

EDN: FYMNSE

УДК 691.168

**Н. С. ЛЕОНОВ**ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевка, г. Макеевка

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ С РЕГУЛИРУЕМЫМ СРОКОМ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ**

**Аннотация.** В настоящей работе приведены данные, характеризующие дорожные холодные асфальтобетонные смеси с регулируемым сроком формирования структуры. Холодные асфальтобетонные смеси являются перспективным материалом в дорожном строительстве. Они обладают высокой пластичностью и устойчивостью к низкотемпературным видам деформаций, что обеспечивает их надежное функционирование при отрицательных температурах. Благодаря своим свойствам холодные асфальтобетонные смеси могут применяться для проведения ремонтных работ в любое время года, в частности и зимой, что делает их эффективным материалом для строительства и ремонта дорог в сложных климатических условиях. Для изменения свойств асфальтобетонной смеси, а также регулирования процессов формирования структуры, в состав холодных асфальтобетонных смесей вводят различные виды добавок. Уплотняющие добавки повышают плотность и прочность материала. Регуляторы скорости формирования структуры ускоряют или замедляют процесс формирования структуры. Структурирующие добавки обеспечивают асфальтобетонной смеси принимать определенную форму после укладки и уплотнения в дорожную одежду. Активные минеральные добавки повышают его износостойкость, а волокнистые добавки улучшают его устойчивость к трещинообразованию.

**Ключевые слова:** холодная асфальтобетонная смесь, модификатор, структура, долговечность, вязкость, плотность.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Научно-технический прогресс играет важную роль в развитии дорожного строительства и материалов для его реализации. Холодные асфальтобетонные смеси являются эффективным материалом для ремонта и устройства нежестких дорожных одежд автомобильных дорог [1].

Холодный асфальтобетон обладает высокой пластичностью и устойчивостью к низкотемпературным деформациям, что позволяет ему сохранять свои свойства при низких эксплуатационных температурах. Кроме того, холодные асфальтобетонные смеси можно использовать в любое время года, включая зимний период, благодаря чему он становится эффективным материалом для текущего ремонта нежестких дорог в условиях отрицательных температур [2].

Холодный асфальтобетон разработан в Германии в 1960 году, который в настоящее время широко используется в дорожном строительстве в странах Евросоюза. Существуют более 10 различных видов холодного асфальта, которые различаются по составу и структуре. В России он выпускается в соответствии с ГОСТ Р 70648-2023. В 2021 году Росавтодор выпустил ОДМ 218.6.1.005-2021, который рекомендует использование этого материала [3–5].

Холодные асфальтобетонные смеси должны обладать удобоукладываемостью в широком диапазоне температур. Они должны быть достаточно рыхлыми и подвижными, чтобы их можно было легко укладывать, и в то же время достаточно плотными после уплотнения, чтобы обеспечить долговечность и прочность покрытия. Кроме того, они должны сохранять нерасслаиваемую консистенцию, и не подвергаться сегрегации при складировании, транспортировке и укладке [6].



## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно ГОСТ Р 70648-2023 в зависимости от назначения холодные асфальтобетонные смеси и асфальтобетоны подразделяют на следующие виды:

- универсальные (АХ), предназначенные для выполнения дорожных работ по ликвидации выбоин и устройства асфальтобетонных покрытий;
- многощелебнистые ремонтные смеси (АХР), предназначенные для ликвидации выбоин в покрытиях из асфальтобетонных и органоминеральных смесей.

В зависимости от используемого вяжущего холодные асфальтобетонные смеси подразделяют на:

- смеси с жидким нефтяным дорожным битумом;
- смеси с модифицированным жидким битумом;
- смеси, приготовленные на битумных эмульсиях.

В зависимости от номинального максимального размера зерен заполнителя холодные асфальтобетонные смеси подразделяют на типы:

- АХ5: холодная асфальтобетонная смесь с номинальным максимальным размером зерен 5,6 мм;
- АХ8: холодная асфальтобетонная смесь с номинальным максимальным размером зерен 8,0 мм;
- АХ11: холодная асфальтобетонная смесь с номинальным максимальным размером зерен 11,2 мм;
- АХ16: холодная асфальтобетонная смесь с номинальным максимальным размером зерен 16,0 мм;
- АХ22: холодная асфальтобетонная смесь с номинальным максимальным размером зерен 22,4 мм.

В зависимости от требований к используемым минеральным материалам для приготовления холодных асфальтобетонных смесей и значений нормируемых физико-механических показателей холодные асфальтобетоны и асфальтобетонные смеси, за исключением многощелебнистых ремонтных смесей, подразделяют на марки: М1, М2, М3. Областью применения холодных асфальтобетонных смесей М3 является неотложный ремонт асфальтобетонных покрытий со сроком службы до трех месяцев.

Холодную асфальтобетонную смесь приготавливают в асфальтосмесительных установках. Процесс приготовления холодной асфальтобетонной смеси включает следующие этапы:

1. Подготовка минеральных материалов: холодный асфальтобетон обычно состоит из различных фракций щебня, песка и минерального порошка. Материалы должны быть определенного гранулометрического состава, соответствующего требованиям ГОСТ Р 70648-2023.

2. Доувлажнение минеральных материалов: вода добавляется к сухим минералам, чтобы увеличить их влажность и улучшить процесс смешивания, при использовании в качестве органического вяжущего катионных битумных эмульсий.

3. Смешивание минеральных материалов после доувлажнения, материалы смешиваются вместе в асфальтосмесителе. Перемешивание холодной асфальтобетонной смеси в асфальтосмесителе определяется временем, при котором коэффициент вариации содержания ключевого компонента не превышает,  $K_v > 7\%$ .

4. Введение битума: в смесь добавляется определенное количество битума, который играет роль вяжущего вещества. Битум нефтяной дорожный нагревают до температуры, при которой эффективная вязкость жидкого битума  $\eta < 0,5$  Па·с.

Формирование структуры материала из асфальтобетонной смеси и его эксплуатационных свойств начинается в момент объединения всех составляющих, а заканчивается после уплотнения катками и проходящего транспорта [7–9].

Важнейшими стадиями процессов структурообразования асфальтобетона являются смачивание органическим вяжущим минеральных составляющих, диспергирование и стабилизация битума, формирование битумной пленки, адгезия битума и уплотнение.

В холодной асфальтобетонной смеси, приготовленной на битумных эмульсиях, вода имеет исключительно важное значение. Будучи обязательной и незаменимой составляющей, она принимает участие в процессах структурообразования и определяет свойства холодного асфальтобетона на всех этапах. Введение дополнительной воды в минеральную смесь создает благоприятные условия для диспергирования вязкого нефтяного битума и лиофилизации системы.

Диспергирование эмульгированного битума происходит в объеме увлажненной смеси путем образования битумных нитей длиной до нескольких десятков миллиметров. Затем, при достижении критической толщины, происходит их распад на глобулы. Остаточный слой воды играет важную роль в процессе стабилизации битумных глобул. Он помогает сохранить структуру битума и предотвращает её расслоение [10, 11].

Установлено [12], что наибольший вклад в структурировании матрицы холодного модифицированного дегтебетона вносит полиизоцианат, а при оптимальном соотношении влияющих факторов: температура производства 50...55 °С – концентрация полиизоцианата А 4...6 % – концентрация кубовых остатков дистилляции фталевого ангидрида 10...15 % достигаются максимальные значения параметров оптимизации модифицированного дегтебетона с регулируемыми сроками формирования структуры композита.

Модифицированный холодный дегтебетон во времени проходит три этапа структурообразования. На протяжении четырех часов от времени приготовления холодная дегтебетонная смесь, которая содержит в своем составе маловязкий каменноугольный дорожный деготь с ОДА и ПИЦ, может транспортироваться, укладываться и уплотняться в конструктивных слоях дорожной одежды.

На втором этапе структурообразования полиизоцианат реагирует с фенолсодержащими соединениями каменноугольного вяжущего и функциональными группами кубовых остатков дистилляции фталевого ангидрида, что приводит к формированию трехмерной сетки с узлами в виде частиц активного дисперсного наполнителя ОДА и гибкими цепочками из смолистых соединений каменноугольного дегтя.

Третий этап – стабилизация структуры дегтевяжущего вещества, а, следовательно, физических и механических свойств модифицированного дегтебетона.

Нормативные требования [4] определяют области применения холодных асфальтобетонных смесей при устройстве дорожных покрытий. Использование жидких органических вяжущих марок СГ, МГ и МГО или модифицированных жидких битумов с условной вязкостью в соответствии с ГОСТ 11955 позволяет сохранить технологические свойства смеси от шести месяцев до года. Следовательно, такие смеси могут быть использованы для устройства дорожных покрытий в течение длительного времени [13, 14].

Образование тонкой битумной пленки на минеральных частицах смеси при приготовлении асфальтобетонных смесей обеспечивает ряд преимуществ. Во-первых, пленка битума формирует слабые микроструктурные связи между частицами, что позволяет сохранять рыхлость смеси в течение длительного времени, даже при хранении. Это облегчает транспортировку, распределение и уплотнение смеси, а также снижает вероятность ее слеживания или комкования [4].

Во-вторых, битумная пленка, объединяет частицы в единое целое при укладке асфальтобетонной смеси. Она придает холодному асфальтобетону необходимую прочность и долговечность, а также улучшает его устойчивость к воздействию воды, мороза и других атмосферных факторов.

В-третьих, адсорбционно-сольватный слой маловязкого органического вяжущего обеспечивает дополнительную гидроизоляцию, что особенно важно для дорог с высоким уровнем грунтовых и талых вод или в районах с частыми дождями.

При использовании менее вязких битумов возможно укладывать асфальтобетонные смеси при более низких температурах окружающего воздуха. Однако, температура самой смеси должна быть не менее 5 °С. Размер фракций минеральных материалов, используемых в смеси, обычно колеблется от 5,6 до 22,4 мм. Это зависит от интенсивности движения транспорта и осевой нагрузки на покрытие. Холодные асфальтобетонные смеси могут использоваться как для укладки нового покрытия, так и для проведения ремонтных работ на покрытии в течение всего года [14].

Смеси разных типов асфальтобетона могут отличаться по составу органического вяжущего вещества, его вязкости или плотности, что в свою очередь определяет время, необходимое для формирования структуры асфальтобетона при различных температурах.

Оптимальное количество битума, соответствующее максимальной прочности образцов при сжатии, уменьшают на 20 % для сохранения рыхлости холодного асфальтобетона и противодействия его слеживанию при хранении. Поскольку исследуемая асфальтобетонная смесь в отличие от стандартной приготавливается в холодном виде, этот принцип можно не учитывать [15].

Холодный асфальтобетон имеет состав, который включает модифицированную асфальтобетонную смесь, полимерные и морозоустойчивые добавки, а также различные пластификаторы. Эти компоненты позволяют выполнять ямочный ремонт покрытия при различных погодных условиях, включая влажную погоду и низкие температуры (от минус 25 °С до 49 °С) [2].

Для регулирования свойств одного или нескольких исходных компонентов, а также процессов их взаимодействия в холодные асфальтобетонные смеси вводят различные по своему действию добавки: уплотняющие, регуляторы скорости формирования структуры, структурирующие, активные минеральные, волокнистые и т. д. [16].

Разработаны новые холодные асфальтобетонные смеси, которые производятся на основе разжиженных битумов, модифицированных специальными химическими добавками. Эти смеси обладают улучшенными характеристиками по сравнению со стандартными холодными смесями. Они не требуют дополнительного рыхления при хранении и обеспечивают более прочное сцепление с влажными поверхностями, что делает их эффективными для использования в условиях высокой влажности и при проведении ремонтных работ [17, 18].

В зависимости от целей применения добавки в битум и асфальтобетонную смесь подразделяют на следующие категории [18]:

– направленного действия для получения новой разновидности материала (модифицированные битумные вяжущие и/или смеси) путем комплексного изменения его свойств -модифицирующие добавки;

– регулирующего действия для улучшения отдельных показателей качества -поверхностно-активные добавки.

Модифицирующие добавки направленно изменяют структурные, физико-механические, химические свойства битума, используемого для получения модифицированной битумного вяжущего. Оценка модифицирующих добавок в отношении изменения свойств битума происходит по следующим показателям: совместимость с битумом; устойчивость к деструкции при технологических температурах; образование структурной сетки в битуме.

Для повышения пластичности и снижения вязкости в процессе получения модифицированного битумного вяжущего вводят технологические добавки – пластификаторы.

## ВЫВОДЫ

Холодные асфальтобетонные смеси являются перспективным материалом для дорожного строительства благодаря своей высокой пластичности и устойчивости к низкотемпературным деформациям. Использование различных видов добавок позволяет регулировать процессы взаимодействия компонентов смеси и изменять ее свойства, что дает возможность использовать холодные асфальтобетоны в широком диапазоне температур эксплуатации. Все это вместе позволяет создавать материалы с высокими техническими характеристиками, которые могут успешно применяться в различных климатических условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ядыкина, В. В. Влияние добавок на свойства холодных асфальтобетонов / В. В. Ядыкина, С. Н. Наволокина. – Текст : электронный // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2016. – № 9. – С. 53–57. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dobavok-na-svoystva-holodnyh-asfaltobetonov/viewer> (дата обращения: 25.12.2023).
2. Высоцкая, М. А. Холодные технологии дорожно-ремонтных работ / М. А. Высоцкая, Е. В. Чевтаева, А. О. Ширяев. – Текст : электронный // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2015. – № 6. – С. 30–34. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/holodnye-tehnologii-dorozhno-remontnyh-rabot/viewer> (дата обращения: 25.12.2023).
3. Перспектива использования холодного асфальта в России. – Текст : электронный // Navichem : [сайт]. – 2021. – 25.05.2021. – URL: [https://navichem.ru/stati/article\\_post/perspektiva-ispolzovaniya-holodnogo-asfalta-v-rossii](https://navichem.ru/stati/article_post/perspektiva-ispolzovaniya-holodnogo-asfalta-v-rossii) (дата обращения: 25.12.2023).
4. ГОСТ Р 70648-2023. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные холодные и асфальтобетон = Automobile roads of general use. Cold asphalt mixtures and asphalt concrete. General specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 февраля 2023 г. N 84-ст : введен впервые : дата введения 2023-03-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Автодорис» (ООО «Автодорис»). – Москва: Российский институт стандартизации, 2023. – 26 с. – Текст : непосредственный.
5. ОДМ 218.6.1.005-2021. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог методом холодной регенерации : Отраслевой дорожный методический документ : издание официальное : утвержден и введен в действие распоряжением Федерального дорожного агентства от 17.02.2021 N 570-р : взамен «Методических рекомендаций по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации» : издан на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 17.02.2021 N 570-р, с изменением, принятым распоряжением Федерального дорожного агентства от 18.01.2022 N 18-р / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ»). – Москва : Федеральное дорожное агентство «Росавтодор», 2021. – 25 с. – Текст : непосредственный.

6. Аминов, Ш. Х. Применение холодных асфальтобетонных смесей для круглогодичного ямочного ремонта автодорог / Ш. Х. Аминов, И. Б. Струговец. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2006. – № 11. – С. 60–62.
7. Рекомендации по технологии производства и применения холодных асфальтобетонных смесей с диспергированным битумом : одобрены Главдортехом от 14.07.87 № ГПТУ-1-2-362 / разработаны Н. А. Горнаев, А. Ф. Иванов, А. В. Потапов. – Москва : Главдортех, 1987. – 16 с. – Текст : непосредственный.
8. Горнаев, Н. А. Холодный регенерированный асфальт / Н. А. Горнаев, В. Е. Никишин, А. В. Кочетков. – Текст : электронный // Вестник СГТУ. – 2007. – № 3. – С. 112–116. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/holodnyy-regenerirovannyy-asfalt/viewer> (дата обращения: 25.12.2023).
9. Андронов, С. Ю. Технология композиционного холодного щебёночно-мастичного асфальта / С. Ю. Андронов, А. А. Задирака. – Текст : электронный // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11. – С. 209–213. – URL: <https://s.top-technologies.ru/pdf/2016/11-2/36387.pdf> (дата обращения: 25.12.2023).
10. Дерягин, Б. В. Поверхностные силы / Б. В. Дерягин, Н. В. Чураев, В. М. Муллер. – Москва : Наука, 1985. – 398 с. – Текст : непосредственный.
11. Андронов, С. Ю. Технология производства холодного композиционного щебёночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом / С. Ю. Андронов, Ю. А. Трофименко, А. В. Кочетков. – Текст : электронный // Вестник евразийской науки. – 2016. – Том 8, № 2 (33). – С. 95–108. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-proizvodstva-holodnogo-kompozitsionnogo-schebenochno-mastichnogo-asfalta-s-dispersnym-bitumom/viewer> (дата обращения: 25.12.2023).
12. Холодные дегтебетонные смеси с регулируемыми сроками формирования структуры для устройства нижних слоев покрытий нежестких дорожных одежд автомобильных дорог / В. И. Братчун, Н. С. Леонов, В. П. Демешкин [и др.]. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2022. – Том 18, № 2. – С. 73–83. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/spgs/2022-2/03\\_bratchun\\_leonov\\_demeshkin\\_protasov\\_bronevskiy\\_kuznesov.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2022-2/03_bratchun_leonov_demeshkin_protasov_bronevskiy_kuznesov.pdf) (дата обращения: 25.12.2023).
13. Бехзоди, Б. Моделирование тепловых процессов при строительстве покрытий нежесткого типа с применением холодных асфальтобетонных смесей / Б. Бехзоди, К. А. Андрианов, А. Ф. Зубков. – Текст : электронный // Вестник ТГАСУ. – 2021. – № 2. – С. 146–161. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-teplovyyh-protsessov-pri-stroitelstve-pokrytiy-nezhestkogo-tipa-s-primeneniem-holodnyh-asfaltobetonyh-smesey/viewer> (дата обращения: 25.12.2023).
14. Калгин, Ю. И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов : монография / Ю. И. Калгин ; Ю. И. Калгин. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2006. – 271 с. – ISBN 5-9273-0788-4. – Текст : непосредственный.
15. Козлова, Е. Н. Холодный асфальтобетон / Е. Н. Козлова. – Москва : Автотрансиздат, 1958. – 124 с. – Текст : непосредственный.
16. Вавилов, П. В. Добавки в холодные асфальтобетоны из эмульсионно-минеральных смесей / П. В. Вавилов, С. Е. Кравченко. – Текст : электронный // Наука и техника. – 2015. – № 6. – С. 44–48. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dobavki-v-holodnye-asfaltobetonny-iz-emulsionno-mineralnyh-smesey/viewer> (дата обращения: 25.12.2023).
17. Дорожные асфальтополимербетоны повышенной долговечности / В. И. Братчун, О. А. Пшеничных, В. В. Попова [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2023. – Выпуск 2023-1(159) Современные строительные материалы. – С. 5–11. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2023/2023-1\(159\)/st\\_01\\_bratchun\\_pshenichnykh\\_popova\\_yakimov\\_moroz\\_shevchenko.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2023/2023-1(159)/st_01_bratchun_pshenichnykh_popova_yakimov_moroz_shevchenko.pdf) (дата публикации: 20.02.2023).
18. ПНСТ 662-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Добавки модифицирующие и поверхностно-активные в битум и асфальтобетонную смесь. Классификация, выбор и применение = Automobile roads of general use. Modifying and surface-active additives in bitumen and asphalt concrete mix. Classification, selection and application : предварительный национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утверждено и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 июля 2022 г. № 42-пнст : введен впервые : дата введения 2022-08-01 / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ»). – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 11 с. – Текст : непосредственный.

Получена 09.01.2024

Принята 26.01.2024

NIKITA LEONOV

MODERN IDEAS ABOUT COLD ASPHALT CONCRETE MIXTURES WITH A REGULATED PERIOD OF STRUCTURE FORMATION

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Donetsk People's Republic, Makeevka

**Abstract.** This paper presents data characterizing cold asphalt concrete road mixtures with adjustable structure formation periods. Cold asphalt concrete mixes are a promising material in road construction. They have high plasticity and resistance to low-temperature types of deformations, which ensures their reliable operation at subzero temperatures. Due to their properties, cold asphalt concrete mixtures can be used for repair work at any time of the year, in particular in winter, which makes them an effective material for road construction and repair in difficult climatic conditions. To change the properties of the asphalt concrete mixture, as well as to regulate the processes of structure formation, various types of additives are introduced into the composition of cold asphalt concrete mixtures. Sealing additives increase the density and strength of the material. Regulators of the rate of structure formation accelerate or slow down the process of structure formation. Structuring additives ensure that the asphalt concrete mixture takes a certain shape after being laid and compacted into road clothes. Active mineral additives increase its wear resistance, and fibrous additives improve its resistance to cracking.

**Keywords:** cold asphalt concrete mix, modifier, structure, durability, viscosity, density.

**Леонов Никита Сергеевич** – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

**Leonov Nikita** – assistant, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: development of effective technologies for processing technogenic raw materials into components of composite materials.