

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2020, №1, Том 7 / 2020, No 1, Vol 7 <https://t-s.today/issue-1-2020.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/17SATS120.pdf>

DOI: 10.15862/17SATS120 (<http://dx.doi.org/10.15862/17SATS120>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Андронов С.Ю., Алферов В.И., Кочетков А.В., Васильев Ю.Э. Равномерное распределение фибры в холодных асфальтобетонных смесях с вязким микродиспергированным битумом // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №1, <https://t-s.today/PDF/17SATS120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/17SATS120

**For citation:**

Andronov S. Yu., Alferov V. I., Kochetkov A. V., Vasiliev Yu. E. (2020). Uniform fiber distribution in cold asphalt mixtures with viscous microdispersed bitumen. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(7). Available at: <https://t-s.today/PDF/17SATS120.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/17SATS120

**УДК 625.7/.8**

**ГРНТИ 67.15.49**

**Андронов Сергей Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия  
Доцент кафедры «Транспортное строительство»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: atomic08@yandex.ru

**Алферов Виктор Иванович**

ФАУ «РОСДОРНИИ», Москва, Россия  
Заместитель генерального директора  
Кандидат технических наук  
E-mail: alferov-vrn@yandex.ru

**Кочетков Андрей Викторович**

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия  
Профессор  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: soni.81@mail.ru

**Васильев Юрий Эммануилович**

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия  
Заведующий кафедрой  
Доктор технических наук, доцент  
E-mail: vashome@yandex.ru

**Равномерное распределение фибры  
в холодных асфальтобетонных смесях с вязким  
микродиспергированным битумом**

**Аннотация.** В настоящей статье авторами решена прикладная проблема однородного распределения фиброволокон в холодной асфальтобетонной смеси. Установлена принципиальная возможность равномерного распределения армирующих элементов в виде коротких волокон базальтовой и полиакрилонитриловой фибры в объеме армируемых асфальтовых материалов на основе микродиспергированных битумов. Разработана технология введения фибры в смеси-полуфабрикаты асфальтовых материалов на основе

микродиспергированных битумов. На асфальтобетонном заводе в расходной емкости для воды приготавливается взвесь («раствор») базальтовой фибры или фибры из волокон полиакрилонитрила необходимой концентрации.

Наиболее целесообразным способом перемешивания воды с фиброй в расходной емкости является барботирование сжатым воздухом с помощью компрессора, являющегося штатным оборудованием асфальтобетонного завода.

С применением «раствора» фибры могут приготавливаться любые дисперсно-армированные асфальтовые материалы на основе микродиспергированного битума.

Битумная суспензия в условиях, исключающих испарение воды (в герметичной таре), в результате самопроизвольных процессов стремится к стабильному агрегатному состоянию. Наиболее стабильным агрегатным состоянием битумной суспензии является пластичное. В процессе приготовления битумной суспензии необходимо обеспечить ее получение в пластичном состоянии (похожем на пластилин). В пластичном состоянии смесь не будет расслаиваться не только при хранении, но и при транспортировании.

**Ключевые слова:** асфальт с дисперсным битумом; асфальтобетон; суспензия; асфальтобетонные смеси; мастика; вяжущее; эмульсия; диспергированный битум; щебень; каркасная структура

## Введение

В последнее время специалисты в области строительных материалов проявляют растущий интерес к их дисперсному армированию.

Ключевым вопросом этого направления является технология введения в объем армируемого материала армирующих элементов<sup>1</sup> [1; 2].

В качестве армирующего материала в настоящей статье рассматривается базальтовая фибра и фибра из волокон полиакрилонитрила.

Для достижения максимального армирующего эффекта для любых материалов, в том числе и асфальтовых материалов, за счет введения коротких волокон и нитей необходимо их равномерное распределение в смесях-полуфабрикатах и соответственно в сформированном конструкционном материале.

Состояние научно-технического уровня исследований по этому вопросу в целом отражено в списке литературы<sup>1</sup> [1–12].

## Решение задачи

Цель исследования: решение прикладной проблемы однородного распределения фиброволокон в холодной асфальтобетонной смеси.

Обязательной составляющей асфальтовых полуфабрикатов с микродиспергированным битумом является вода. Представляется целесообразным распределить короткие волокна армирующего материала сначала в воде, а затем взвесь армирующих волокон подавать в мешалку на отдозированный минеральный материал. После перемешивания этих компонентов в мешалку подается горячий битум, и перемешивание продолжается около 30 с для

---

<sup>1</sup> Пат. 2285707 Российская Федерация. Способ изготовления битумосодержащих смесей с минеральным компонентом / А.В. Светенко, К.М. Страчков, Н.А. Горнаев. Опубл. 20.10.2006, Бюл. № 29. – 7 с.

диспергирования битума и гомогенизации смеси до получения однородной массы. Вместо «чистого» горячего битума может использоваться холодная битумная суспензия.

В настоящей статье используются следующие термины с соответствующими определениями:

- Диспергированный битум: Битумные частицы в однородном мелкодисперсном состоянии, не взаимодействующие друг с другом, опудренные минеральным микро- или нанопорошком.
- Холодная битумная суспензия на основе мелкодиспергированного битума: Суспензия в виде композиции однородного фракционированного минерального порошка и битумных частиц в мелкодисперсном состоянии, окруженных тонкой пленкой воды, получаемая путем перемешивания горячего битума с увлажненным твердым эмульгатором (минеральным порошком и/или его смеси с другими минеральными компонентами).
- Прямая битумная эмульсия: Битумная эмульсия, стабилизированная твердым эмульгатором, роль которого могут выполнять все обычно применяемые в горячем асфальтобетоне минеральные порошки.
- Битумоминеральные смеси с мелкодиспергированным битумом: рационально подобранная смесь минеральных материалов (воды, щебня, песка, отсево дробления и минерального порошка, мелкодиспергированного битума на основе битума нефтяного дорожного, модифицирующих добавок, перемешанных в определенных пропорциях.
- Асфальтобетон на основе мелкодиспергированного битума: Уплотненные и сформировавшиеся под воздействием тепла окружающего воздуха (высыхания и образования битумной пленки на поверхности частиц минеральных компонентов) битумоминеральные смеси с мелкодиспергированным битумом.

Асфальтобетон на основе мелкодиспергированного битума используется в конструктивных слоях дорожной одежды автомобильных дорог, в том числе в качестве защитных слоев и тонких слоев износа. Покрытия, устроенные с применением смесей с мелкодиспергированным битумом, являются ремонтпригодными [2].

В качестве твердых эмульгаторов могут использоваться различные тонкодисперсные минеральные материалы. Первые исследования были выполнены Пиккерингом в 1907 г.

В нашей стране битумные эмульсионные материалы на твердых эмульгаторах исследовали М.Ф. Никишина, С.И. Романов, С.Н. Попченко, И.И. Раб, Г.С. Бахрах.

Исследования асфальтовых материалов с диспергированными битумами под руководством Горнаева Н.А. проводятся в СГТУ имени Гагарина Ю.А. [2].

Выполненные исследования позволили разработать рекомендации по составам материалов на основе дисперсных битумов, технологии их производства и эффективного применения, что отражено в многочисленных научных работах, нормативных и патентных документах.

Для производства асфальтовых смесей пригодна серийно выпускаемое оборудование с использованием обычно применяемых в горячем асфальтовом бетоне материалов: щебень, песок, минеральный порошок и битум. Из технологического процесса исключаются операции по высушиванию и нагреву щебня и песка.

Свойства асфальта с диспергированным битумом удовлетворяют обычным требованиям ГОСТ на горячий асфальтовый бетон.

По предлагаемой технологии можно готовить и применять асфальтовые материалы с диспергированным битумом от битумных мастик и укрепленных грунтов до асфальтовых смесей и цементобетонных смесей с добавками битума.

Диспергированный битум после испарения из смесей воды имеет хорошую адгезию к бетону, асфальтобетону и другим материалам. Образующий в результате отверждения асфальтобетон из таких смесей является высокопрочным, химически стойким, гидрофобным и экологически чистым, соответствующим существующим нормативным требованиям на асфальтобетон<sup>2</sup> [3].

Конструктивные слои дорожной одежды автомобильных дорог, устроенные с применением таких смесей обладают следующими характеристиками: высокой прочностью и сцеплением с нижележащим слоем; требуемой износостойкостью; простотой изготовления, презентабельным внешним видом (вид мокрого камня и др.); стабильностью прочностных характеристик при периодических замерзаниях и оттаиваниях; стойкостью к агрессивным средам; отсутствием токсичности; пожаробезопасностью с классом горючести В1 (трудновоспламеняемые).

### Методики определения дисперсности битума

1. При визуальном методе в фаянсовую чашечку емкостью 150–200 см<sup>3</sup> помещается 30–50 см<sup>3</sup> суспензии, вводится 10–15 см<sup>3</sup> воды, перемешивается шпателем. При удовлетворительной дисперсности отдельные частицы битума не различаются, на стенках чашки наблюдаются потеки черной воды, в смеси отсутствуют отдельные комочки и нити битума.

2. Дисперсный анализ выполняется с помощью микроскопа с окуляром, имеющим измерительную сетку в поле зрения. Из приготовленной суспензии отбирается проба 20–30 г и помещается на предметное стекло. Крупные минеральные частицы удаляются пинцетом. Оставшаяся часть разбавляется 4 % раствором желатина, так, чтобы были зафиксированы и видны отдельные частицы битума. Подсчитывается количество частиц различных диаметров: 0,1; 0,5; 1; 2; 5; 20; 30; 40 мкм и т. д.

По результатам двух параллельных испытаний асфальтовой смеси (до 1000 частиц в каждом) рассчитывается средний размер битумных частиц по формуле:

$$D_{cp} = \frac{\sum d_i n_i}{N},$$

---

<sup>2</sup> А.с. 883221 СССР. Способ приготовления битумо-минеральной смеси. Н.А. Горнаев, В.П. Калашников, А.Ф. Иванов. Оpubл. в Б.И. 1981. – № 43.

Патент РФ № 2351703. Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий. Горнаев Н.А., Никишин В.Е., Евтеева С.М., Андронов С.Ю., Пыжов А.С. Оpubл. 10.04.2009.

Патент РФ № 2662493 Способ получения битумной эмульсии и битумная эмульсия. Патентообладатель А.В. Кочетков. Оpubл. 26.07.2018. Бюл. № 21.

Патент РФ № 2714547. Способ строительства дорожной одежды и конструкция. Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Иванов А.Ф., Коротковский С.А., Талалай В.В. Патентообладатель А.В. Кочетков. Оpubл. 18.02.20210. Бюл. № 5.

где  $d_i$  – размер битумных частиц;  $n_i$  – количество частиц данного размера;  $N$  – общее количество измеренных частиц.

Степень дисперсности битума в смеси определенного состава считается удовлетворительной, если средний размер битумных частиц не превышает 50 мкм. В случае неудовлетворительной дисперсности увеличивается содержание в смеси минерального порошка на 2–3 % по массе и воды на 1–1,5 %, и испытание повторяется [2].

3. По остатку на сите, через которое процеживается разбавленная водой битумная суспензия. Однородность определяют процеживанием 1 кг битумной суспензии, разбавленной водой в десятикратном количестве, через сито с размером отверстий 1 мм. После процеживания остаток на сите промывают водой до тех пор, пока вода не станет прозрачной. Остаток на сите помещают в фаянсовую чашечку, высушивают при температуре 105 °С–110 °С и взвешивают.

Предложенная модель структуры композита в свете современных научных представлений базируется на создании материала, свойства которого в значительной мере обусловлены поверхностными эффектами.

В процессе приготовления асфальтовых материалов на основе микродиспергированного битума минеральные составляющие естественной температуры и влажности дозируются и подаются в мешалку. Одновременно вводится дополнительное количество воды. В процессе их перемешивания подается битум, температура которого в зависимости от состава смеси и характеристик смесительного оборудования составляет от 90 °С до 170 °С.

При перемешивании происходит его диспергирование, в объеме асфальтовой смеси образуется битумная суспензия, стабилизированная твердым эмульгатором, роль которого могут выполнять, например, все обычно применяемые в горячем асфальтобетоне минеральные порошки.

Для получения необходимой степени дисперсности битума влажность минеральной части должна находиться в пределах 4–7 % и 7–10 % при содержании минеральных частиц размером мельче 0,071 мм соответственно 4–9 % и 9–12 %. Установлена возможность получения достаточной степени дисперсности битума и равномерности его распределения в асфальтобетонной смеси с менее жесткими требованиями по содержанию минерального порошка, воды и интенсивности перемешивания при введении битума в распыленном состоянии.

Процесс приготовления битумо-минеральных смесей с микродиспергированным битумом может быть предельно упрощен с использованием машин многофункционального назначения, в том числе и специализированных автотранспортных средств (автобетоносмесители, автогудронаторы, автобитумовозы). Минеральные составляющие могут подаваться в смесительный барабан различными способами: самим автобетоносмесителем, снабженным загрузочным ковшом; фронтальным погрузчиком; транспортером. Подача воды может осуществляться из бака, входящего в конструкцию автобетоносмесителя либо с помощью поливочной машины.

Подача битума в горячем состоянии в смесительный барабан автобетоносмесителя может производиться с помощью автогудронатора (битумовоза), в цистерне которого может поддерживаться температура битума до 200 °С.

Для производства таких материалов требуется организация дозированной подачи воды в мешалку асфальтобетонного завода.

Возможно приготовление любых битумо-минеральных смесей с микродиспергированным битумом с использованием битумной суспензии в любых смесительных установках, в том числе в автобетоносмесителе, а также способом смешения на

дороге с применением простого оборудования (фрезы, автогрейдера). В этом случае возможно использование минеральных материалов с естественной влажностью без дополнительного введения воды.

Температура вязкого битума должна быть такой же, как и при приготовлении горячего асфальтобетона. В мешалке при подаче одновременно горячего битума и воды происходит процесс диспергации битума, в результате перемешивания в мешалке получается холодная асфальтобетонная смесь на вязком битуме.

Задачей является повышение технологичности и снижение энергозатрат процесса изготовления битумной композиции с фиброволокном и ее использования на месте производства работ, а также повышение качественных показателей битумной композиции [4].

Техническим результатом, достигаемым в результате решения поставленной задачи, является повышение степени дисперсности и однородности битумной композиции при сохранении вязкого агрегатного состояния битума в битумной композиции с фиброволокном при ее хранении и транспортировке.

Технический результат достигается тем, что битумная композиция в виде суспензии, включающей дисперсную водную среду и распределенную в ней дисперсную твердую фазу, отличающаяся тем, что дисперсная твердая фаза состоит из частиц минерального порошка и частиц из капель битума в вязком агрегатном состоянии, стабилизированных оболочкой из частиц минерального порошка, покрытых слоем воды, при следующем соотношении компонентов суспензии, %: частицы из капель битума в вязком агрегатном состоянии, покрытых частицами минерального порошка – 30–45 %; частицы минерального порошка 30–50 %.

В качестве битума используется жидкий, или вязкий или модифицированный битум, а в качестве вещества минерального порошка используют, например, карбонатные породы или фосфогипс дигидрат в молекулярном состоянии (из реактора незатвердевший), в качестве твердой дисперсионной фазы используют гидрофильный минеральный порошок [4–6].

Для получения устойчивых, т. е. длительно сохраняющихся композиций, необходимо не только достигнуть заданной дисперсности, но и создать условия для ее стабилизации [7–12].

Битумная композиция характеризуется высокой степенью дисперсности и однородностью структуры, за счет ее стабилизации путем распределения в дисперсной фазе из минерального порошка частиц из капель битума в вязком агрегатном состоянии, покрытых оболочкой из того же минерального порошка.

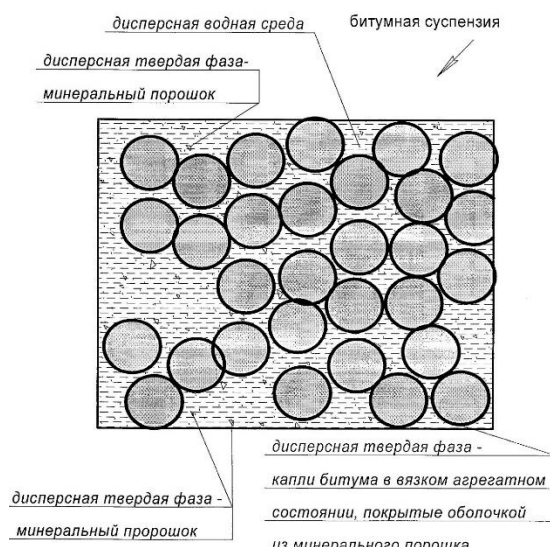
Частицы минерального порошка, выполняя функцию структурно-механического стабилизатора, создают барьер, препятствующий сближению и объединению в крупные образования частиц капель битума, что повышает степень дисперсности и однородности битумной композиции.

Для использования полученной битумной композиции достаточно в нее добавить воду и каменный материал (минеральный порошок, отсев, щебень, песок) по рецептуре в зависимости от направления использования, перемешать, распределить и уплотнить.

При уплотнении рабочей смеси вода из композиции выводится на поверхность и в дальнейшем испаряется, а частицы вязкого битума в оболочке из минерального материала разрушаются, и дают в пределах обычное пленочное покрытие минеральных частиц в виде мастики, различных видов асфальтобетона, и других асфальтовых материалов.

Структура битумной композиции в виде суспензии представляет собой свободную трехфазную дисперсную систему «А» (рисунок 1), состоящую из дисперсной водной среды, и

совокупности двух дисперсных твердых фаз, образованных частицами минерального порошка и частицами, образованными каплями битума в вязком агрегатном состоянии, покрытых оболочкой из минерального порошка, которые практически не смешиваются и не реагируют друг с другом химически [4].



**Рисунок 1.** Структурная модель битумной суспензии (рисунок авторов)

Вопрос применения активированных порошков в качестве твердого эмульгатора требует дополнительного исследования, есть единичный личный опыт применения активированного минерального порошка для приготовления и применения асфальтовой смеси с дисперсным битумом в районе г. Караганда в 1990 г.



фибра 3 см<sup>3</sup> вода 0,2 л суспензия в пластичном состоянии 0,2 л

а



фибра не тонет

б



взвесь фибры в воде, похожая на студень

в



ложка суспензии легко перемешивается, смесь быстро расслаивается

д



2 ложки суспензии, легко получается однородная смесь, быстро расслаивается

е



4 ложки суспензии, расслаивание замедлено

ж



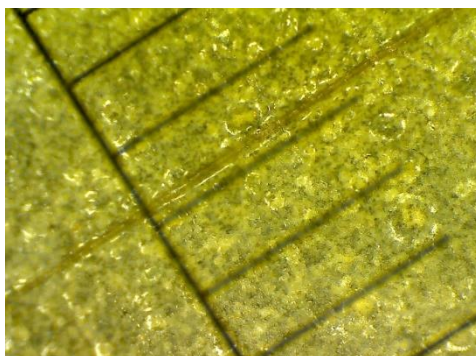
добавлено 0,2 л суспензии, однородная смесь

з

**Рисунок 2.** Фотографии результатов опытов по перемешиванию битумной суспензии (рисунок авторов)

Опыты по перемешиванию битумной суспензии, приготовленной на асфальтобетонном заводе ЗАО «АВТОГРЕЙД», г. Энгельс, Саратовской области с полиакрилонитриловой фиброй, представлены на рисунке 2. Фибра напоминает хлопковую вату, порезанную на фрагменты длиной до 2 см.

Микродисперсность битума подтверждается фотографиями с цифрового микроскопа с прозрачной шкалой (рисунки 3–6).

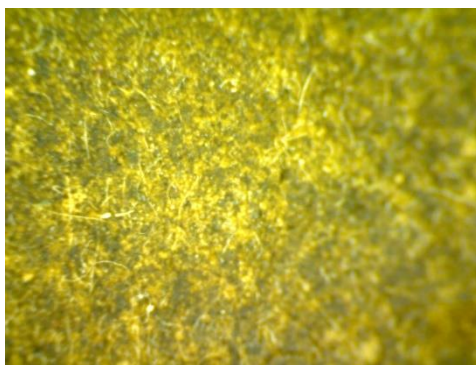


**Рисунок 3.** Дисперсность битума в битумной суспензии (рисунок авторов)

Полуфабрикат приготовлен в мешалке асфальтобетонного завода типа ДС-117. На шкале цена деления – 1 мм. Для сравнения помещен человеческий волос.

Для оценки размера битумных капель с нижнего левого угла почти по диагонали в правый верхний угол помещен белый волос человека.

Видно, что большинство битумных капель имеет размер, соизмеримый с диаметром волоса или меньше его. В центральной части помещены белые волокна фибры.



**Рисунок 4.** Фото поверхности сформированного материала из битумной суспензии, армированной фиброй (рисунок авторов)



**Рисунок 5.** Фото поверхности сформированного слоя из смеси сухого дробленого песка фр. 0–3 мм, перемешанного с битумной суспензией, армированной фиброй (рисунок авторов)



На рисунках 3–6 просматриваются белые волокна фибры. Частицы битума монодисперсны. По опыту наблюдений с такой степенью дисперсности битума, соизмеримой с толщиной человеческого волоса и меньше, быстро (1–1,5 часа) формируется материал с хорошими эксплуатационными свойствами.

В случае, если полуфабрикат приготовлен в лаборатории с помощью дрели частицы битума будут полидисперсны из-за перемешивания с вертикальной осью вращения рабочего органа и разной скорости движения перемешиваемой среды по отношению к центру вращения (рисунок 6). По опыту наблюдений с такой степенью дисперсности битума не всегда формируется материал с хорошими эксплуатационными свойствами.



*Рисунок 6. Фото разбавленной водой суспензии (рисунок авторов)*

При приготовлении полуфабриката аналогичного состава в смесителе асфальтобетонного завода типа ДС-117 степень дисперсности битума будет как минимум на порядок лучше, чем в лаборатории.

### **Обсуждение практических результатов**

Взвесь базальтовой фибры или фибры из волокон полиакрилонитрила необходимой концентрации (в мешалке вместе с проектной нормой воды должно быть проектное содержание фибры) предлагается приготавливать на типовом асфальтобетонном заводе в расходной емкости для воды.

Наиболее целесообразным способом перемешивания воды с фиброй в расходной емкости является барботирование сжатым воздухом с помощью компрессора, являющегося штатным оборудованием любого АБЗ.

Наблюдения показывают, что через трое суток изменений в состоянии битумной суспензии, армированной полиакрилонитриловой фиброй, не происходит.

Подтверждаются наблюдения А.В. Кочеткова о достаточно активном воздухоовлечении в битумную суспензию в процессе перемешивания и последующем медленном самопроизвольном его удалении из объема суспензии (на шкале-линейке поверхность суспензии, разбавленной водой, непосредственно после приготовления совпадает с отметкой 94 мм, а после хранения поверхность воды находится на отметке 92 мм).

В процессе приготовления битумной суспензии необходимо обеспечить ее получение пластичном состоянии, похожем на пластилин. В пластичном состоянии смесь не будет расслаиваться не только при хранении, но и при транспортировании.

Авторами отработан промышленный выпуск холодной битумной суспензии на ЗАО «Автогрейд».

В 2018 г. С.Ю. Андроновым организован ремонт улицы М. Горького, улицы Ключкова в г. Саратове и в с. Усть-Курдюм Саратовской области фибросодержащими холодными асфальтобетонными смесями с микродиспергированным битумом, приготовленными в ООО «Трасса».

Практическое применение холодных битумо-минеральных смесей на основе микродиспергированного вязкого битума было осуществлено в 2019 г. в Кувандыкском районе в Оренбургской области [6].

Опыт работ позволил установить положительные свойства органо-минеральных покрытий на модифицированных диспергированных вязких битумах:

- Возможность применения местных материалов – песчано-гравийных смесей. Сокращение расходов и времени на перевозку каменных материалов.
- Хорошая адгезия и приживаемость к нижележащим пыльным и влажным основаниям.
- Отсутствует прилипаемость к колесам транспортных средств.
- Отсутствует сегрегация смеси при перевозке.
- Отсутствие требований к температуре и температурной неоднородности смеси и к времени перевозки.
- Время хранения в буртах без применения цемента в качестве эмульгатора составляет до двух лет.
- Хорошая сопротивляемость к разворотам и сдвиговым напряжениям со стороны построечной техники.
- Интенсивность движения и масса построечной и грузовой техники не влияют на возникновение дефектов и поврежденностей устроенного покрытия.
- Запуск движения сразу после уплотнения.
- Неприлипаемость к поверхностям смесителя WIRTGEN KMA 200, и к построечной технике асфальтоукладчик, грейдер, каток.
- Компенсация и восстановление дефектов нижележащего основания.
- Возможность создания гидрофобного ездового полотна малых мостовых сооружений без применения гидроизоляции.
- Переход в пределе в пленочное состояние типового асфальтобетона.
- Исключение недостатков гравийных покрытий: образование гребенки, высокое пылеобразование, расширение со временем проезжей части.
- Возможность устройства таких покрытий в виде тонких слоев износа или защитных покрытий на этапе содержания автомобильных дорог при реализации противопыльных мероприятий.
- Возможность устройства верхних слоев проезжей части из горячего асфальтобетона.
- Возможность нанесения дорожной разметки.
- Возможность обустройства геометрии конструкции автомобильной дороги.

- Формирование макрошероховатости текстуры поверхности и выступание пленок битума обеспечивает требуемые сцепные качества проезжей части.
- Ремонт покрытия по участкам обеспечивается по этой же технологии с использованием автогрейдера и катка.

#### **Общие выводы**

1. Установлена принципиальная возможность равномерного распределения армирующих элементов (в виде коротких волокон базальтовой и полиакрилонитриловой фибры) в объеме армируемых асфальтовых материалов на основе микродиспергированных битумов.
2. Разработана технология введения фибры в смеси-полуфабрикаты асфальтовых материалов.
3. С применением «раствора» фибры могут приготавливаться любые дисперсно-армированные асфальтовые материалы на основе микродиспергированного битума.
4. Битумная суспензия в условиях, исключающих испарение воды (в герметичной таре) в результате самопроизвольных процессов стремится к стабильному агрегатному состоянию.
5. Наиболее стабильным агрегатным состоянием битумной суспензии является пластичное.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андронов С.Ю. Технология дисперсно-армированного композиционного холодного щебеночно-мастичного асфальта / С.Ю. Андронов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №. 4. – С. 67–71.
2. Горнаев, Н.А. Технология асфальта с дисперсным битумом: учебное пособие / Н.А. Горнаев. Саратов, 1997. – 61 с.
3. Страчков, К.М. Стабилизация битумных эмульсий на твердых эмульгаторах / Н.А. Горнаев, К.М. Страчков // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 2004. – С. 164–167.
4. Кочетков А.В. Битумная суспензия на твердом эмульгаторе // Транспортные сооружения, 2018 № 4, <https://t-s.today/PDF/15SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/15SATS418.
5. Битумная суспензия: монография / А.В. Кочетков, С.Ю. Андронов, А.Ф. Иванов, Н.Е. Кокодеева, А.С. Козин, О.В. Пачина; под ред. Ю.Э. Васильева, Н.Е. Кокодеевой. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2019. – 192 с.
6. Практическое применение битумной суспензии в Оренбургской области / Кочетков А.В., Иванов А.Ф., Кокодеева Н.Е., Пачина О.В. // В сборнике: Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. 2019. С. 446–450.
7. Di Yu, Wensheng Wang, Yongchun Cheng, Yafeng Gong, Laboratory investigation on the properties of asphalt mixtures modified with double-adding admixtures and sensitivity analysis, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition) (2016), DOI: 10.1016/j.jtte.2016.09.002.
8. Low-Temperature Performance and Damage Constitutive Model of Eco-Friendly Basalt Fiber-Diatomite-Modified Asphalt Mixture under Freeze-Thaw Cycles Yongchun Cheng, Di Yu, Guojin Tan and Chunfeng Zhu Article (PDF Available). Materials 11(11): 2148. October 2018. with 32 Reads DOI: 10.3390/ma11112148.
9. Clara Celauro, Filippo Praticò Asphalt mixtures modified with basalt fibres for surface courses Article in Construction and Building Materials 170: 245–253 May 2018 with 13 Reads, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.058.
10. Yafeng Gong, Haipeng Bi, Chunyu Liang, Shurong Wang Microstructure Analysis of Modified Asphalt Mixtures under Freeze-Thaw Cycles Based on CT Scanning Technology. Article (PDF Available) in Applied Sciences 8(11): 2191 November 2018 with 32 Reads. DOI: 10.3390/app8112191.
11. Xiao Qin, Aiqin Shen, Yinchuan Guo, Zhennan Li. Characterization of asphalt mastics reinforced with basalt fibers Article in Construction and Building Materials 159: 508–516 January 2018 with 29 Reads. DOI: 10.1016/j.conbuildmat. 2017.11.012.
12. Yafeng Gong, Haipeng Bi, Zhenhong Tian, Guojin Tan. Pavement Performance Investigation of Nano-TiO<sub>2</sub>/CaCO<sub>3</sub> and Basalt Fiber Composite Modified Asphalt Mixture under Freeze-Thaw Cycles. Article (PDF Available) in Applied Sciences 8(12): 2581. December 2018 with 39 Reads. DOI: 10.3390/app8122581.

**Andronov Sergey Yuryevich**

Saratov state technical university of Gagarin Yu.A., Saratov, Russia  
E-mail: atomic08@yandex.ru

**Alferov Viktor Ivanovich**

FAU «ROSDORNII», Moscow, Russia  
E-mail: alferov-vrn@yandex.ru

**Kochetkov Andrey Viktorovich**

Perm national research polytechnical university, Perm, Russia  
E-mail: soni.81@mail.ru

**Vasiliev Yuri Emmanuilovich**

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia  
E-mail: vashome@yandex.ru

## **Uniform fiber distribution in cold asphalt mixtures with viscous microdispersed bitumen**

**Abstract.** In this article, the authors have solved the applied problem of uniform distribution of fiber fibers in cold asphalt concrete mix. The principal possibility of uniform distribution of reinforcing elements in the form of short fibers of basalt and polyacrylonitrile fibers in the volume of reinforced asphalt materials based on microdispersed bitumens has been established. The technology of introducing fiber into mixtures-semi-finished asphalt materials based on microdispersed bitumens has been developed. At an asphalt concrete plant, a suspension ("solution") of basalt fiber or fiber from polyacrylonitrile fibers of the required concentration is prepared in a water supply container.

The most appropriate way to mix water with fiber in the flow container is bubbling with compressed air using a compressor, which is the standard equipment of an asphalt concrete plant.

Any dispersed-reinforced asphalt materials based on microdispersed bitumen can be prepared using a fiber "solution".

Bituminous suspension in conditions that exclude water evaporation (in sealed containers), as a result of spontaneous processes, tends to a stable aggregate state. The most stable aggregate state of the bituminous suspension is plastic. In the process of preparing a bituminous suspension, it is necessary to ensure that it is obtained in a plastic state (similar to plasticine). In the plastic state, the mixture will not delaminate not only during storage, but also during transportation.

**Keywords:** asphalt with disperse bitumen; suspension; asphalt concrete; asphalt concrete mixes; mastic knitting; an emulsion; disperse bitumen; crushed stone; frame structure

## REFERENCES

1. Andronov S.Yu. (2017). The technology of dispersed-reinforced composite cold crushed stone and mastic asphalt. *Bulletin of the Belgorod State Technological University V.G. Shukhov*, 4, pp. 67–71 (in Russian).
2. Gornaev N.A. (1997). Tekhnologiya asfal'ta s dispersnym bitumom. [*Dispersed Bitumen Asphalt Technology.*] Saratov, p. 61.
3. Gornaev N.A., Strachkov K.M. (2004). Stabilizatsiya bitumnykh ehmul'siy na tverdykh ehmul'gatorakh. [*Stabilization of bitumen emulsions on solid emulsifiers.*] Saratov: Saratov State Technical University, pp. 164–167.
4. Kochetkov A.V. (2018). Bituminous suspension of solid emulsifier. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/15SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/15SATS418.
5. Kochetkov A.V., Andronov S.Yu., Ivanov A.F., Kokodeeva N.E., Kozin A.S., Pachina O.V. (2019). Bitumnaya suspenziya. Ed. by Yu.Eh. Vasil'ev, N.E. Kokodeeva. [*Bitumen suspension.*] Saratov: Saratov State Technical University, p. 192.
6. Kochetkov A.V., Ivanov A.F., Kokodeeva N.E., Pachina O.V. (2019). Prakticheskoe primeneniye bitumnoy suspenzii v Orenburgskoy oblasti. [*The practical application of bitumen suspension in the Orenburg region.*] pp. 446–450.
7. Di Yu, Wensheng Wang, Yongchun Cheng, Yafeng Gong (2016). Laboratory investigation on the properties of asphalt mixtures modified with double-adding admixtures and sensitivity analysis. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. DOI: 10.1016/j.jtte.2016.09.002.
8. Yongchun Cheng, Di Yu, Guojin Tan, Chunfeng Zhu Article (2018). Low-Temperature Performance and Damage Constitutive Model of Eco-Friendly Basalt Fiber-Diatomite-Modified Asphalt Mixture under Freeze-Thaw Cycles. 11(11), p. 2148. DOI: 10.3390/ma11112148.
9. Clara Celauro, Filippo Praticò (2018). Asphalt mixtures modified with basalt fibres for surface courses Article in *Construction and Building Materials*. 170, pp. 245–253. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.058.
10. Yafeng Gong, Haipeng Bi, Chunyu Liang (2018). Shurong Wang Microstructure Analysis of Modified Asphalt Mixtures under Freeze-Thaw Cycles Based on CT Scanning Technology. 8(11), p. 2191. DOI: 10.3390/app8112191.
11. Xiao Qin, Aiqin Shen, Yinchuan Guo, Zhennan Li (2018). Characterization of asphalt mastics reinforced with basalt fibers Article in *Construction and Building Materials*. 159, pp. 508–516. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.012.
12. Yafeng Gong, Haipeng Bi, Zhenhong Tian, Guojin Tan (2018). Pavement Performance Investigation of Nano-TiO<sub>2</sub>/CaCO<sub>3</sub> and Basalt Fiber Composite Modified Asphalt Mixture under Freeze-Thaw Cycles. 8(12), p. 2581. DOI: 10.3390/app8122581.