

УДК 625.7

*Дормидонтова Татьяна Владимировна кандидат технических наук,
доцент, Самарский государственный технический университет*

Россия, г. Самара

*Павлов Алексей Александрович кандидат технических наук, доцент
Самарский государственный технический университет*

Россия, г. Самара

Сафиуллин Станислав Владимирович магистрант

3 курс, Самарский государственный технический университет

Россия, г. Самара

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХОЛОДНЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация: Статья посвящена комплексному анализу области применения холодных органоминеральных смесей (ХОМС) в дорожном хозяйстве. Рассматриваются технологические аспекты производства и укладки, нормативные требования, преимущества и недостатки материала. На основе критического анализа ограничений ХОМС предложены перспективные направления совершенствования технологии, включая модификацию вяжущих, оптимизацию состава и внедрение инновационных методов контроля качества. Разработаны визуальные модели, наглядно демонстрирующие структурные особенности и механизмы деградации материала.

Ключевые слова: холодная регенерация, холодные органоминеральные смеси, дорожная одежда, покрытие, основание, асфальтогранулят, битумная эмульсия, долговечность, модификация.

**APPLICATION AREA AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF
COLD ORGANOMINERAL MIXTURES IN ROAD MANAGEMENT**

Abstract: *The article is devoted to a comprehensive analysis of the application area of cold organomineral mixtures (COMM) in road management. The technological aspects of production and laying, regulatory requirements, advantages and disadvantages of the material are considered. Based on a critical analysis of the limitations of COMM, promising directions for improving the technology are proposed, including modification of binders, optimization of the composition and introduction of innovative quality control methods. Visual models have been developed that clearly demonstrate the structural features and mechanisms of material degradation.*

Keywords: *cold recycling, cold organomineral mixtures, road pavement, wearing course, base course, reclaimed asphalt pavement, bitumen emulsion, durability, modification.*

Холодные органоминеральные смеси (ХОМС) представляют собой современный альтернативный материал, применяемый в дорожном строительстве при устройстве оснований и покрытий дорожной одежды. Технология основана на использовании асфальтогранулята, щебня различных фракций, песко-гравийных смесей, обработанных органическими (битумные эмульсии, пены) и неорганическими (цемент, шлаки) вяжущими без предварительного нагрева [1, 2].

Актуальность применения ХОМС обусловлена растущими требованиями к ресурсосбережению, экологической безопасности и экономической эффективности дорожного строительства. Однако широкое внедрение технологии сдерживается рядом технических ограничений, требующих детального изучения и решения, рисунок 1.

Область применения ХОМС регламентирована национальными стандартами. Согласно ГОСТ 33382 [1] и ГОСТ Р 58818 [2], смеси допускается применять: в качестве основания дорожной одежды на дорогах всех категорий, в качестве покрытия – только на дорогах IV категории и ниже.

3D-МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ХОЛОДНОЙ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СМЕСИ
Визуализация распределения компонентов и зон сегрегации

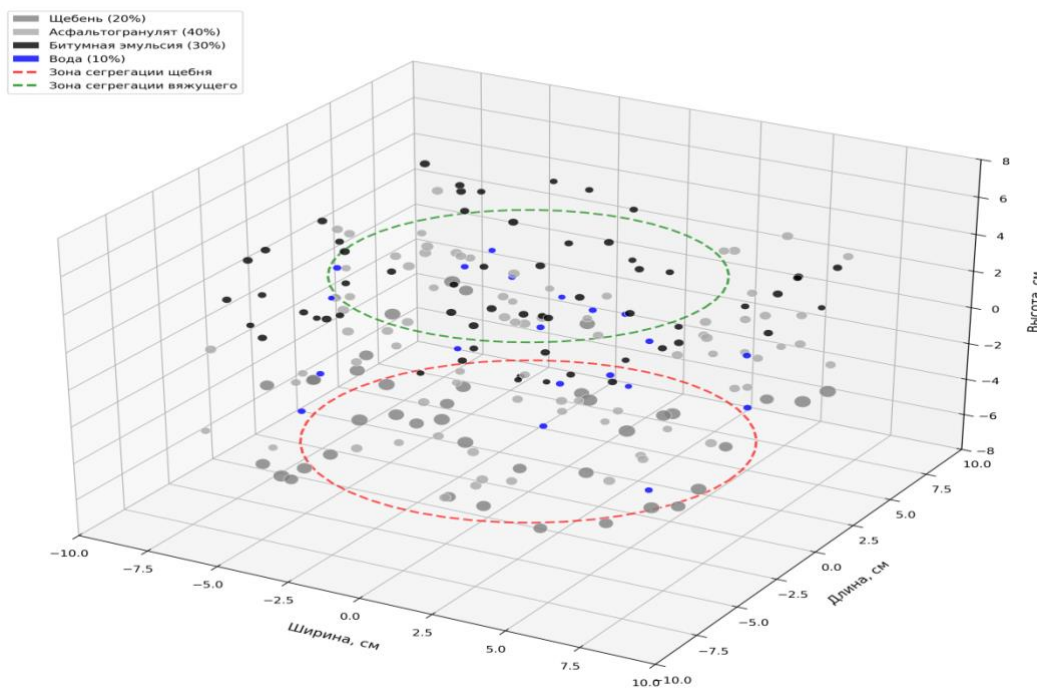


Рисунок 1. Модель структуры холодной органоминеральной смеси: серый цвет – щебень (20%), темно-серый – асфальтогранулят (40%), черный – битумная эмульсия (30%), синий – вода (10%). Красной пунктирной линией обозначена зона сегрегации крупных фракций (щебень), зеленой – зона сегрегации мелких фракций с вяжущим. Модель демонстрирует характерную неоднородность структуры, возникающую из-за отсутствия термической активации компонентов при приготовлении смеси.

Данное ограничение обусловлено более низкими физико-механическими показателями ХОМС по сравнению с традиционными горячими асфальтобетонами.

На рисунке 2 представлена типовая конструкция дорожной одежды с указанием областей применения холодных органоминеральных смесей. Красным цветом выделен слой основания из ХОМС, который может применяться на дорогах всех категорий. Стрелками обозначены соответствующие категории автомобильных дорог: I-III категории (синий) – ХОМС только в основании; IV категория (зеленый) – ХОМС может применяться как в основании, так и в покрытии; V категория и низкоинтенсивные дороги (оранжевый) – ХО

МС как основной материал основания. Верхний слой покрытия (асфальтобетон) исключает применение ХОМС для дорог I-III категорий.

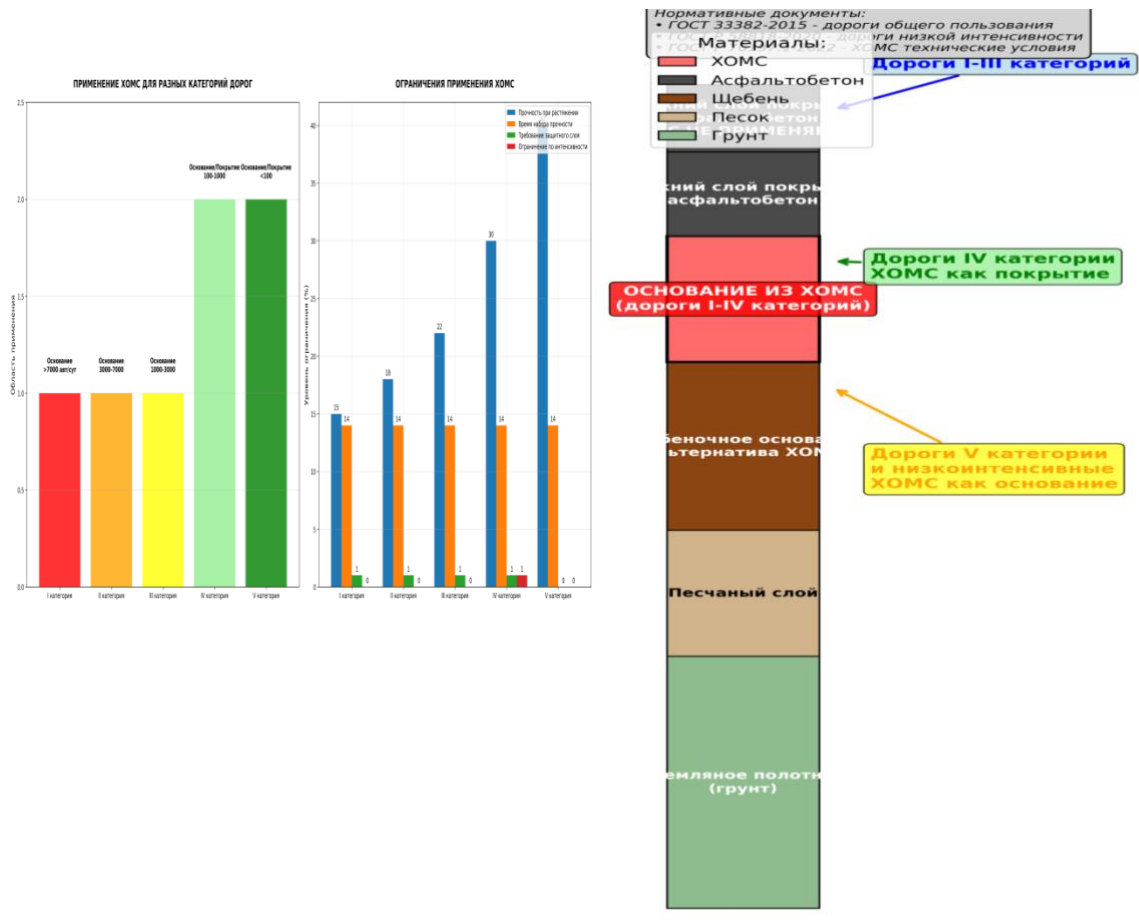


Рисунок 2. Область применения ХОМС в конструктивных слоях дорожной одежды

Прочность ХОМС при непрямом растяжении при +40°C составляет 200–250 МПа, что в 2–3 раза ниже, чем у горячего асфальтобетона (400–700 МПа по ГОСТ 9128 [3]). Это связано с отсутствием активации вяжущего при низкотемпературном смесеобразовании, что приводит к неполному обволакиванию зерен заполнителя и снижению сил сцепления.

Исследование Мичиганского университета [4] подтверждает, что при интенсивности движения более 1000 авт./сутки разрушение покрытий из ХОМС происходит на 200–300% быстрее.

Отсутствие нагрева приводит к гравитационному расслоению материала: крупные фракции оседают, а мелкие вместе с вяжущим мигрируют вверх, рисунок 3,4.

Наличие воды (4–6% по массе) создает риск замерзания-оттаивания. Как показали исследования Бандерова Г.Н. [5], при кристаллизации объем воды увеличивается на ~10%, создавая расклинивающее давление в порах структуры и разрушая минеральный скелет смеси.

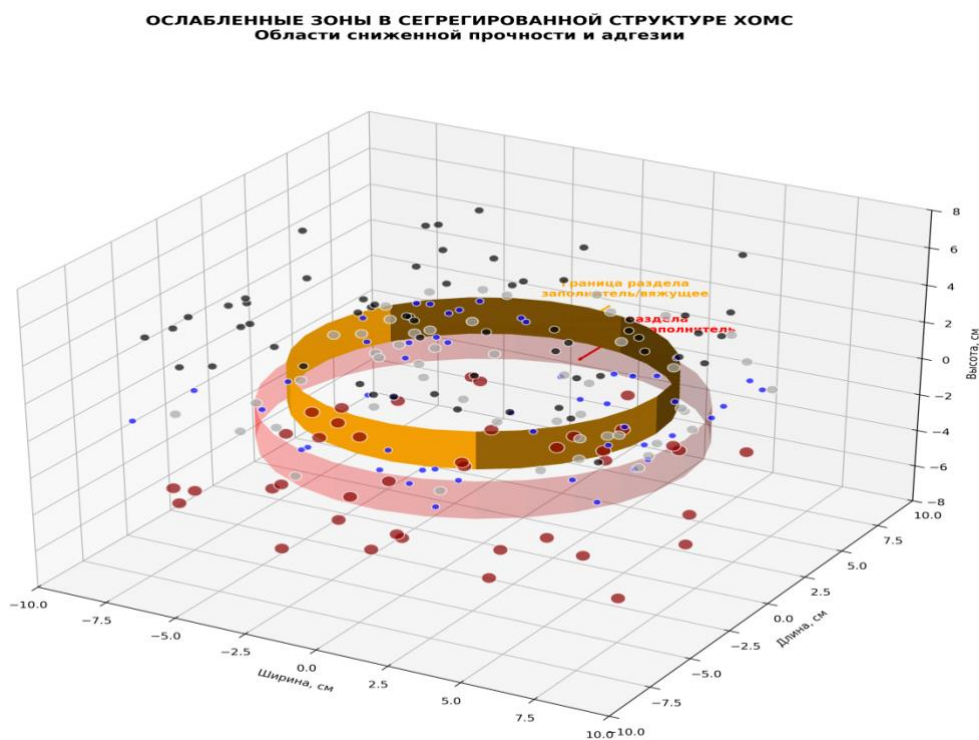
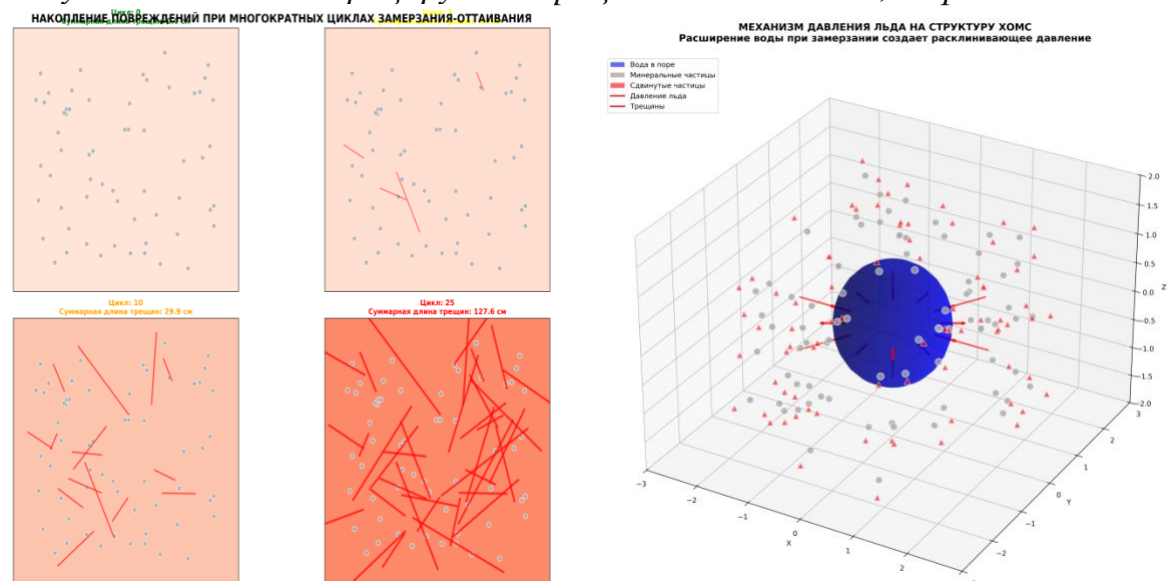


Рисунок 3. Модель процесса сегрегации в ХОМС

Рисунок 4. Модель разрушения структуры ХОМС при замерзании воды

Отсутствие этапа термоокисления при приготовлении компенсируется ускоренным старением битума в условиях эксплуатации под воздействием ультрафиолетового (УФ) излучения и кислорода воздуха.

Исследования Д.Ю. Небратенко [6] демонстрируют, что УФ-облучение интенсифицирует процессы окисления, приводя к потере



эластичности вяжущего, его

хрупкости и, как следствие, к выкрашиванию и потере прочности покрытия.

Согласно ГОСТ Р 70197.3 [7], верхние слои из ХОМС требуют обязательного устройства защитного слоя (поверхностная обработка, литые смеси), что увеличивает стоимость и трудоемкость.

По ГОСТ Р 70197.1 [8] финальные физико-механические свойства достигаются через 7–14 суток, что исключает применение на дорогах с высокой интенсивностью движения и затрудняет организацию временной схемы движения, рисунок 5.

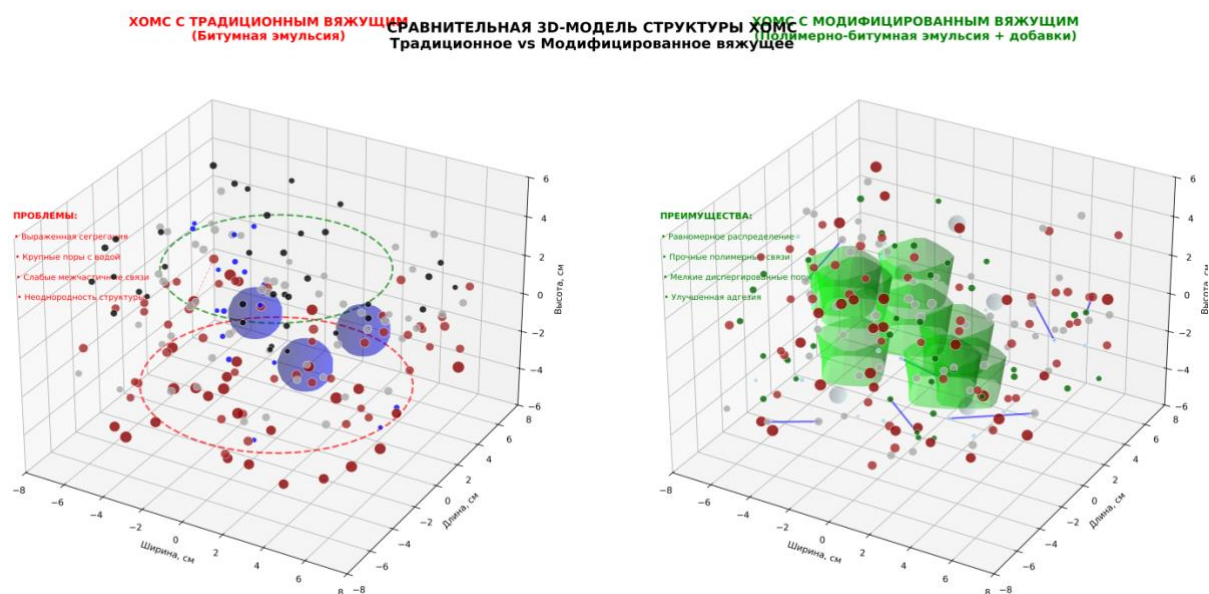


Рисунок 5 – Сравнительная 3D-модель структуры ХОМС с модифицированным и традиционным вяжущим

Для преодоления выявленных ограничений предлагаются следующие направления исследований и разработок: применение битумных эмульсий с полимерными модификаторами. Использование комплексных вяжущих (битумная эмульсия + цемент/зола-унос) для повышения прочности и водостойкости. Введение адгезионных добавок для улучшения сцепления. Совершенствование гранулометрического состава для снижения сегрегации, применение активаторов и отвердителей для сокращения времени набора прочности, использование мобильных установок для более точного дозирования и смешивания. Внедрение неразрушающих методов экспресс-контроля прочности. Разработка моделей прогнозирования долговечности.

Проведенный анализ позволяет заключить, что холодные органоминеральные смеси являются эффективным материалом для решения задач ресурсосберегающего и экономичного дорожного строительства, однако их применение имеет четкое ограничение, как с нормативной, так и технической точки зрения.

Основными сдерживающими факторами для широкого применения ХОМС в качестве покрытий являются: низкая ранняя прочность, склонность к сегрегации, низкая водостойкость и чувствительность к УФ-излучению. Наиболее перспективно их использование в нижних слоях оснований дорожных одежд.

Дальнейшее развитие технологии лежит в плоскости модификации вяжущих компонентов, оптимизации состава смесей и совершенствования технологии приготовления и уплотнения, что позволит расширить область эффективного применения ХОМС в дорожном хозяйстве.

Использованные источники:

1. ГОСТ 33382-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Техническая классификация».
2. ГОСТ Р 58818-2020 «Дороги автомобильные с низкой интенсивностью движения. Проектирование, конструирование и расчет».
3. ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полмерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия».
4. Dansani Vasanthan Muttuvelu, Erik Kjems « A Systematic Review of Permeable Pavements and Their Unbound Material Properties in Comparison to Traditional Subbase Materials».
5. Г.Н.Бандеров «Исследование свойств воды при кристаллизации».
6. Д.Ю.Небрятенко «Лабораторные исследования поведения нефтяных дорожных битумов при воздействии ультрафиолетового излучения».

7. ГОСТ Р 70197.3-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Правила производства работ».

8. ГОСТ Р 70197.1-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия».

Информация о себе:

Сафиуллин С.В.

email: safiullinstanislavvladimirovic@gmail.com