

УДК 625.756

**К. Р. ГУБА<sup>а</sup>, В. Н. КУЛИКОВ<sup>б</sup>, Э. Н. ГАБИДУЛИН<sup>б</sup>, Н. А. КОВШИК<sup>б</sup>, А. Д. ГУРИН<sup>б</sup>, С. Г. БОРИСОВ<sup>б</sup>**<sup>а</sup> Автомобильно-дорожный институт «Донецкий национальный технический университет»,<sup>б</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ МОДИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО**

**Аннотация.** Одной из основных задач в области дорожного строительного материаловедения является поиск новых материалов, которые позволят повысить физико-механические свойства асфальтобетона и тем самым увеличить сроки эксплуатации нежестких одежд автомобильных дорог. Увеличение эксплуатационного срока службы дорожных покрытий приведет к снижению затрат на их содержание и ремонт. Многочисленными исследованиями установлено, что повышение качества асфальтобетона может быть достигнуто за счет улучшения физико-механических свойств органического вяжущего. Выполнен анализ способов модификации нефтяных дорожных битумов. Установлено, что существуют два эффективных способа модификации органического вяжущего – технологический и рецептурный. Установлено, что наиболее эффективными являются рецептурные способы. Приведена классификация модифицирующих добавок нефтяных дорожных битумов. Доказано, что одним из наиболее эффективных способов модификации органических вяжущих является введение в их состав поверхностно-активных веществ.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, добавки, способы модификации асфальтобетона, классификация, битум.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Основным дорожным материалом является асфальтобетон, который в дорожной одежде подвержен перепадам температур окружающей среды, а также механическим воздействиям от нагрузок транспортных средств. При данных условиях наблюдается недостаточная эксплуатационная надежность нежестких дорожных одежд, которая приводит к образованию трещин и пластических деформаций. Поэтому решение данной проблемы связано с повышением качества асфальтобетона за счет модификации прежде всего органического вяжущего материала.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

При строительстве и ремонте дорожного покрытия автомобильных дорог используют асфальтобетон, который является искусственным композиционным материалом, состоящим из рационально подобранной смеси минеральных компонентов и органического вяжущего. В связи с этим проектирование состава асфальтобетона является одной из важных задач, направленных на исключение повреждений, которые могут возникнуть при эксплуатации дорожного покрытия [1–3].

Над решением данной проблемы в настоящее время работают и занимаются такие исследователи, как А. С. Колбановская, А. В. Руденский, И. М. Руденская, В. А. Золотарев, Л. Б. Гезенцевей, В. Б. Розенталь, В. Г. Хозин, Б. Г. Печеный, Л. М. Гохман и другие [4–11].

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Выполнить анализ способов модификации органического вяжущего и выбрать наиболее эффективный.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

В последнее время в странах ближнего и дальнего зарубежья, а также в Российской Федерации широко используют новые технологии строительства, ремонта и содержания дорожных покрытий

© К. Р. Губа, В. Н. Куликов, Э. Н. Габидулин, Н. А. Ковшик, А. Д. Гуринов, С. Г. Борисов, 2021

[3, 5, 11, 12]. В большинстве случаев разрабатываемые технологии направлены на модификацию органических вяжущих, входящих в состав асфальтобетона. Основной задачей асфальтобетона является обеспечение требуемых функциональных свойств дорожного покрытия. Поэтому разработка долговечных составов асфальтобетона является актуальным направлением, которое позволит снизить затраты на ремонт и содержание и продлит срок эксплуатации нежестких дорожных одежд.

Одним из главных компонентов, входящих в состав асфальтобетона, является органическое вяжущее (битум), свойства которого при прочих равных условиях определяют физико-механические свойства данного композиционного материала [4, 5, 7, 11]. Дорожно-строительные материалы, приготовленные на основе битума, имеют следующие недостатки:

- чувствительность к изменению температуры окружающей среды;
- низкую адгезию к поверхности минеральных материалов;
- изменение свойств во времени эксплуатации (старение, хрупкость).

Влияние перечисленных недостатков совместно с напряженным состоянием возникающим от механических, статических и динамических воздействий транспортных средств, приводит к нарушению структуры асфальтобетонных покрытий. На дорожном покрытии образуются трещины и пластические деформации, которые снижают деформационную устойчивость автомобильной дороги.

На рисунке 1 приведены два наиболее эффективных способа модификации битума, которые реализованы в настоящее время [4–11, 14, 15].



**Рисунок 1** – Способы модификации битумных вяжущих.

– технологический – основан на механическом или физическом воздействии на структуру битума [13–15];

– рецептурный – основан на введении в состав органического вяжущего или в композит дополнительных компонентов, изменяющих структуру и свойства битума [13–15].

Технологические способы включают в себя различные факторы, которые связаны с условиями приготовления органических вяжущих, асфальтобетонных смесей и физическими воздействиями (рис. 1).

При модификации битума с использованием СВЧ-печей обеспечивается равномерное распределение энергии по всей камере обработки органического вяжущего. Обработка данным способом значительно повышает адгезионное взаимодействие в системе «битум – минеральный наполнитель». Это связано с изменениями структуры битума, и прежде всего активизируется поверхностная энергия смол и асфальтогеновых кислот, что повышает прочностные характеристики асфальтобетона.

Факторами внешнего воздействия на структуру битума можно назвать: электрические, электромагнитные, магнитные, вибрационные и акустические поля. Недостатком является недостаточная изученность действия сил магнитного поля [14, 16].

Использование ультразвуковой модификации битума [14, 16] приводит к:

- снижению вязкости;
- диспергированию частиц, которые находятся в зоне действия ультразвука;
- повышению однородности;
- разрушающему действию и диспергированию коллоидных мицелл органического вяжущего.

Для того, чтобы улучшить показатели свойств битума технологическими способами, необходимо вложить значительные капиталовложения на изменения технологического процесса, понести затраты на энергию, использовать сложное оборудование. Следовательно, более доступным и простым способом модификации битума являются рецептурные способы.

Рецептурные способы модификации битума основываются на введении в битум модифицирующих добавок (рис. 1), которые могут вводиться на разных стадиях их получения и переработки [13, 17]. На сегодняшний день в литературе отсутствует полная классификация и систематизация модифицирующих добавок, что приводит к затруднению их изучения, а также к их выбору и использованию. Однако разработки продолжаются и ряд исследователей В. А. Золотарев, В. Г. Хозин, Л. М. Гохман, В. И. Братчун, А. Б. Соломенцев и др. предлагают классифицировать добавки по механизму их действия [6, 9, 11, 13, 17]. В соответствии с этим предлагается выделить следующие группы модифицирующих добавок (рис. 2).

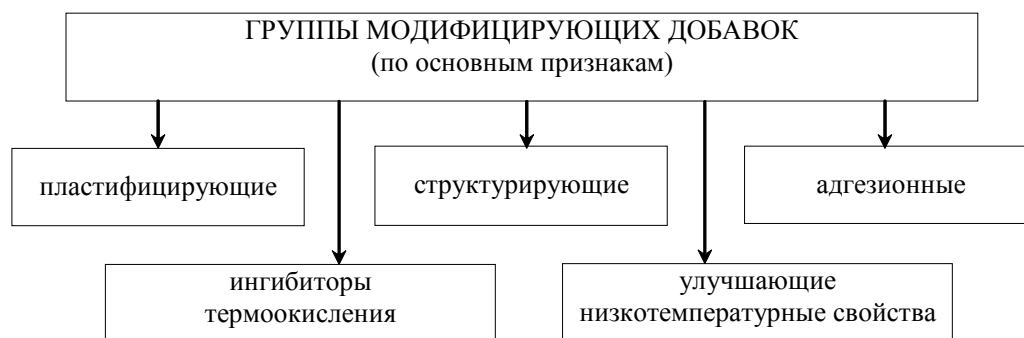


Рисунок 2 – Классификация модифицирующих добавок по основным признакам.

В работах [6, 9, 11, 13, 17] авторы предлагают классифицировать модифицирующие добавки по вспомогательным признакам (рис. 3).

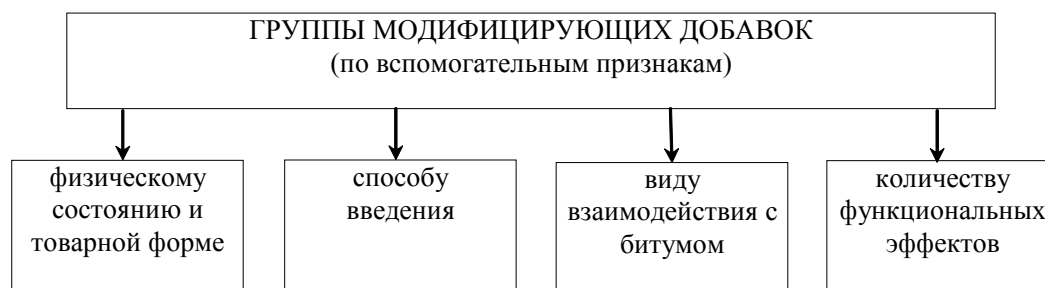


Рисунок 3 – Классификация модифицирующих добавок по вспомогательным признакам.

Предлагается и другая классификация модифицирующих добавок по обобщенным признакам [6, 9, 11, 13, 17] (рис. 4).

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что адгезионные добавки типа ПАВ широко используются в технологии модификации асфальтобетонных смесей [13, 17]. Введение добавок типа ПАВ приводит к снижению поверхностной энергии и повышает энергию взаимодействия с поверхностью минеральных материалов [10, 13]. Это снижает температуру нагрева вяжущего и время получения однородной смеси, а также приводит к замедлению процесса старения асфальтобетонной смеси и асфальтобетона [5, 10, 14, 17].



Рисунок 4 – Классификация модифицирующих добавок по обобщенным признакам.

## ВЫВОД

Выполнив анализ литературы, можно сделать вывод о том, что для повышения качества битума существуют разнообразные способы модификации. Для выбора того или иного способа модификации битума необходимо учитывать ряд факторов, которые должны быть направлены на снижение затрат на технологические и энергетические процессы, минимизацию усложнения производственных процессов. Необходимо отметить, что процесс модификации битума должен соответствовать рациональным, эффективным и экономичным требованиям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбьев, И. А. Закономерности в структурно-механических свойствах асфальтового бетона / И. А. Рыбьев. – Текст : непосредственный // Сборник трудов ВЗИСИ. – 1957. – Т. 1. – С. 78–95.
2. Ребиндер, П. А. Научные основы технологии производства новых строительных материалов / П. А. Ребиндер, Н. В. Михайлов. – Текст : непосредственный // Вестник АН СССР. – 1961. – № 10. – С. 70–77.
3. Ковалев, Я. Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов (научно-практические основы) / Я. Н. Ковалев. – Минск : Беларуская Энцыклапедыя. – 2002. – 334 с. – ISBN 985-11-0237-7. – Текст : непосредственный.
4. Колбановская, А. С. Дорожные битумы / А. С. Колбановская, Е. В. Михайлов. – Москва : Транспорт, 1973. – 264 с. – Текст : непосредственный.
5. Руденская, И. М. Органические вяжущие для дорожного строительства / И. М. Руденская, А. В. Руденский. – Москва : ИНФРА-М. – 2010. – 256 с. – ISBN 978-5-16-004482-8. – Текст : непосредственный.
6. Золотарев, В. А. Свойства битумов, модифицированных полимерами типа СБС / В. А. Золотарев. – Текст : непосредственный // Научно-виробничий журнал «Автошляховик України» / [редакційна колегія: В. Б. Агеєв, А. О. Белятинський, В. О. Богомолів та ін.]. – Киев : [б. и.]. – 2006. – С. 25–27.
7. Дорожный асфальтобетон / Л. Б. Гезенцевей, Н. В. Горельшев, А. М. Богуславский, И. В. Королев. – Москва : Транспорт. – 1985. – 350 с. – Текст : непосредственный.
8. Розенталь, Д. А. Нефтяные окисленные битумы : учебное пособие ЛТИ им. Ленсовета / Д. А. Розенталь. – Ленинград : Химия. – 1973. – 46 с. – Текст : непосредственный.
9. Хозин, В. Г. Полимеры в строительстве – реальные границы и перспективы эффективного применения / В. Г. Хозин. – Текст : непосредственный // Полимеры в строительстве: научный Интернет – журнал. – 2014. – № 1(1). – С. 9–26.
10. Печеный, Б. Г. Физико-химические основы регулирования структурных и фазовых превращений в процессах производства применения битумов : специальность 05.17.07 : автореферат диссертации на соискание ученой

- степени доктора технических наук / Печеный Борис Григорьевич ; МИНХ и ГП им. И. М. Губкина. – Москва, 1985. – 48 с. – Текст : непосредственный.
11. Гохман, Л. М. Битумы, полимернобитумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон : методическое пособие для слушателей ГОУ ДПО ГАСИС / составитель : Л. М. Гохман. – Москва : Издательство ГОУ ДПО ГАСИС. – 2008. – 94 с. – ISBN 978-5-9506-0352-5. – Текст : непосредственный.
  12. Arand, W. Prognostizierung des Haftverhaltens von Asphalten mittels Spaltzugfestigkeitsabfall / W. Arand. – Текст : непосредственный // Asphalt (BRD). – 1998. – 32, № 6. – С. 18–19.
  13. Евдокимова, Н. Г. Разработка научно-технологических основ производства современных битумных материалов как нефтяных дисперсных систем : специальность 05.17.07 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Евдокимова Наталья Георгиевна ; ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина». – Москва, 2015. – 54 с. – Текст : непосредственный.
  14. Золотарев, В. А. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. PIARC-AIPCR [перевод с французского В. А. Золотарёва, Л. А. Беспаловой]. Под общей редакцией В. А. Золотарёва, В. И. Братчуна – Харьков : Изд-во ХНАДУ. – 2003. – 229 с. – Текст : непосредственный.
  15. Шеховцова, С. Ю. Эффективный асфальтобетон на основе наномодифицированного полимерно-битумного вяжущего : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шеховцова Светлана Юрьевна ; ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». – Белгород, 2016. – 192 с. – Текст : непосредственный.
  16. Лоскутова, Ю. В. Влияние магнитного поля на структурно-реологические свойства нефтей / Ю. В. Лоскутова, Н. В. Юдина. – Текст : непосредственный // Известия ТПУ. – 2006. – Т. 309, № 4. – С. 104–109.
  17. Соломенцев, А. Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битума / А. Б. Соломенцев. – Текст : непосредственный // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 1. – С. 14–16.
  18. Производство нефтяных битумов / А. А. Гуреев, Е. А. Чернышева, А. А. Коновалов, Ю. В. Кожевникова. – Москва : РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. – 2007. – 103 с. – Текст : непосредственный.

Получена 28.12.2020

К. Р. ГУБА <sup>a</sup>, В. М. КУЛИКОВ <sup>b</sup>, Е. Н. ГАБИДУЛІН <sup>b</sup>, Н. А. КОВШИК <sup>b</sup>,  
О. Д. ГУРІН <sup>b</sup>, С. Г. БОРИСОВ <sup>b</sup>

АНАЛІЗ СПОСОБІВ МОДИФІКАЦІЇ ОРГАНІЧНОГО В'ЯЖУЧОГО

<sup>a</sup> Автомобільно-дорожній інститут «Донецький національний технічний університет»,

<sup>b</sup> ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Однією з основних задач в галузі дорожнього будівельного матеріалознавства є пошук нових матеріалів, які дозволять підвищити фізико-механічні властивості асфальтобетону і тим самим збільшити терміни експлуатації нежорстких одягів автомобільних доріг. Збільшення експлуатаційного терміну служби дорожніх покриттів приведе до зниження витрат на їх утримання і ремонт. Багатьма дослідженнями встановлено, що підвищення якості асфальтобетону може бути досягнуто за рахунок поліпшення фізико-механічних властивостей органічного в'язучого. Виконано аналіз способів модифікації нафтових дорожніх бітумів. Встановлено, що існують два ефективних способу модифікації органічного в'язучого – технологічний і рецептурний. Доведено, що найбільш ефективними є рецептурні способи. Наведено класифікацію добавок, якими модифікують нафтові дорожні бітуми. Доведено, що одним з найбільш ефективних способів модифікації органічних в'язучих є введення до їх складу поверхнево-активних речовин.

**Ключові слова:** асфальтобетон, добавки, способи модифікації асфальтобетону, класифікація, бітум.

KONSTANTIN GUBA <sup>a</sup>, VLADISLAV KULIKOV <sup>b</sup>, ELDAR GABIDULIN <sup>b</sup>, NATALYA KOVSHIK <sup>b</sup>, ALEXANDER GURIN <sup>b</sup>, SERGEI BORISOV <sup>b</sup>

ANALYSIS OF METHODS FOR MODIFYING ORGANIC BINDER

<sup>a</sup> Automobile and Road Institute «Donetsk National Technical University», <sup>b</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** One of the main tasks in the field of road construction materials science is the search for new materials that will improve the physical and mechanical properties of asphalt concrete and thereby increase the service life of non-rigid road clothes. An increase in the service life of road surfaces will lead to a decrease in the costs of their maintenance and repair. Numerous studies have established that improving the quality of asphalt concrete can be achieved by improving the physical and mechanical properties of the organic binder. The analysis of methods for modifying oil road bitumen is carried out. It has been established that

there are two effective methods for modifying an organic binder, technological and recipe. Prescription methods have been proven to be the most effective. The classification of modifying additives for oil road bitumen is given. It has been proven that one of the most effective ways of modifying organic binders is the introduction of surfactants into their composition.

**Key words:** asphalt concrete, additives, methods of modifying asphalt concrete, classification, bitumen.

**Губа Константин Романович** – ассистент кафедры общеинженерных дисциплин автомобильно-дорожного института ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: использование старого асфальтобетона для приготовления новых смесей; возможность модифицирования вяжущего.

**Куликов Владислав Николаевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Габидулин Эльдар Ниязович** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Ковшик Наталья Анатольевна** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Гурин Александр Дмитриевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Борисов Сергей Григорьевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Губа Костянтин Романович** – асистент кафедри загальноінженерних дисциплін автомобільно-дорожного інституту ДОУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: використання старого асфальтобетону для приготування нових сумішей; можливість модифікування в'язучого.

**Куликов Владислав Миколайович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Габідулін Ельдар Ніязовіч** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Ковшик Наталія Анатоліївна** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Гурин Олександр Дмитрович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Борисов Сергій Григорович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Guba Konstantin** – assistant; General Engineering Disciplines Department, Automobile and Road Institute «Donetsk National Technical University». Scientific interests: the use of old asphalt concrete for the preparation of new mixtures; the possibility of modifying the binder.

**Kulikov Vladislav** – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

**Gabidulin Eldar** – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

**Kovshik Natalya** – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

**Gurin Alexander** – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

**Borisov Sergei** – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.