

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ И ВЫБОРА СОСТАВА ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УХОДА ЗА СВЕЖЕУЛОЖЕННЫМИ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Рахимзода Фотима (магистрантка),

Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент,
Республика Узбекистан

E-mail: rahimzodafotima@gmail.com

ORCID: 0009-0005-5701-7836

Тухтаев Матчон (ассистент),

Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент,
Республика Узбекистан,

E-mail: tuktayevm.b.1996@gmail.com

ORCID: 0009-0009-6152-3108

Аннотация: В условиях жаркого и сухого климата Узбекистана быстрая потеря влаги во вновь уложенных цементобетонных дорожных покрытиях негативно влияет на процесс структурообразования бетона. В результате гидратация цемента происходит недостаточно, что приводит к снижению прочности бетона, появлению микротрещин на поверхности покрытия и сокращению срока эксплуатации покрытия. Для устранения этих проблем эффективным считается использование составов материалов, удерживающих влагу на поверхности бетона и образующих пленку, ограничивающую испарение. В данной статье анализируются физико-механические свойства составов новых пленкообразующих материалов, их влияние на процесс гидратации цементобетона и эффективность практического применения.

Ключевые слова: уход за бетоном, композиция на основе ГАЧ-3, пленкообразующий материал, цементобетонное покрытие, испарение воды.

Введение

Цементобетонные покрытия автомобильных дорог и аэродромов отличаются высокой несущей способностью и долговечностью. Однако в



условиях специфического жаркого и сухого климата Республики Узбекистан процесс строительства таких дорог сталкивается с серьезными технологическими трудностями. Быстрая потеря влаги в свежееуложенном бетоне оказывает крайне негативное влияние на процессы его структурного формирования.

Интенсивное испарение воды затвердения приводит к тому, что реакция гидратации цемента протекает неполноценно. Как следствие, наблюдается существенное снижение проектной прочности бетона, интенсивное образование усадочных микротрещин на поверхности покрытия и, в конечном итоге, резкое сокращение общего эксплуатационного срока службы дорожной одежды.

Для минимизации этих негативных явлений наиболее эффективным технологическим подходом признано использование влагоудерживающих составов, формирующих на поверхности бетона защитную пленку, ограничивающую испарение. Вместе с тем, известные на сегодняшний день традиционные битумные или парафиновые эмульсии создают лишь кратковременный защитный слой. Практика показывает, что они обладают низкой адгезией к влажной бетонной поверхности и не способны в полной мере предотвратить микротрещинообразование и решить проблему водопроницаемости.

В связи с этим актуальной научно-практической задачей является разработка новых экологически безопасных пленкообразующих материалов на основе доступного местного сырья, технология применения которых будет адаптирована к экстремальным климатическим условиям.

Цель данного исследования заключается в разработке состава нового типа пленкообразующего материала для ухода за свежееуложенными цементобетонными покрытиями в условиях сухого и жаркого климата, а также в комплексном анализе его физико-механических свойств, оценке главного влияния на процессы гидратации цементобетона и подтверждении эффективности его практического применения.

Материалы и методы

Разработка эффективного защитного покрытия для ухода за свежееуложенным цементобетоном в условиях сухого жаркого климата осуществлялась на основе создания стабильной водно-коллоидной



эмульсионной системы. Экспериментальные исследования включали оптимизацию многокомпонентного состава, отработку технологии его синтеза и оценку физико-механических и реологических свойств полученной композиции.

2.1. Характеристика исходных материалов и оптимизация состава

Для формирования защитной влагоудерживающей пленки на поверхности бетона была разработана композиция, включающая парафиновую основу, органический растворитель, полимерный стабилизатор, реологический модификатор, комплекс эмульгаторов и дисперсионную среду. В качестве основных компонентов использовались:

• **Нефтяной гач (марки ГАЧ-3):** Побочный продукт процесса депарафинизации масел, выступающий в роли основного гидрофобного и пленкообразующего компонента. Оптимальное содержание ГАЧ-3 в системе составляет 20,0% по массе. Снижение концентрации менее 20% не обеспечивает формирование сплошной бездефектной пленки, тогда как превышение этого предела приводит к образованию крупных агрегатов гача, затрудняющих последующее удаление покрытия с поверхности.

• **Отработанное минеральное масло И-20 (ГОСТ 20799-88):** применялось в качестве первичного органического растворителя (2,5% масс.) для обеспечения гомогенного растворения нефтяного гача и регулирования глубины проникновения компонентов в пористую структуру бетонного основания. Отклонение от оптимальной дозировки снижает технологические свойства системы и ухудшает растворимость парафиновой основы.

• **Гидролизированный полиакрилонитрил (ГИПАН-0,7):** использовался в качестве полимерного стабилизатора (0,5% масс.) для создания пространственного (стерического) защитного барьера вокруг дисперсных частиц, а также для повышения сопротивляемости сформированного слоя последующим механическим воздействиям.

• **Диоксид кремния (SiO_2):** вводился в количестве 1,0% масс. в качестве реологического модификатора и структурирующего агента. Присутствие SiO_2 обеспечивает необходимый уровень вязкости, повышает тиксотропные свойства эмульсии и предотвращает чрезмерную растекаемость при нанесении.

• **Поверхностно-активные вещества (техническая олеиновая /**

стеариновая кислота): выступали в роли эмульгаторов (1,0% масс.) для снижения межфазного натяжения и электрохимической стабилизации коллоидной системы за счет формирования адсорбционного слоя ионов на поверхности капель дисперсной фазы.

• **Вода:** применялась в качестве экологически безопасной дисперсионной среды (75,0% масс.).

Таблица 1. Компонентный состав разработанной пленкообразующей композиции

Наименование компонента	Содержание, масс. %
Нефтяной гач (ГАЧ-3)	20,0
Отработанное минеральное масло И-20	2,5
Гидролизированный полиакрилонитрил (ГИПАН-0,7)	0,5
Диоксид кремния (SiO ₂)	1,0
Техническая олеиновая / стеариновая кислота	1,0
Вода	75,0

2.2. Технология синтеза эмульсионной композиции

Процесс получения стабильной водно-коллоидной эмульсии осуществлялся по строго регламентированной температурно-механической схеме и состоял из следующих последовательных стадий:

1. Подготовка жидкой фазы: Расчетное количество воды нагревалось в реакторе до температуры 60 °С.

2. Плавление и первичное эмульгирование: В нагретую воду вводилось заданное количество нефтяного гача ГАЧ-3. Для обеспечения равномерного распределения и плавления гидрофобной фазы при непрерывном перемешивании в систему добавлялось отработанное минеральное масло И-20.

3. Стабилизация системы: при строгом поддержании температуры



смеси на уровне 60°C в реактор вводились техническая кислота и полимерный стабилизатор ГИПАН-0,7. На данном этапе за счет адсорбции ионов формировался устойчивый электростатический и стерический барьер вокруг капель дисперсной фазы.

4. Структурирование и модификация: Полученная эмульсия совмещалась с расчетным количеством диоксида кремния для достижения требуемых параметров тиксотропии и микроармирования будущей пленки. В результате синтеза образуется однородная мелкодисперсная система белого цвета.

2.3. Методы лабораторных испытаний и контроля качества

Для подтверждения эффективности разработанного состава проводился комплекс стандартных и аналитических испытаний:

• **Определение реологических характеристик эмульсии:** Контроль условной вязкости композиции осуществлялся с помощью стандартного вискозиметра типа ВЗ-4. Измерение плотности проводилось пикнометрическим методом; стабильным считался состав, сохраняющий постоянную вязкость в течение 24 часов при плотности эмульсии в пределах $0,9\text{--}1,1\text{ г/см}^3$.

• **Оценка кинетики пленкообразования:** Определение времени высыхания и скорости формирования твердого защитного слоя на поверхности выполнялось при контролируемых температурных режимах: $T=(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ и $T=(10\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

• **Физико-механические испытания цементобетона:** Определение прочности бетона осуществлялось по методикам ГОСТ 10180–2012. Показатели водопоглощения и открытой пористости затвердевших образцов определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 12730.3–202

Результаты и обсуждение

В ходе проведения лабораторных испытаний разработанной пленкообразующей композиции на основе парафинового сырья (ГАЧ-3) были получены результаты, подтверждающие ее высокую эффективность для ухода за цементобетонными покрытиями.

3.1. Физико-механические свойства и кинетика пленкообразования

Одним из ключевых технологических преимуществ разработанной системы является оптимизация времени формирования защитного экрана на



поверхности бетона. Установлено, что расчетное время образования сплошной пленки при температуре $T=(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ не превышает 3 часов, а при снижении температуры до $T=(10\pm 2)^{\circ}\text{C}$ составляет не более 6 часов. Таким образом, время пленкообразования было сокращено с 6 до 3 часов по сравнению с традиционными составами.

Реологическая стабильность разработанной водно-коллоидной эмульсии подтверждается результатами измерения условной вязкости. В предлагаемой композиции этот показатель остается стабильным на уровне 15 секунд (по воронке ВЗ-4) при плотности $0,9-1,1 \text{ г/см}^3$ в течение суток, тогда как в других составах наблюдалось падение вязкости до 12 секунд.

3.2. Эффективность влагоудержания и влияние на структуру бетона

Применение новой композиции оказало существенное влияние на процессы гидратации цемента за счет блокировки капиллярного испарения. Результаты испытаний зафиксировали следующие изменения:

- **Снижение потери влаги:** Уровень интенсивного испарения воды из бетона уменьшился в 2 раза.

- **Повышение трещиностойкости:** Размер образующихся усадочных микротрещин на поверхности покрытия сократился в 4 раза.

- **Улучшение эксплуатационных характеристик:** Отмечено снижение общей пористости и водопроницаемости затвердевшего бетона.

3.3. Комплексный механизм адгезии и структурообразования

Достижение высоких защитных показателей научно обосновано комплексной (электростатической, стерической и химической) природой механизма адгезии:

1. **Электрохимическая стабилизация:** ионы олеата и стеарата формируют прочный адсорбционный слой на поверхности капель дисперсной фазы, обеспечивая высокую электрохимическую устойчивость системы.

2. **Стерическая и химическая защита:** Полимерный модификатор ГИПАН-0,7 создает стерический барьер вокруг дисперсных частиц. Карбоксильные и амидные группы полиакрилонитрила вступают в химическое взаимодействие с ионами кальция, выделяющимися при гидратации цемента, образуя прочные комплексные связи.

3. **Микроармирование:** Введение диоксида кремния формирует в композиции пространственную структурную сетку, что повышает



тиксотропию состава и обеспечивает микроармирование структуры пленки.

3.4. Экологическая безопасность

В составе полностью отсутствуют газообразный хлор и экологически опасные реагенты, что исключает токсикологическую нагрузку на окружающую среду и обеспечивает безопасность и простоту применения технологии в производстве.

Заключение

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований успешно решена важная научно-практическая задача по оптимизации состава и технологии применения нового пленкообразующего материала для ухода за свежееуложенным цементобетоном.

1. Разработан и оптимизирован многокомпонентный состав водно-коллоидной эмульсии на основе отечественного парафинового сырья — нефтяного гача (марки ГАЧ-3) в объеме 20,0% масс.

2. Установлена высокая технологическая эффективность разработанной композиции. Время формирования сплошной защитной пленки на поверхности бетона при нормальных условиях сократилось в 2 раза — с 6 до 3 часов. Условная вязкость эмульсии стабильно удерживается на уровне 15 секунд.

3. Экспериментально доказано улучшение эксплуатационных свойств бетона. Применение разработанного состава снижает интенсивность испарения влаги в 2 раза, что привело к уменьшению размеров усадочных микротрещин в 4 раза и снижению водопроницаемости.

4. Научно обоснован комплексный механизм адгезии за счет синергетического эффекта: электростатической стабилизации, микроармирования пленки диоксидом кремния и формирования химических комплексов между ГИПАН-0,7 и ионами кальция (Ca^{2+}).

5. Подтверждена экологическая безопасность технологии благодаря отсутствию вредных хлористых газов и токсичных реагентов.

Литература (references):

1. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
2. ГОСТ 12730.3–2020. Бетоны. Метод определения водопоглощения.
3. ГОСТ 20799–88. Масла индустриальные. Технические условия.

4. Амиров Т. Ж., Тухтаев М. Б., Соттикулов Э. С. Новый состав пленкообразующих материалов для ухода за свежесушеными цементобетонными дорожными покрытиями // 74-я Международная конференция по виброинженерии в Ташкенте, Узбекистан, 27–29 ноября 2025 г. DOI: <https://doi.org/10.21595/vp.2025.25684>.

5. ОДМ 218.3.039-2014 Автомобильные дороги. Уход за цементобетонными покрытиями с использованием пленкообразующих материалов. Нормы расхода и технология применения.



**Research Science and
Innovation House**