

УДК 625.855.3

**Д. В. ГУЛЯК, Д. В. СМИРНОВА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОСТАВОВ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРБЕТОНА**

**Аннотация.** Решение задач развития дорожной отрасли может быть успешно осуществлено на основе научно-технического прогресса, научной организации труда, широкого использования местных строительных материалов и отходов промышленности. Минеральные материалы техногенного происхождения являются недорогим и часто уже подготовленным сырьем для строительства, что приводит к снижению энергетических и материальных затрат. Поскольку объем техногенного сырья велик и постоянно растет, его использование становится важной задачей. Постоянно растущие требования к повышению качества дорожного покрытия ставят задачи глубокого изучения свойств асфальтобетонных смесей и факторов, которые определяют долговечность асфальтобетона в покрытии автомобильных дорог. Это особенно важно при использовании в асфальтобетонных смесях новых разновидностей техногенного сырья. Показано, что использование местных строительных материалов и отходов промышленности, модифицированных полимерными добавками, ведет к экономическому эффекту и утилизации отходов промышленности.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, песчаник, киноварь, модифицирующие добавки, битум, полимер, песчано-щебенчатая смесь, органоминеральные композиты, шунгит.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Асфальтобетон – искусственный композиционный материал, получаемый в результате уплотнения рационально подобранной смеси щебня, песка, минерального порошка и битума [1]. Минеральный порошок является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. На его долю приходится до 90-95 % суммарной поверхности минеральных составляющих, входящих в состав асфальтобетона.

В настоящее время постоянно увеличивается стоимость строительства автомобильных дорог. При этом возникает необходимость в создании сложных композитных конструкций дорожных одежд полифункционального значения, которые обеспечивали бы повышенную комфортность, долговечность и высокие транспортно – эксплуатационные свойства автомобильных дорог. Такой качественный скачок возможен за счет реализации концепции перехода на строительство укрепленных конструкций дорожных одежд.

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Совершенствование состава дорожного асфальтополимербетона с использованием отходов горного производства и полимерной добавки с установлением закономерностей структурообразования модифицированного асфальтобетона.

В работе Л. И. Джулай и В. В. Антонова рассмотрена возможность получения минерального порошка из фосфорного гранулированного шлака. Для доведения свойств минерального порошка до стандартных требований шлаковый минеральный порошок активировался активирующей смесью битума вязкого из хлопкового гудрона, карбоксиламина и БП-3.

Изучением возможности использования в качестве минерального порошка флотохвостов занимались В. Н. Сотникова, В. А. Приходько, В. И. Мелихов. Флотохвосты – молотая горная порода, образующаяся после извлечения из нее флюорита способом флотации. Установлено, что применение в

асфальтобетоне минеральных порошков из флотохвостов способствует повышению водостойкости и деформативности асфальтобетона, сохранению высоких показателей прочности и сдвигоустойчивости асфальтобетона при повышенных температурах. Однако при полной замене минерального порошка флотохвостами асфальтобетон становится более пористым и обладает повышенной битумемкостью, поэтому менее устойчив к действию нагрузок.

В качестве минерального порошка также можно использовать золу-уноса ТЭЦ. Зола-унос (дымовая зола) образуется при сгорании различных видов твердого топлива (каменные и бурые угли, горючие сланцы, торф) на тепловых электростанциях. Асфальтобетон с применением золы-уноса в качестве минерального порошка по своим физико-механическим свойствам соответствует нормативным требованиям.

С. Е. Щербина исследовала возможность применения минерального порошка из шунгита. Шунгит – специфическая углеродосодержащая горная порода, которая характеризуется высокой прочностью, плотностью и способностью в измельченном виде смешиваться с любыми компонентами. Минеральный порошок из шунгита по всем показателям соответствует требованиям стандарта для марок МП-1 и МП-2 [7].

В работе Л. Б. Гезенцевея рассмотрено применение отходов дробления известняков в асфальтобетоне. Асфальтобетоны из отсевов известняка характеризуются более высокой коррозионной стойкостью. Такие асфальтобетоны целесообразно использовать для устройства оснований дорожных одежд и нижних слоев покрытий.

С. М. Атоян занимался вопросами применения ракушечных известняков в асфальтобетоне. Асфальтобетоны с минеральной частью из такой смеси по физико-механическим свойствам отвечают требованиям асфальтобетонов типов Б и В. Однако при использовании такого асфальтобетона в верхних слоях покрытия, расход битума увеличивается на 10...15 % в сравнении с асфальтобетоном из прочных минеральных материалов.

В работах В. В. Ядыкиной и Д. А. Кузнецова исследованы свойства асфальтобетона на щебне из кварцитопесчаника [2]. Исследования кварцитопесчаникового щебня показали, что по физико-механическим характеристикам этот материал отвечает техническим требованиям для производства асфальтобетона. Сцепление битума с щебнем из кварцитопесчаника лучше, чем сцепление с гранитным щебнем.

При существующих темпах ремонта автомобильных дорог большое значение имеет развитие производства эффективных дорожно-строительных материалов. Донбасс богат таким строительным материалом, как песчаник. Песчаник – цементированная осадочная горная порода из мелких зерен минерала и цементирующего вещества. Обычно состоит из кварца, иногда из полевого шпата, слюды. На территории Горловки при добычи ртути содержащего минерал (киноварь) образовались большие объемы кварцевого песчаника в отвалах. Этот материал можно использовать в качестве щебня для производства асфальтобетона.

С целью предотвращения преждевременного разрушения асфальтобетонного дорожного покрытия и накопления дефектов в виде трещин, выбоин, наплывов свойства асфальтобетона необходимо повышать введением в их состав модифицирующих добавок. В то же время процессы структурообразования в асфальтополимербетонах на основе минеральных отходов горной промышленности, а именно ртутного производства, изучены недостаточно. При использовании в составе дорожного асфальтополимербетона минеральных материалов кварцевого песчаника следует ожидать снижения затрат на производство асфальтобетонных смесей, что позволит получить существенный экономический эффект.

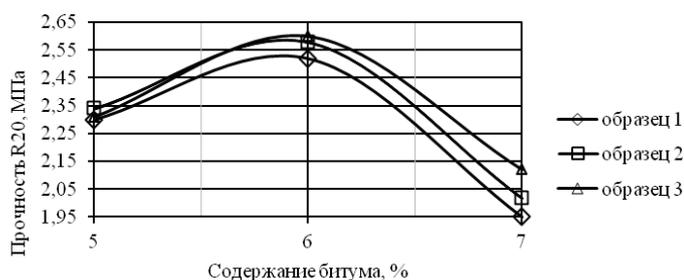
На основании анализа существующих теоретических и экспериментальных данных установлено, что эффективным способом повышения физико-механических свойств асфальтобетона является модификация асфальтобетонных смесей полимерными добавками [3]. В частности для улучшения свойств асфальтобетона в его состав вводят добавку Kraton D 1101. Это полимер, представляющий собой гранулы диаметром 0,5–1,0 мм темно-серого цвета. При введении Kraton D 1101 в битум после растворения бутадиена образуется бутадиенполистирольная сетка.

Анализ теоретического анализа о процессах структурообразования в асфальтобетонах на основе песчаника показал, что данный материал позволяет получать качественные асфальтополимербетонные смеси и асфальтополимербетон.

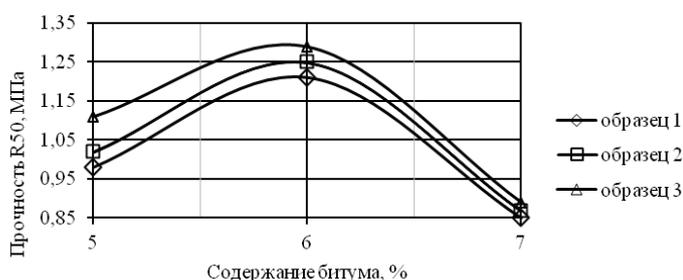
В ходе экспериментальных исследований было установлено, что основные физико-механические свойства асфальтобетона на основе песчаника из киновари не отвечают требованиям ДСТУ Б В.2.7-119:2011. При введении в битум полимера Kraton D 1101 наблюдается существенное повышение основных физико-механических свойств асфальтобетона. Результаты исследований представлены ниже.

Для выполнения экспериментальных работ был использован битум марки БНД 60/90. В качестве модификатора был принят Kraton D 1101. Для модифицированных битумов и асфальтополимербетонных использованы стандартные методы исследований по ДСТУ 4044-2011 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия», ДСТУ Б. В. 2.7-135:2007 «Битумы дорожные, модифицированные полимерами. Технические условия» и ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».

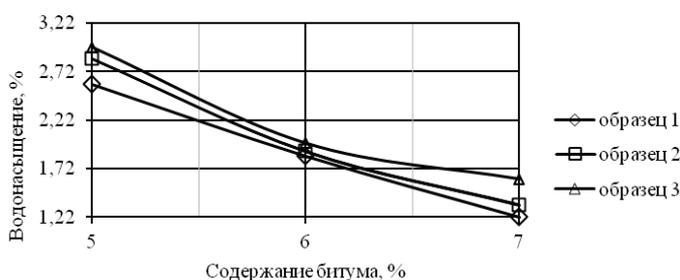
Методами экспериментально-статистического моделирования выполнена оптимизация состава модифицированной асфальтополимербетонной смеси. Установлено оптимальное количество битума – 6,2 % в смеси, а полимера Kraton D 1101 – 3,2 % от массы битума. Асфальтополимербетон по сравнению с немодифицированным асфальтобетоном характеризуется показателем длительной водостойкости, который возрастает на 15...20 %, прочность на 1...3 %, в то время как показатели водонасыщения остаются в допустимых пределах (рис. 1–4).



**Рисунок 1** – Зависимость предела прочности при сжатии  $R_{20}$  асфальтобетона от количества битума.



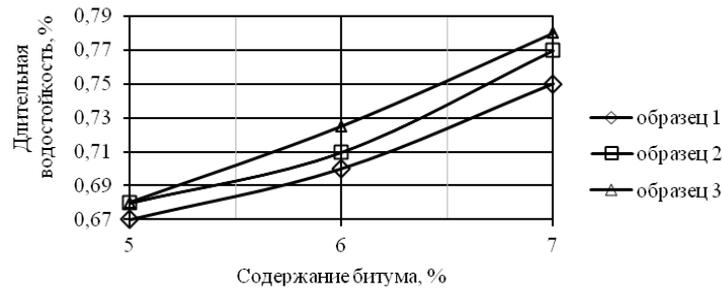
**Рисунок 2** – Зависимость предела прочности при сжатии  $R_{50}$  асфальтобетона от количества битума.



**Рисунок 3** – Зависимость водонасыщения  $W$  асфальтобетона от количества битума.

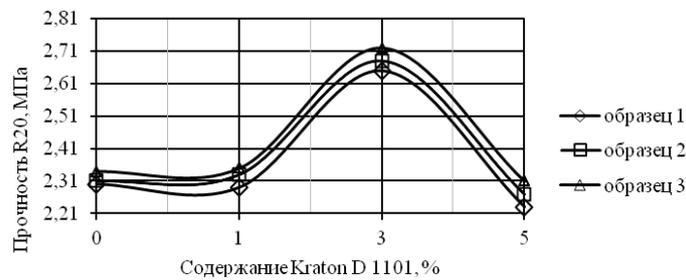
На рисунках 1–4 приведены показатели качества асфальтобетона от содержания в его составе битума.

Анализ данных показал, что при увеличении количества битума происходит улучшение физико-механических свойств асфальтобетона: значение средней плотности и длительной водостойкости растет, водонасыщение уменьшается, однако эти данные еще не отвечают ДСТУ Б.В.2.7-119:2011; показатели прочности при сжатии снижаются с увеличением количества битума более 6 %. Введение битума более 7 % способствует появлению излишнего битума, что ведет к снижению показателей прочности при сжатии асфальтобетона.

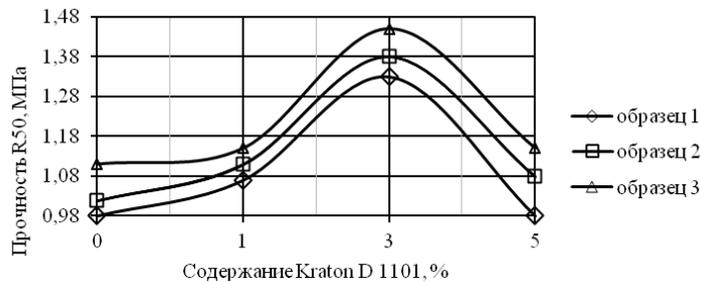


**Рисунок 4** – Зависимость длительной водостойкости асфальтобетона от количества битума.

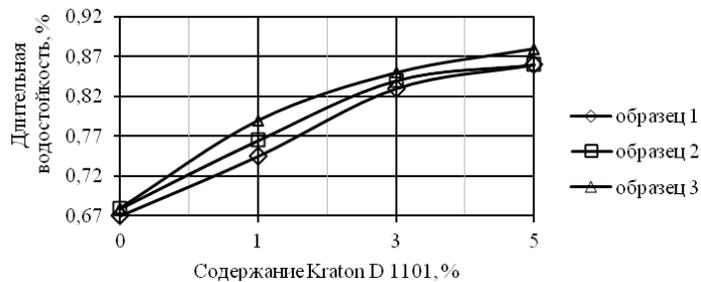
Для оценки влияния Kraton D 1101 на качественные показатели асфальтобетона в смесь вводили различное количество полимерной добавки (1...5 % от массы битума). Добавку вводили в заранее разогретую до 150 °С асфальтобетонную смесь и перемешивали в лабораторных условиях. Затем из приготовленной смеси при давлении 40 МПа изготавливали стандартные образцы для испытаний. Результаты испытаний приведены на рис. 5–8.



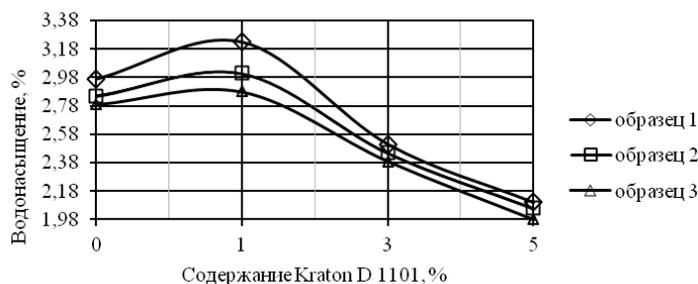
**Рисунок 5** – Зависимость предела прочности при сжатии  $R_{20}$  асфальтополимербетона от содержания битума и полимера Kraton D 1101.



**Рисунок 6** – Зависимость предела прочности при сжатии  $R_{50}$  асфальтополимербетона от содержания битума и полимера Kraton D 1101.



**Рисунок 7** – Зависимость длительной водостойкости асфальтополимербетона от содержания битума и полимера Kraton D 1101.



**Рисунок 8** – Зависимость водонасыщения асфальтополимербетона от содержания битума и полимера Kraton D 1101.

Анализ данных показывает, что добавка Kraton D 1101 увеличивает показатели прочности при сжатии образцов, что объясняется снижением вязкости вяжущего при введении Kraton D 1101. Максимальная прочность при сжатии наблюдается при содержании битума 6 % и Kraton D 1101 3 %.

По полученным данным подобран оптимальный состав асфальтобетонной смеси тип В, которая содержит в своем составе щебень из песчаника 32 %, песчано-щебенистую смесь 59 %, минеральный порошок 9 %, битум БНД 60/90 6,2 % от массы минеральной части и полимерную добавку Kraton D 1101 3,2 % от массы битума.

## ВЫВОДЫ

В условиях постоянного увеличения стоимости строительства автомобильных дорог и повышения требований к их транспортно-эксплуатационному состоянию использование местных строительных материалов и отходов промышленности является актуальной задачей. Применение местного песчаника позволит снизить энергетические и материальные затраты на строительство и ремонт дорог.

При получении высококачественных асфальтобетонов необходимо учитывать не только природу минеральных компонентов, но и состояние их поверхности. На основании анализа существующих теоретических и экспериментальных исследований можно считать, что одним из эффективных способов повышения свойств асфальтобетонов является модификация асфальтобетонной смеси Kraton D 1101.

Приведенный теоретический анализ позволил сделать вывод, о том, что получение асфальтополимербетона на основе местного материала (песчаника) возможно.

Себестоимость асфальтополимербетонной смеси на основе песчаника меньше на 5 %, чем себестоимость смеси из стандартных минеральных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонович, И. И. Дорожно-строительные материалы [Текст] : [Учебник для вузов по спец. 1211 «Автомобильные дороги»] / И. И. Леонович, К. Ф. Шумчик. – Мн. : Высшая школа, 1983. – 399 с.
2. Ядыкина, В. В. Кварцитопесчаники КМА как минеральная составляющая асфальтобетонной смеси [Текст] / В. В. Ядыкина, Д. А. Кузнецов // Строительные материалы. – 2003. – № 1. – С. 20–21.
3. Веренько, В. А. Новые материалы в дорожном строительстве [Текст] / В. А. Веренько. – Минск : Технопринт, 2004. – 170 с.
4. Гохман, Л. М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон [Текст] / Л. М. Гохман. – М. : ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2008. – 117 с.
5. Ядыкина, В. В. Водо- и морозостойкость асфальтобетона на щебне и отсеве дробления кварцитопесчаника [Текст] / В. В. Ядыкина, Д. А. Кузнецов // Известия вузов. Строительство. – 2003. – № 3. – С. 83–86.
6. Гохман, Л. М. Влияние эластичности вяжущих на усталостную прочность полимерасфальтобетона [Текст] / Л. М. Гохман, О. В. Гавриленко // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2011. – № 4. – С. 21–24.
7. Гридчин, А. М. Особенности взаимодействия битума с минеральными материалами из кислых пород [Текст] / А. М. Гридчин, В. В. Ядыкина // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – № 40. – С. 13–16.
8. Веренько, В. А. Регулирование свойств асфальтобетона модифицирующими добавками, вводимыми в смесь [Текст] / В. А. Веренько, В. В. Занкович, П. П. Яцевич // Вестник ХНАДУ. – 2008. – № 40. – С. 51–56.

Получено 12.01.2018

Д. В. ГУЛЯК, Д. В. СМИРНОВА  
ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ  
ВДОСКОНАЛЕННЯ СКЛАДУ АСФАЛЬТОПОЛІМЕРБЕТОНІВ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Вирішення задач розвитку дорожньої галузі може бути успішно здійснено на основі науково-технічного прогресу, наукової організації праці, широкого використання місцевих будівельних матеріалів і відходів промисловості. Мінеральні матеріали техногенного походження є недорогою і часто вже підготовленою сировиною для будівництва, що приводить до зниження енергетичних і матеріальних витрат. Оскільки обсяг техногенної сировини великий і постійно зростає, її використання стає важливим завданням. Постійно зростаючі вимоги до підвищення якості дорожнього покриття ставлять завдання глибокого вивчення властивостей асфальтобетонних сумішей і факторів, які визначають довговічність асфальтобетону в покритті автомобільних доріг. Це особливо важливо при використанні в асфальтобетонних сумішах нових різновидів техногенної сировини. Показано, що використання місцевих будівельних матеріалів і відходів промисловості, модифікованих полімерними добавками, веде до економічного ефекту та утилізації відходів промисловості.

**Ключові слова:** асфальтобетон, піщаник, кіновар, модифікуючі добавки, бітум, полімер, піщано-щебенево суміш, органомінеральні композити, шунгіт.

DENIS GULYAK, DARIA SMIRNOVA  
INVESTIGATION OF THE USE OF MINERAL WASTE WASTE FOR  
IMPROVEMENT OF ASFALTOPOLYMERBETON COMPOSITIONS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The solution of the problems of the development of the road industry can be successfully implemented on the basis of scientific and technological progress, the scientific organization of labor, the widespread use of local construction materials and industrial waste. Mineral materials of technogenic origin are cheap and often already prepared raw materials for construction, which leads to a reduction in energy and material costs. As the volume of technogenic raw materials is large and constantly growing, its use becomes an important task. Constantly growing requirements to improve the quality of the road surface set the task of in-depth study of the properties of asphalt mixtures and factors that determine the durability of asphalt concrete in the road surface. This is especially important when using new varieties of technogenic raw materials in asphalt mixes. It is shown that the use of local building materials and industrial wastes modified with polymer additives leads to an economic effect and to the recycling of industrial waste.

**Key words:** asphalt concrete, sandstone, cinnabar, modified additives, bitumen, polymer, sand-chippy mixture, organomineral composites, schungite.

**Гуляк Денис Вячеславович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологических и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Смирнова Дарья Валентиновна** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование вторичных ресурсов в дорожном строительстве.

**Гуляк Денис Вячеславович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: здобуття технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежесткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

**Смирнова Дар'я Валентинівна** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання вторинних ресурсів в дорожньому будівництві.

**Gulyak Denis** – Ph. D (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid traveling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

**Smirnova Daria** – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.