

**И. И. Бизирка, канд. техн. наук**

**Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Луганский государственный университет  
им. Владимира Даля» в г. Луганск**

### **ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОШКОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА**

*Проведены исследования физико-механических характеристик асфальтовяжущих материалов. Для исследования влияния мелкодисперсных наполнителей на свойства асфальтовяжущего вещества были использованы следующие порошки: известняковый, кварцевый, органоминеральный, зола от сжигания осадка сточных вод. По температуре размягчения, пенетрации и растяжимости было изучено влияние различных мелкодисперсных наполнителей на свойства асфальтовяжущего вещества. Показано, что асфальтовяжущие на органоминеральном порошке по качеству не уступают вяжущему на известняковом минеральном порошке.*

***Ключевые слова:** асфальтовяжущее вещество, мелкодисперсные наполнители, температура размягчения асфальтовяжущего, пенетрация битума, растяжимость битума*

#### ***Введение***

Свойства асфальтовяжущего вещества оказывают значительное влияние на качественные показатели асфальтобетонной смеси. Исследование свойств асфальтовяжущего вещества разрешает получить представление о взаимодействии битума и мелкодисперсного наполнителя, а также спрогнозировать свойства асфальтобетона на этих наполнителях. Химический и минералогический составы, характер поверхности, структурные особенности и форма зерен мелкодисперсного наполнителя влияют на характер взаимодействия.

#### ***Анализ исследований и публикаций***

Вопросами влияния различных мелкодисперсных наполнителей на свойства асфальтовяжущего вещества всегда уделялось большое внимание. Значительный вклад в изучение свойств асфальтовяжущего вещества внесли В. В. Алексеенко, Ю. В. Салтанова, Д. В. Герасимов, А. А. Игнатъев, В. М. Готовцев, К. С. Выродова, С. Г. Михайлов и другие авторы [1–8].

Однако, несмотря на большое количество исследований, данная тематика остается актуальной, так как в качестве минерального порошка для асфальтобетонной смеси используется большое количество техногенного сырья.

***Целью статьи*** является сравнительный анализ влияния различных мелкодисперсных наполнителей на свойства асфальтовяжущего вещества.

#### ***Основные результаты исследования***

Минеральный порошок представляет собой каменную муку или пыль, получаемую в результате дробления известняков и доломитов.

Согласно ГОСТ Р 52129-2003 [9] порошки бывают двух марок:

МП-1 – порошки неактивированные и активированные из осадочных (карбонатных) горных пород и порошки из битуминозных пород;

МП-2 – порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства.

Согласно [9] минеральные порошки были испытаны по основным нормируемым показателям, таким как зерновой состав, пористость, набухание образцов из смеси порошка с битумом, показатель битумоемкости и влажность.

В таблице 1 приведены результаты лабораторных испытаний сертифицированного активированного и неактивированного минерального порошка, а также органоминерального порошка.

Таблица 1 – Требования к мелкодисперсным наполнителям, используемым в качестве минерального порошка, в сравнении с органоминеральным порошком

| № п/п | Показатель                                                          | Нормы по маркам и видам минерального порошка согласно ГОСТ Р 52129-2003 [9] |                |          | Нормы характеристик сертифицированного минерального порошка марки МП-1 в зависимости от его вида (компания ООО «Елань», г. Москва) |                | Органоминеральный порошок |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|
|       |                                                                     | МП-1                                                                        |                | МП-2     | неактивированный                                                                                                                   | активированный |                           |
|       |                                                                     | неактивированный                                                            | активированный |          |                                                                                                                                    |                |                           |
| 1.    | Зерновой состав, % по массе:<br>– менее 0,071 мм<br>– менее 1,25 мм | 80<br>100                                                                   | 70<br>100      | 40<br>95 | 71,3<br>100                                                                                                                        | 69,8<br>100    | 80<br>100                 |
| 2.    | Пористость, %, не более                                             | 35                                                                          | 30             | 40       | 31,6                                                                                                                               | 29,6           | 36,36                     |
| 3.    | Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более          | 2,5                                                                         | 1,8            | 3,0      | 2,2                                                                                                                                | 1,6            | 2,35                      |
| 4.    | Показатель битумоемкости, г, не более                               | не нормируется                                                              |                | 80       | 56,6                                                                                                                               | 58,3           | 59,27                     |
| 5.    | Влажность, % по массе, не более                                     | 1,00                                                                        | не нормируется | 2,5      | 0,45                                                                                                                               | 0,45           | 0,5                       |

Исходя из результатов испытаний, можно сделать вывод, что органоминеральный порошок отвечает требованиям ГОСТ Р 52129-2003 [9]. Также видно, что по ряду показателей он отвечает требованиям, предъявляемым к порошку марки МП-2 (пористость), а по некоторым показателям – минеральному порошку марки МП-1.

После сопоставления показателей, предъявляемых к минеральному порошку, остается непонятно, к какому же виду относится органоминеральный порошок – активированному или неактивированному. Согласно элементному составу, органическая составляющая осадка состоит из углерода (35,4–87,8 %), водорода (4,5–8,7 %), серы (0,2–2,7 %), азота (1,8–8,0 %) и кислорода (7,6–35,4 %) [7]. Также известно, что при хранении осадки сточных вод со временем преобразуются в белково-, жиро-, углеводоподобные вещества. Они в сумме составляют 80–85 %. Оставшиеся 15–20 % составляют лигниногумусовый комплекс соединений. Тяжелые металлы в осадке суммарно не превышают 0,3 %. Анионноактивными свойствами в осадке обладают жироподобные вещества, а катионноактивными – тяжелые металлы. Согласно п. 2.5.6 [8] схожие вещества используются для активации минеральных порошков. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что органоминеральный порошок является активированным. Это и влияет на его конкурентоспособность относительно традиционного минерального наполнителя.

Согласно ГОСТ Р 52129-2003 [9] активированные минеральные порошки должны быть гидрофобными. Согласно данным [10], органоминеральный порошок из осадков сточных вод является гидрофобным.

Исследования асфальтовяжущего вещества были выполнены для изучения взаимодействия битума с мелкодисперсным наполнителем и прогнозирования его влияния на свойства асфальтобетонной смеси.

Для испытаний свойств асфальтовяжущего с использованием различных видов мелкодисперсных наполнителей были использованы порошки с удельной поверхностью  $400 \text{ м}^2/\text{кг}$ :

- известняковый;
- кварцевый минеральный порошок;
- органоминеральный порошок;
- зола от сжигания осадков сточных вод (ОСВ).

Для изготовления асфальтовяжущего использовали битум БНД 60/90, так как он соответствует ГОСТ 22245-90 [11].

Исследования по битумополимерным вяжущим не выполнялись, поскольку исследованию подвергали битум БНД 60/90.

Содержание мелкодисперсных наполнителей в битуме составляло 5, 10, 20, 40, 50 %.

Были изучены пенетрация (ГОСТ 11501-78 [12]), температура размягчения по кольцу и шару (ГОСТ 11506-73 [13]), растяжимость (ГОСТ 11505-75 [14]).

Температура размягчения асфальтовяжущих приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Температура размягчения асфальтовяжущего вещества, °С

| Вид мелкодисперсного наполнителя | Асфальтовяжущее, содержащее различные мелкодисперсные наполнители |                |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                  | Битум БНД 60/90                                                   | Битум + 5 % МН | Битум + 10 % МН | Битум + 20 % МН | Битум + 40 % МН | Битум + 50 % МН |
| Известняковый порошок            | 47,5                                                              | 47,5           | 48              | 49              | 54              | 58              |
| Органоминеральный порошок        | 47,5                                                              | 48             | 49              | 50,5            | 55              | 60              |
| Зола от сжигания ОСВ             | 47,5                                                              | 47,5           | 48              | 50              | 51              | 52              |
| Кварцевый порошок                | 47,5                                                              | 47,5           | 47,5            | 48              | 50              | 51              |

В таблицах 3 и 4 приведены данные по растяжимости и пенетрации асфальтовяжущих веществ.

Таблица 3 – Растяжимость (см) битума и битума, наполненного МП при 25 °С

| Вид мелкодисперсного наполнителя | Асфальтовяжущее, содержащее различные мелкодисперсные наполнители |                |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                  | Битум БНД 60/90                                                   | Битум + 5 % МН | Битум + 10 % МН | Битум + 20 % МН | Битум + 40 % МН | Битум + 50 % МН |
| Известняковый порошок            | 94                                                                | 83             | 78              | 57              | 40              | 23              |
| Органоминеральный порошок        | 94                                                                | 82             | 74              | 52              | 36              | 19              |
| Зола от сжигания ОСВ             | 94                                                                | 87             | 83              | 55              | 44              | 26              |
| Кварцевый порошок                | 94                                                                | 87             | 82              | 56              | 45              | 27              |

Таблица 4 – Глубина проникновения иглы при 25 °С, 0,1 мм

| Вид мелкодисперсного наполнителя | Асфальтовяжущее, содержащее различные мелкодисперсные наполнители |                |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                  | Битум БНД 60/90                                                   | Битум + 5 % МН | Битум + 10 % МН | Битум + 20 % МН | Битум + 40 % МН | Битум + 50 % МН |
| Известняковый порошок            | 61                                                                | 57             | 53              | 47,5            | 40              | 31              |
| Органоминеральный порошок        | 61                                                                | 58             | 55              | 49,5            | 38              | 30              |
| Зола от сжигания ОСВ             | 61                                                                | 59             | 57              | 54              | 46              | 38              |
| Кварцевый порошок                | 61                                                                | 60             | 59              | 56              | 48              | 40              |

Лабораторные испытания асфальтовяжущего вещества, которое содержит известняковый, органоминеральный и кварцевый порошки, а также золу от сжигания ОСВ от 5 до 50 % по массе, показали, что введение этих добавок снижает пенетрацию и растяжимость при 25 °С и повышает температуру размягчения вяжущего вещества (таблицы 2–4).

### **Выводы**

Лабораторные исследования подтверждают, что органоминеральный порошок соответствует требованиям ГОСТ Р 52129-2003 и может использоваться для асфальтобетонных смесей.

Применение данного порошка в асфальтовяжущем оказывает положительное влияние на его свойства. Показано, что асфальтовяжущие на органоминеральном порошке по качеству не уступают вяжущему на известняковом минеральном порошке, что дает возможность спрогнозировать более высокое качество асфальтобетонной смеси при использовании в качестве мелкодисперсного наполнителя органоминерального порошка.

### **Список литературы**

1. Герасимов, Д. В. Структурированное асфальтовяжущее вещество – новый вид связующего в асфальтобетонных смесях / Д. В. Герасимов, А. А. Игнатъев, В. М. Готовцев. – Текст : электронный // Транспортные сооружения : интернет-журнал. – 2021. – Т. 8, № 3. – URL: <https://t-s.today/PDF/08SATS321.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).
2. Выродова, К. С. Применение наполнителей, в том числе из шунгита, в составе полимерно-битумных композиций / К. С. Выродова, С. Г. Михайлов. – Текст : электронный // Исследования молодых ученых : материалы ЛП Международной научной конференции, Казань, январь 2023 г. / [под редакцией И. Г. Ахметова]. – Казань : Молодой ученый, 2023. – С. 6–11. – URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/474/17721/> (дата обращения: 07.02.2024).
3. Изучение физико-механических свойств асфальтобетонной смеси на основе модифицированного битум-полимерного вяжущего / А. Ф. Кемалов, Р. А. Кемалов, С. М. Петров [и др.]. – Текст : электронный // Научный электронный архив. – URL: <http://econf.rae.ru/article/4543> (дата обращения: 07.02.2024).
4. Абаза, Е. В. Физические и деформационно-прочностные свойства модифицированных асфальтовяжущих веществ / Е. В. Абаза // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике. – 2016. – Т. 2, № 1. – С. 94–98.
5. Битуев, А. В. Влияние структурирующей способности минерального порошка на физико-механические свойства асфальтобетона / А. В. Битуев, Е. В. Харитоновна // Образование и наука. Технические науки : материалы национальной научно-практической конференции ВСГУТУ, Улан-Удэ, 14–15 апреля 2020 года. – Улан-Удэ : Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2020. – С. 63–67.
6. Гридчин, А. М. Влияние поровой структуры и состояния поверхности минерального порошка из перлита на свойства асфальтовяжущего вещества / А. М. Гридчин, М. А. Высоцкая // Научно-технологические и инновационные : юбилейная международная научно-практическая конференция, Белгород, 9–10 октября 2014 г. Том 5 / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. – С. 32–38.

7. Бизирка, И. И. Органоминеральный порошок из осадков сточных вод для производства дорожных асфальтобетонных смесей : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ирина Ивановна Бизирка ; Луганский национальный университет им. Владимира Даля. – Макеевка, 2017. – 23 с. – Место защиты : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.
8. Алексеенко, В. В. Использование модифицированных минеральных порошков при производстве горячего асфальтобетона / В. В. Алексеенко, Ю. В. Салтанова. – Текст : электронный // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 8–12. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2016/04/2016-N2-Alekseenko.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).
9. ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия : государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : принят и введен в действие Постановлением Госстроя России от 27 июня 2003 г. № 119 ; введен впервые : дата введения 2003-10-01/ разработан Федеральным государственным унитарным предприятием Государственный дорожный научно-исследовательский институт (ФГУП «Союздорнии») и Государственным предприятием Российский дорожный научно-исследовательский институт (ГП «Росдорнии»). – Москва : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 33 с.
10. Бреус, Р. В. Зниження об'ємів обсягів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон : спеціальність 21.06.01 «Екологічна безпека» : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / Роман Володимирович Бреус ; Український науково-дослідний інститут екологічних проблем. – Харків : 2007. – 21 с.
11. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12.02.90 г. № 191 : взамен ГОСТ 22245-76 : дата введения 1991-01-01 / разработан и внесен Министерством химической нефтеперерабатывающей промышленности СССР. – Москва : Издательство стандартов, 2005. – 10 с.
12. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного Комитета СССР по стандартам от 06.09.78 г. № 2457 : дата введения 1980-01-01 : взамен ГОСТ 11501-73 / разработан и внесен Министерством нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР. – Москва : Стандартиформ, 2005. – 6 с.
13. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18.07.73 г. № 1753 : дата введения 1974-07-01 : взамен ГОСТ 11506-65 / разработан и внесен Министерством нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР – Москва : Стандартиформ, 2008. – 6 с.
14. ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 29.12.75 г. № 4072 : взамен ГОСТ 11505-65 : – Москва : Стандартиформ, 2005. – 3 с.

**И. И. Бизирка**

***Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
образования «Луганский государственный университет им. Владимира Даля» в г. Луганск***

**Воздействие различных порошков на физико-механические характеристики  
асфальтовязущего вещества**

Свойства асфальтовязущего вещества оказывают значительное влияние на качественные показатели асфальтобетонной смеси. Исследование свойств асфальтовязущего вещества позволяет получить представление о взаимодействии битума и мелкодисперсного наполнителя, а также спрогнозировать свойства асфальтобетона на этих наполнителях. Химический и минералогический составы, характер поверхности, структурные особенности и форма зерен мелкодисперсного наполнителя влияют на характер взаимодействия. С этой целью в работе выделены и детально рассмотрены факторы, оказывающие влияние на асфальтовязущее вещество с различными мелкодисперсными наполнителями.

Исследования асфальтовязущего вещества были выполнены для изучения взаимодействия битума с мелкодисперсным наполнителем и прогнозирования его влияния на свойства асфальтобетонной смеси. Для испытаний свойств асфальтовязущего с использованием различных видов мелкодисперсных наполнителей были использованы порошки с удельной поверхностью 400 м<sup>2</sup>/кг: известняковый; кварцевый минеральный порошок; органоминеральный порошок; зола от сжигания осадков сточных вод.

Согласно результатам исследований, органоминеральный порошок оказывает положительное влияние на температуру размягчения, пенетрацию и растяжимость при изучении свойств асфальтовязущего вещества.

Показано, что асфальтовяжущие на органоминеральном порошке по качеству не уступают вяжущему на известняковом минеральном порошке, что дает возможность спрогнозировать более высокое качество асфальтобетонной смеси при использовании в качестве мелкодисперсного наполнителя органоминерального порошка. АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕЕ ВЕЩЕСТВО, МЕЛКОДИСПЕРСНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ, ТЕМПЕРАТУРА РАЗМЯГЧЕНИЯ АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО, ПЕНЕТРАЦИЯ БИТУМА, РАСТЯЖИМОСТЬ БИТУМА

*I. I. Bizirka*

*Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services  
of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Lugansk State University named after Vladimir Dahl» in Lugansk*

**Impact of Different Powders on Physical and Mechanical Characteristics of Asphalt Binder**

The properties of the asphalt binder have a significant impact on the quality indicators of the asphalt concrete mixture. Studying the properties of an asphalt binder allows us to gain an understanding of the interaction between bitumen and fine filler, as well as to predict the properties of asphalt concrete based on these fillers. The chemical and mineralogical compositions, the nature of the surface, structural features and the shape of the fine filler grains affect the nature of the interaction. For this purpose, the work identifies and examines in detail the factors that influence the asphalt binder with various fine fillers.

Asphalt binder studies were carried out to study the interaction of bitumen with fine aggregate and predict its effect on the properties of the asphalt concrete mixture. To test the properties of the asphalt binder using various types of fine fillers, powders with a specific surface area of 400 m<sup>2</sup>/kg were used: limestone; quartz mineral powder; organomineral powder; ash from incineration of sewage sludge (WWW ash).

According to the research results, organomineral powder has a positive effect on softening point, penetration and extensibility when studying the properties of asphalt binders. It is shown that asphalt binders based on organomineral powder are not inferior in quality to binders based on limestone mineral powder, which makes it possible to predict a higher quality of asphalt concrete mixture when using organomineral powder as a fine filler.

ASPHALT BINDER, FINE FILLERS, ASPHALT BINDER SOFTENING TEMPERATURE, BITUMEN PENETRATION, BITUMEN EXTENSIBILITY

**Сведения об авторе:**

**И. И. Бизирка**

SPIN-код РИНЦ: 5310-0225

Телефон: +7 959 129-21-65

Эл. почта: bizirkaira@mail.ru

*Статья поступила 12.02.2024*

*© И. И. Бизирка, 2024*

*Рецензент: Т. В. Скрыпник, канд. техн. наук, доц.,  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва*