизоляции.

Продукция поставляется на паллетах (1000 кг) в полипропиленовых мешках по 20 кг. Вид - микрогранула; размер - до 1 мм; цвет – белый; производство – Россия; фасовка - 20 кг; температура каплепадения - 120 – 127°C; динамическая вязкость при 140°C, мПа*с, ASTM D3236 - 100 – 300; удельная плотность при 20°C - 95 – 0,96.

Для достижения сочетания характеристик твердости, высокой температуры плавления и исключительно низкой вязкости расплава рекомендуем модифицирующую добавку Plastobit, произведенную на основе модифицированных полимерных восков, в количестве до 1,5% в битумные кровельные и защитные смеси. Добавление дополнительного количества добавки на основе синтетического воска приводит к значительному улучшению текучести во время процедур горячего обжига, стимулируя образование гладкого и глянцевого покрытия с дополнительными водоотталкивающими свойствами.

Plastobit вводят в битум, разогретый до температуры 160-180°C при постоянном перемешивании. При оптимальном содержании полимерного модификатора гарантируется требуемая термостойкость битума. Образуется пространственная сетка или каркас, который меняет коагуляционную структуру битума.

Современная и перспективная технология широко применяется во многих странах, так как имеет ряд ярко выраженных в этой сфере имеет только положительные стороны и не влечет негативных последствий преимуществ. Основными из них являются: качество, увеличение срока службы покрытия, финансовая рентабельность. Так же стоит отметить, что использование модифицирующей добавки.

Основные преимущества использования модифицирующих добавок битума в дорожном строительстве:

- снижает температуру укладки. Пластобит при температуре выше 105°C полностью растворим в битуме;
- повышает термостойкость. Снижает отрицательное влияние низких температур;
- образует сетчатую структуру во время охлаждения асфальта;
- улучшает прочностные характеристики, снижает образование колеи;
- Plastobit – связующее, которое влияет на процессы смешивания всех компонентов [3].

В исследовании применялась асфальтобетонная смесь А11Вн в соответствии с требованиями нормативных документов [4].

Для изготовления асфальтобетонной смеси применялись следующие материалы:

- щебень габбро-диабаз фракций 8-11,2 мм М1400 ООО "ЛАФАРЖ НЕРУДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БЕТОН", месторождение "Голодай гора" в соответствии с требованиями нормативной документации [5];
- щебень габбро-диабаз фракций 4-8 мм М1400 ООО "ПГК", месторождение "Чевжавара" в соответствии с требованиями нормативной документации [6];
- песок дробленый М1400, габбро-диабаз, АО "КП-Габбро" в соответствии с требованиями нормативной документации [7];
- минеральный порошок МП-2 ООО «КАПИТАЛ-МАГНЕЗИТ» в соответствии с требованиями нормативной документации [8].

Исследование проводилось на битуме, который наиболее широко используется во Владимирской области в данное время, БНД 70/100 ООО «ЛУКОЙЛ – Нижегороднефтеоргсинтез» в соответствии с требованиями ГОСТ [9].

Приготовление вяжущего осуществлялось как в лабораторных условиях для приготовления пробного замеса, так и на производстве в смесительной установке с последующим транспортированием в асфальтобетонный завод.

Технология приготовления, вяжущего включает в себя следующие процессы.

1. Загрузка исходного битума, предварительно разогретого до заданной температуры (160-165°), в лабораторный смеситель МЛА-30.

2. Введение предварительно дозированного количества Plastobit 430F и Honeywell TitanTM7686 в разогретый битум.

3. Тщательное перемешивание вяжущего с модификатором в смесительной установке, одновременно подогревая его до однородного состояния в течение заданного времени. В ходе эксперимента вяжущее выдерживали при заданной температуре в течение 1 часа и 2 часов. После испытаний образцов полученных вяжущих было установлено, что выдерживание в течение 1 часа и в течении 2 часов не оказывает особого воздействия на основные свойства битума. В связи с чем последующее приготовление битумного вяжущего с добавками осуществлялось с выдерживанием его при указанной температуре в течение 1 часа, для экономии электроэнергии и времени на производстве.

В ходе эксперимента проводились следующие этапы:

- испытание исходного битума;
- испытание битума с добавками приготовленного в лабораторных условиях, с последующим анализом полученных данных (рисунок 1).

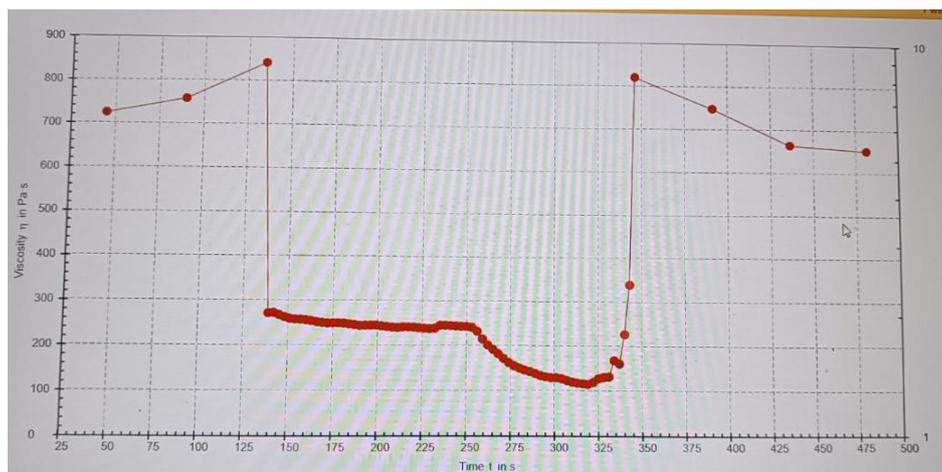


Рисунок 1. – Испытание битума марки БНД 700/100

Следующим этапом проведения исследований была разработка рецептуры асфальтобетонной смеси с подбором зернового состава асфальтобетона и оптимального количества битума (рисунок 2), с последующим формованием и испытанием изготовленных образцов.

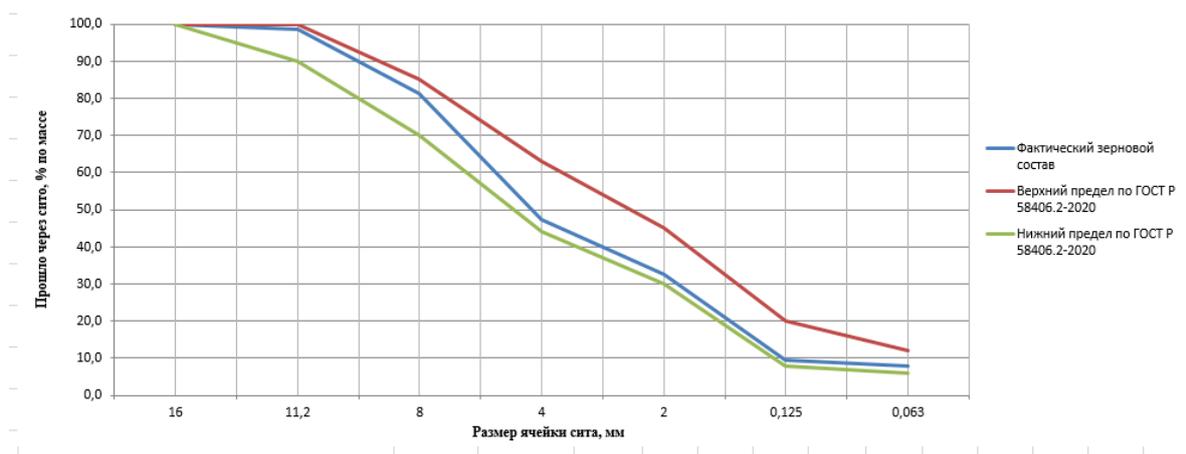


Рисунок 2. – Подбор состава асфальтобетонной смеси А11Вн с Plastobit 430F

Выполнялся подбор асфальтобетонной смеси А11Вн. Был выполнен подбор состава минеральной асфальтобетонной смеси, затем определялось оптимальное количество битума, модифицированного с двумя модификаторами.

Асфальтобетонные смеси изготавливались на одинаковом гранулометрическом составе. Одну серию образцов приготовили на исходном битуме марки БНД 70/100, модифицированного Honeywell TitanTM7686, другую с Plastobit 430F.

В технологию по приготовлению асфальтобетонной смеси включены следующие процессы.

1. Приготовление асфальтобетонной смеси в лабораторных условиях в смесительной установке.
2. Изготовление лабораторных образцов заданного размера в необходимом для исследования количестве.
3. Испытание полученных образцов.
4. Анализ полученных результатов.

В ходе эксперимента были получены следующие результаты (таблицы 1–5).

Таблица 1. – Результаты испытаний битума марки БНД 70/100 с 1,3% Honeywell TitanTM7686

| | Наименование показателя, единица измерения | Метод испытания | Норма ГОСТ | Фактическое значение |
|---|--|-----------------|--------------|----------------------|
| 1 | Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм | ГОСТ 33136 | от 71 до 100 | 82 |
| 2 | Температура размягчения по кольцу и шару, °C | ГОСТ 33142 | не ниже 47 | 51,0 |
| 3 | Растяжимость при 0°C при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | не менее 3,7 | 4,11 6,96 |
| 4 | Максимальное усилие при растяжении при 0°C, Н при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | | 61,17 65,65 |
| 5 | Температура хрупкости, °C | ГОСТ 33143 | не выше -18 | -21 |
| 6 | Температура вспышки, °C | ГОСТ 33141 | не ниже 230 | 306 |

Таблица 2. – Результаты испытаний битума марки БНД 70/100 с 1,5% Honeywell TitanTM7686

| | Наименование показателя, единица измерения | Метод испытания | Норма ГОСТ | Фактическое значение |
|---|--|-----------------|--------------|----------------------|
| 1 | Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм | ГОСТ 33136 | от 71 до 100 | 78 |
| 2 | Температура размягчения по кольцу и шару, °C | ГОСТ 33142 | не ниже 47 | 55,0 |
| 3 | Растяжимость при 0°C при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | не менее 3,7 | 4,01 6,56 |
| 4 | Максимальное усилие при растяжении при 0°C, Н при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | | 59,21 63,65 |
| 5 | Температура хрупкости, °C | ГОСТ 33143 | не выше -18 | -25 |
| 6 | Температура вспышки, °C | ГОСТ 33141 | не ниже 230 | 311 |

Таблица 3. – Результаты испытаний битума марки БНД 70/100 с 1,3% Plastobit 430F

| | Наименование показателя, единица измерения | Метод испытания | Норма ГОСТ | Фактическое значение |
|---|--|-----------------|--------------|----------------------|
| 1 | Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм | ГОСТ 33136 | от 71 до 100 | 70 |
| 2 | Температура размягчения по кольцу и шару, °C | ГОСТ 33142 | не ниже 47 | 60,3 |
| 3 | Растяжимость при 0°C при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | не менее 3,7 | 4,75 3,83 |
| 4 | Максимальное усилие при растяжении при 0°C, Н при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | | 97,89 174,54 |
| 5 | Температура хрупкости, °C | ГОСТ 33143 | не выше -18 | -24 |
| 6 | Температура вспышки, °C | ГОСТ 33141 | не ниже 230 | 298 |

Таблица 4. – Результаты испытаний битума марки БНД 70/100 с 1,5% Plastobit 430F

| | Наименование показателя, единица измерения | Метод испытания | Норма ГОСТ | Фактическое значение |
|---|--|-----------------|--------------|----------------------|
| 1 | Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм | ГОСТ 33136 | от 71 до 100 | 66 |
| 2 | Температура размягчения по кольцу и шару, °C | ГОСТ 33142 | не ниже 47 | 61,9 |
| 3 | Растяжимость при 0°C при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | не менее 3,7 | 4,21 1,11 |
| 4 | Максимальное усилие при растяжении при 0°C, Н при скорости 1см/мин при скорости 5 см/мин | ГОСТ 33138 | | 88,90 102,10 |
| 5 | Температура хрупкости, °C | ГОСТ 33143 | не выше -18 | -18 |
| 6 | Температура вспышки, °C | ГОСТ 33141 | не ниже 230 | 300 |

Стойкость асфальтобетонных покрытий к сопротивлению к пластическим деформациям зависит не только от твердости битума и значением работы адгезии, но и его динамической вязкостью в области технологических температур приготовления асфальтобетонных смесей [9]. В связи с чем была определена динамическая вязкость битума с модификаторами.

Таблица 5. – Результаты испытаний битума марки БНД 70/100 с модификаторами на изменение динамической вязкости

| | Наименование модификатора | Наименование показателя, единица измерения | Метод испытания | Норма ГОСТ | Фактическое значение |
|---|-----------------------------|---|----------------------------|--------------|----------------------|
| 1 | 1,5 % Honeywell TitanTM7686 | Динамическая вязкость, Условие 1 (при 1,5 с-1 при 60 EC), Па · с | ГОСТ 33137 ГОСТ Р 58829 | не менее 100 | 246,03 |
| 2 | | Динамическая вязкость при температуре 60°C и скорости сдвига 1,5 с после старения, Па·с, не менее | ГОСТ 33140 ГОСТ 33137 | не менее 220 | 845,5 |
| 3 | | Коэффициент изменения динамической вязкости после старения | ГОСТ Р 58829 | не более 3,5 | 3,44 |
| 4 | 1,3% Plastobit 430F | Динамическая вязкость, Условие 1 (при 1,5 с-1 при 60 EC), Па · с | ГОСТ 33137 ГОСТ Р 58829 | не менее 100 | 774,17 |
| 5 | | Динамическая вязкость при температуре 60°C и скорости сдвига 1,5 с после старения, Па·с, не менее | ГОСТ 33140 ГОСТ 33137 | не менее 220 | 1729,6 |
| 6 | | Коэффициент изменения динамической вязкости после старения | ГОСТ Р 58829 | не более 3,5 | 2,23 |

Так же при проведении испытания на изменение динамической вязкости битума с 1,3% Plastobit 430F, было выявлено, что асфальтобетон на полученном вяжущем будет лучше реагировать на нагрузку, о чем свидетельствует график (рисунок 3).

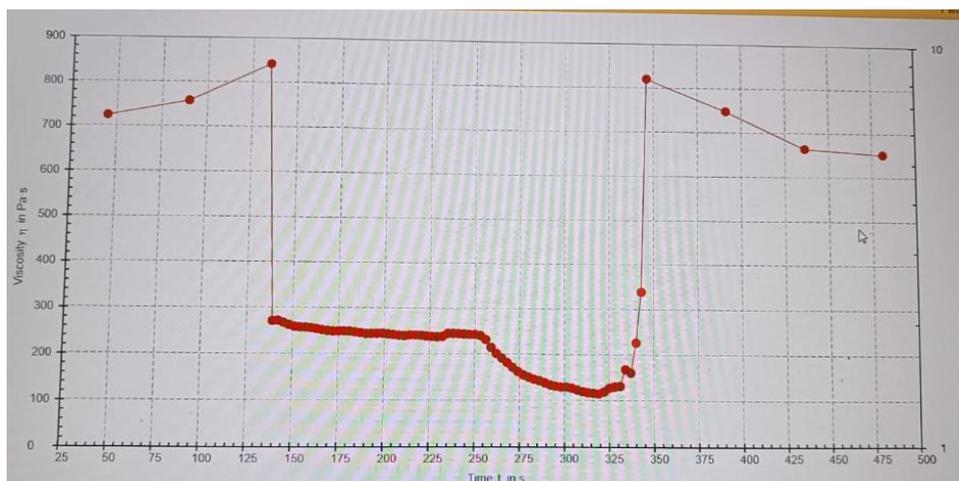


Рисунок 3. – Результаты испытаний битума марки БНД 70/100 с 1,3% Plastobit 430F на изменение динамической вязкости

Заключение. В ходе исследований, опытным путем, было доказано, что при использовании модификатора, для улучшения свойств асфальтобетонов, повышается технологичность смесей, что упрощает укладку асфальтобетонных смесей, также увеличивается устойчивость к колееобразованию.

В ходе исследования было установлено, что при использовании полиэтиленового воска отечественного производства и зарубежного нет значительных различий в показателях вяжущего и свойствах асфальтобетонных смесей. При использовании воска отечественного производителя, опытным путем установлена возможность применения при чуть низких концентрациях и при меньшем интервале термостатирования при производстве. Что повлечет за собой небольшую, но экономию как сырья, так и энергетических затрат, так и экономию времени. Что в производственных масштабах окажет только положительное влияние.

В ходе инспекции участка установлено, что толщина слоя выдержана, сцепление с нижележащим слоем хорошее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калгин, Ю. И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов: монография / Ю. И. Калгин; Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2006. – 272 с.
2. А.В. Куликова Е. Аспирант, ОАО «Орелдорстрой», ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» // Функциональные значения полимерных добавок // Журнал Автомобильные дороги № 1(998) Январь, 2015.
3. Plastobit 430F (сопроводительный документ модифицирующей добавки).
5. ГОСТ Р 58406.2-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смесей горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия.
6. ГОСТ 32703 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования.
7. ГОСТ 32730 Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования.
8. ГОСТ 32761 Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования.
9. ГОСТ 33133-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования.
10. И.М. Руденская, А.В. Руденский. Реологические свойства битумов. – М.: Высш. шк., 1967. – С. 30.