

УДК 666.972.162

**ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Дорошенко Ю. М., канд. техн. наук, профессор
Возный С. П., аспирант
Национальный транспортный университет (НТУ)

Современный бетон превращается, благодаря новым химическим добавкам, во все более сложный композиционный материал, свойства которого могут намного превосходить традиционные составы.[1]

Одним из наиболее эффективных путей повышения устойчивости бетонных и железобетонных сооружений к воздействию окружающей среды является управление структурой бетона в период формирования, достигается введением в бетонную смесь добавок поверхностно-активных веществ, в частности кремнийорганических соединений различного типа.

Кремнийорганические вещества, применяемые как добавки к бетону, выделяют в бетонной смеси некоторое количество газа (водорода) при контакте с щелочной средой или оказывают воздуховтягующее действие. И то, и другое способствует созданию благоприятной, с точки зрения долговечности, структуры бетона. Кроме того, добавки гидрофобизируют стенки пор и капилляров, что приводит к снижению адгезии ко льду и кристаллов солей в случае одновременного действия растворов солей и замораживания. При этом также исключается или значительно снижается капиллярный подсос воды в бетон.

В настоящее время в государствах СНГ проведены исследования и накоплен опыт применения в технологии бетонов кремнийорганических соединений различных типов: полигидридосилоксанов с различным содержанием активного водорода (кремнийорганические жидкости ГКЖ-94, ГКЖ-13) и различными органическими радикалами (ГКЖ-94М) в составе молекулы; этилгидридсесквиоксанов (полимер марки ПГЕН) силиконатов и алюмосиликонатов натрия как жидких (кремнийорганические жидкости ГКЖ-10, ГКЖ-11 АМСР) так и их твердых аналогов (порошки марок ГКП-10, ГКП-11 ЕСНК).

Технология изготовления и условия применения бетонов с эффективной кремнийорганической добавкой 136-157М или 50% эмульсии ГКЭ - 50-94М на ее основе в дорожном строительстве при бетонировании цементобетонного покрытия автомобильных дорог, к которым предъявляются требования повышенной морозо- и коррозионной стойкости к воздействию окружающей среды. Этим перечисленным требованиям соответствует добавка 136-157М [2;3], что может быть введена в бетонную смесь с водой затворения.[4]

Область применения гидрофобизирующей добавки

Для повышения свойств бетона на современном этапе применяются различные добавки как-то суперпластификаторы, а также добавки, управляющие кинетикой схватывания и твердения, воздухововлекающие добавки и пеногасители, дисперсные и тонкодисперсные минеральные наполнители.[5] Состав добавки должен соответствовать выбранной технологии и заданным свойствам бетона.

Кремнийорганическая добавка 136-157М, кроме бетона для покрытия дорог может быть использована в бетонах нормального твердения и в бетонах, подвергающихся тепловлажностной обработке, применяемых при изготовлении обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций для транспортного, гражданского, промышленного, гидротехнического и других видов строительства, в которых к сооружениям предъявляются повышенные требования морозо- и коррозионной стойкости. Также гидрофобизирующая кремнийорганическая добавка 136-157М хорошо зарекомендовала при возведении сооружений, к бетонам которым предъявляются требования по морозостойкости (до 200 циклов) и коррозионной стойкости, а также в бетонах внутренних зон массивных сооружений с целью снижения расхода цемента и тепловыделение бетонной смеси при изготовлении бетонных и железобетонных массивных и тонкостенных конструкций. Морозостойкость бетона однослойного или верхнего слоя двухслойного цементобетонного покрытия дорог общего пользования должна быть F 150, а класс бетона при сжатии В 35 (М 450) при изгибе $B_{тб} 4,4$ ($B_{тб} 60$).

Применение кремнийорганической добавки способствует повышению показателя однородности затвердевшего бетона, увеличивает предельную растяжимость, уменьшает усадку (примерно на 10% - 15%). Введение кремнийорганической добавки в оптимальной дозировке приводит к замедлению тепловыделения и загустения бетонной смеси, которое может быть использовано при строительстве в условиях сухого и жаркого климата при устройстве цементобетонного покрытия автомобильных дорог.

Оптимальная дозировка добавки 136-157М повышает солеустойчивость бетона в условиях капиллярного подсоса и испарения солевых растворов, водостойкость, а также: устойчивость к длительному и постоянному действию растворов соли, добавка не влияет на сцепление бетона с арматурой, несколько увеличивает прочность бетона при растяжении и при изгибе.

Использование кремнийорганической примеси 136-157М целесообразно при изготовлении конструкций покрытия на всех видах портландцементов, используемых в дорожном строительстве, при введении добавки в бетон вступает в химические реакции с продуктами твердения цемента, в результате чего выделяется водород, создавая равномерное распределение закрытых пор в бетоне.

Основные свойства бетонов изготовленных с добавкой 136-157М

Добавка кремнийорганического вещества 136-157М относится к типу полигидридосилоксанов натрия, повышает однородность, выносливость и предельную деформативность бетона, позволяет работать в области более высоких напряжений без возникновения микроразрушений и приводит к увеличению вероятности безотказной работы примерно на 25% - 30% по сравнению с бетоном без добавки. Одинаково эффективна в бетонах с различными затратами цемента.

Основные строительно-технические свойства бетонов, изготовленных с добавкой 136-157М представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные строительные свойства бетонов с добавкой 136-157М

Добавка	Марка бетона по прочности при сжатии	Морозостойкость бетона	Коррозионная стойкость в средах	Марка по водонепроницаемости
136-157М	400 - 500	150 - 200	Имеет повышенную устойчивость в растворах сульфатов, хлоридов, а также в морской воде при употреблении всех видов портландцементов	W4 –W6

Кремнийорганическая добавка 136-157М оказывает пластифицирующее и умеренно газовыделяющее действие на бетонную смесь, улучшает ее однородность, пластичность и удобоукладываемость, уменьшает расслоение во время транспортировки и укладки.

Рекомендуемая дозировка добавки 136-157М - (0,10 - 0,15)% от массы цемента, ее эффективность растет в бетонах с низким и средним расходом цемента и позволяет сократить расход цемента до 10% при сохранении заданной подвижности бетонной смеси, оптимальное количество добавки несколько замедляет твердения бетонов в ранние сроки, но до 28 суток их прочности сравниваются с прочностью бетонов без добавок.

Требования к материалам для приготовления бетона

Для приготовления бетонов с кремнийорганическими добавками должны применяться цементы, согласно нормативам. [6] На применяемые цементы должны быть паспорта заводов. Портландцементы должны быть повторно испытаны, если с момента изготовления цемента к его употреблению в бетоне прошло более трех месяцев.

Используются пески природные или с отсево дробления плотных изверженных горных пород.

Применение мелких песков с модулем крупности до 1,5 допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

В качестве крупного заполнителя для тяжелых бетонов с добавками кремнийорганических соединений может применяться щебень и гравий плотных горных пород (изверженных, метаморфических, осадочных).

Вода для приготовления бетонной смеси должна удовлетворять технические требования. [7]

Кремнийорганическая добавка 136-157М может поставляться в виде стопроцентной жидкости, что плохо смешивается с водой, или может поставляться в виде пятидесятипроцентной водной эмульсии ГКЭ - 50-94М, изготовленной на заводе, готовой к употреблению. Хранение жидкости и эмульсии проводится в металлической таре или таре из белой жести при температуре от 0 до + 20 °С.

Срок хранения кремнийорганической добавки 136-157М - не более шести месяцев.

Подбор состава бетона

Проектирование и подбор состава бетона с добавкой 136-157М можно проводить любым методом, обеспечивающим заданную прочность и другие физико-механические свойства бетона. При подборе состава бетона пробные замесы следует проводить на сухих заполнителях.

Состав бетона с добавкой подбирают в следующем порядке: устанавливают оптимальную дозировку, а затем вычисляют В/Ц по формуле:

$$R_6 = A \cdot R_c (Ц/В-0,5) \quad (1)$$

Значение В/Ц уменьшают в пределах от 0,01 до 0,1 в зависимости от заданной подвижности бетонной смеси, наличия и количества добавки. При введении добавки 136-157М в бетонную смесь величина водоцементного отношения может быть уменьшена на 0,03 - 0,05, возникает дополнительное умеренное газообразование в пределах 3% - 4%, что гарантирует получение необходимой морозостойкости (F 150) без снижения прочностных показателей бетона.

Корректировка состава бетона и определение оптимального количества добавки проводится согласно нормам. [4]

Технология приготовления бетонной смеси

Кремнийорганическая добавка 136-157М вводится в бетонную смесь с водой смешивания в размере 50% эмульсии ГКЭ - 50-94М.

Дозировка кремнийорганической добавки должно проводиться по массе или объему (для жидких добавок). Точность дозирования должна быть $\pm 2\%$ от количества добавки.

Приемный и затратный баки для водной эмульсии ГКЭ-50-94М должны быть изготовлены из материала не взаимодействующего с добавками, например, белой жести, латуни, черного металла с защитным покрытием.

Для качественного приготовления бетонной смеси с кремнийорганическими добавками должна строго соблюдаться та же последовательность загрузки компонентов, что и для бетона без добавок.

Бетонные смеси в состав которых входят кремнийорганические добавки, готовятся в бетономешалках свободного падения или принудительного действия.

Подвижность и другие свойства бетонных смесей определяются в соответствии с действующими нормами. Время от момента изготовления бетонных смесей с кремнийорганическими добавками до начала их укладки не должно превышать сроков, предоставленных в табл. 2.

Таблица 2 – Время хранения бетонной смеси в зависимости от ее температуры

Температура бетонной смеси при выходе ее из бетономешалки в °С	Время хранения бетонной смеси с добавкой, мин., не более
30 - 25	45
25 - 15	90
15 - 10	120

Время хранения бетонной смеси с добавками следует корректировать на месте производства работ на основании определения времени загустения бетонной смеси в конкретных условиях. При бетонировании конструкций, к которым предъявляются требования непрерывности укладки, время от момента приготовления бетонной смеси до конца уплотнения не должен превышать величин, приведенных в табл. 3.

Таблица 3 – Время от момента приготовления бетонной смеси с добавками до конца уплотнения в зависимости от температуры

Температура бетонной смеси в момент ее уплотнения, °С	Время от момента приготовления бетонной смеси до конца ее уплотнения, час
30 - 25	3
25 - 15	4
15 - 10	5

Для увеличения подвижности бетонной смеси, изготовленной из кремнийорганической добавки 136-157М, для уменьшения расхода цемента, улучшения технических свойств бетонов допускается совместное употребление добавок 136-157М и пластификаторов.

Подбор состава бетона с добавками пластификаторов проводится после выбора оптимальной дозировки пластификатора, что обеспечивает наилучший пластифицирующий эффект.

При производстве пробных замесов кремнийорганическая добавка вводится в раствор вместе с пластификатором или отдельно, примерно с половиной общего количества воды затворения.

Контроль за выполнением работ и качество бетона

Контроль за производством работ и качеством бетона дорожного покрытия должен осуществляться систематически, как и при изготовлении изделий из бетона без добавок.

Качество исходных материалов должно соответствовать всем нормативным требованиям. После окончания гарантийного срока хранения добавку необходимо проверять на соответствие ее всем показателям действующих нормативных документов, а также проверять ее пригодность к употреблению в лабораторных условиях.

В случае изменения вида цемента или партии добавки необходимо корректировать состав бетона.

Особенности контроля за приготовлением бетонной смеси с добавкой водной эмульсии ГКЭ - 50-94М заключаются в систематической проверке:

- а) плотности раствора рабочей или повышенной концентрации и соответствия ее заданной (осуществляется после приготовления новой порции эмульсии в каждой емкости)
- б) точности дозирования раствора эмульсий (не менее двух раз в смену);
- в) соответствия подвижности, жесткости и средней плотности бетонной смеси с добавкой (не менее двух раз в смену).

Определение гидрофобизирующего эффекта образцов цементно-песчаного состава проводится согласно нормативному документу. [8]

Для этого готовятся три образца из цементно-песчаного раствора состава 1:3 в виде лепешек диаметром от 10 см до 12 см и толщиной от 2 см до 2,5 см. После трехсуточной выдержки этих образцов при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(60 \pm 10)\%$ и выдержки в нормальных условиях 25 суток, их взвешивают с погрешностью не более 0,1 %, а затем помещают в водяную баню на 3 – 5 см над поверхностью воды и кипятят 8:00 ежедневно в течение трех суток. После окончания кипячения по этому режиму образцы охлаждают до температуры $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, вытирают влажной тканью, повторно взвешивают с погрешностью не более 0,1% и вычисляют водопоглощение.

Гидрофобизирующий эффект следует считать положительным, если он соответствует требованиям табл. 1.

Применение кремнийорганической добавки 136-157М в цементобетоне экономически выгодно, так как не требует специального оборудования, невысокая стоимость и низкий расход позволяют обеспечить эффективную защиту сооружений, конструкций и цементобетонных дорог на длительный период.

Литература

1. Ушеров-Маршак А. В., Циак М. Химические и минеральные добавки в технологии цемента и бетона. Труды международной научно-практической конференции: Современные бетоны, компоненты, технология и качество, Хортица, 2003.
2. ТУ 6-02-694 Кремнийорганическая жидкость. Технические условия.
3. ТУ 24.8-23-94-92-35-086-2001 Жидкость ГКЖ 136-157М. Технические условия. ПО «Кремнийполимер».
4. ДБН В.2.7-64-97 Строительные материалы. Правила применения химических добавок в бетонах и строительных растворах.
5. Петрова Т. М. Джаши Н. А. Смирнова О. М. Чистяков Э. Ю. Современные подходы к проектированию составов высокопрочных бетонов. Журнал «Строительный Тендер № 42», 2009.
6. ДСТУ Б В.2.7-43-96 Строительные материалы. Бетоны тяжелые. Технические условия.
7. ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.
8. ДСТУ Б В.2.7-65-97 Строительные материалы. Добавки для бетонов и строительных растворов. Классификация.