

# КЛЮЧ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОГ

Одним из важнейших направлений развития экономики России является совершенствование автодорожной сети: строительство и реконструкция магистралей федерального значения, внутригородских автострад, трасс, проложенных через крупные и мелкие населенные пункты. Наличие функциональных, развитых и надежных дорог определяет не только динамику основных экономических показателей регионов, поступлений в бюджет и уровень занятости населения, но и качество жизни граждан, время, потраченное на перемещение, стоимость доставки и, что самое важное, обеспечение безопасности дорожного движения и снижение уровня аварийности.

На дорогах различных категорий, согласно требованиям строительных норм, могут применяться два вида покрытий: асфальтобетонные и цементобетонные. У каждого из них есть свои технические преимущества и недостатки.

К наиболее значимым недостаткам цементобетонных дорог относятся длительность процесса строительства (в отличие от асфальтобетонных покрытий, эксплуатировать которые можно практически сразу после завершения работ по устройству), сложность проведения ремонтных работ и оценка полной стоимости строительства по прямым затратам и без учета жизненного цикла. Все это является препятствием для широкого использования данных технологий.

Инновационные разработки в цементной промышленности затруднены из-за консервативного и крайне зарегулированного подхода к производству и идентификации цементной продукции. Тем не менее грамотное и убедительное экономическое обоснование новых продуктов, их положительная роль в решении экологических проблем при гарантии стабильности качества и соблюдении требований государственных стандартов, позволяют сформулировать цели и задачи

развития, найти новые решения и создать дополнительную ценность инноваций для отрасли, в том числе в ходе реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги».

Именно эти вопросы и стали предметом масштабных исследований и разработки инновационного типа цемента на предприятиях АО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп».

Цементобетоны, применяемые в транспортном строительстве, подвергаются воздействию повторяющихся нагрузок от движения транспорта, многократному влиянию атмосферных факторов и противогололедных реагентов. Поэтому для обеспечения долговечности цементобетонных покрытий большое значение приобретают такие свойства бетона, как прочность на сжатие и изгиб. Эти свойства, в свою очередь, зависят от однородности структуры цементного камня, характеризующегося отсутствием пор, микротрещин и нарушений целостности как поверхностной, так и внутренней структуры бетона. То есть существует потребность в создании цемента, изготовленного на основе клинкера, обеспечивающего получение однородной структуры цементного камня без микроразрушений, характерных для данного материала.

Таким образом, цель разработки была определена как внедрение технологии получения клинкера, позволяющего получить цемент равномерной кинетики набора прочности на сжатие и на изгиб всех сроках твердения, а также обеспечить сопоставимую динамику твердения ранних сроков с применяемыми повсеместно цементами для дорожного строительства по ТР ТС 014\2011 при планомерном управлении риском возникновения внутренних дефектов структуры бетона и при сохранении плановых сроков устройства слоев износа и возведения дорожных конструкций.

Предложенный способ обеспечивает некоторые экономико-технические плюсы, такие как: снижение температуры обжига шлама до  $1350 \pm 10^\circ\text{C}$ , что увеличивает срок службы футеровки, обеспечивает существенное снижение выбросов  $\text{CO}_2$ , снижает себестоимость продукции. Особенностью заявленного способа является снижение температуры обжига на  $100^\circ\text{C}$ , в сравнении со стандартным обжигом при  $1450^\circ\text{C}$ , по причине пониженного коэффициента насыщения (0,80–0,86 при типовом значении для портландцементного клинкера 0,87 и выше) сырьевой смеси.

При таком уникальном составе сырьевой смеси высвободившийся при декарбонизации оксид кальция  $\text{CaO}$  образует в процессе химической реакции с оксидом кремния  $\text{SiO}_2$  в большом количестве минерал белит  $\text{C}_2\text{S}$ . Процесс образования белита является эндотермической (с поглощением тепла) реакцией, проходящей при более низких температурах. Донасыщение белита крем-

нием для перехода в алит при более высоких температурах для данного типа клинкера в большом количестве не требуется. Все это и приводит к снижению количества потребляемого в зоне спекания тепла и температуры обжига соответственно.

Состав шлама корректируется до достижения следующих значений параметров:

**КН = 0,83 ± 0,03**

**n = 2,40 ± 0,10**

**p = 0,95 ± 0,05**

После корректировки и перемешивания шлам поступает во вращающуюся печь для обжига, в которой его подвергают нагреву до 1350±10°C с последующим охлаждением.

Полученный клинкер имеет минералогический состав, указанный в табл. 1.

В составе клинкера присутствует трехкальциевый алюминат  $C_3A$  и почти равновесное содержание алита и белита, что обеспечивает заданную кинетику твердения и препятствует возникновению дефектов в конечном продукте – бетоне дорожных конструкций.

В связи с тем, что при обжиге используют беззолное топливо, значения модулей и коэффициента насыщения клинкера совпадают со значениями модулей и коэффициента насыщения сырьевой смеси.

Измельчение клинкера с гипсом и минеральными добавками производится до удельной поверхности 3200±200 см<sup>2</sup>/г и остатком на сите №008 1±0,5%, причем содержание SO<sub>3</sub> в цементе составляет 2,4–3,5%.

Полученный цемент имеет следующие сроки схватывания: начало – не ранее 210±20 мин., конец – не позднее 280±20 мин., при этом ложное схватывание отсутствует. Нормальная плотность цементного теста составляет 26,0±1,0%.

Таким образом, исходя из приведенных в табл. 2 данных, можно

Табл. 1. Химико-минералогический состав клинкера; %

	Белитовый цемент	ПЦ 500-Д0-Н ГОСТ 10178-85
Оксид кальция CaO	63±0,5	66±0,5
Оксид кремния SiO <sub>2</sub>	24±0,5	21±0,5
Оксид алюминия Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5±0,2	5,5±0,2
Оксид железа Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5±0,2	4,5±0,2
Оксид магния MgO	1,3±0,1	1,5±0,1
Оксид серы SO <sub>3</sub>	0,4±0,1	0,5±0,1
Щелочные оксиды (Na <sub>2</sub> O <sub>экв</sub> )	0,85±0,01	0,75±0,01
C <sub>3</sub> S (трехкальциевый силикат); %	38±2	65±2
C <sub>2</sub> S (двухкальциевый силикат); %	40±1	12±2
C <sub>3</sub> A (трехкальциевый алюминат); %	3,5±0,5	6,5±0,5
C <sub>4</sub> AF (четырекальциевый алюмоферрит); %	15±0,5	13,5±0,5

Табл. 2. Физико-механические свойства цемента на белитовом клинкере

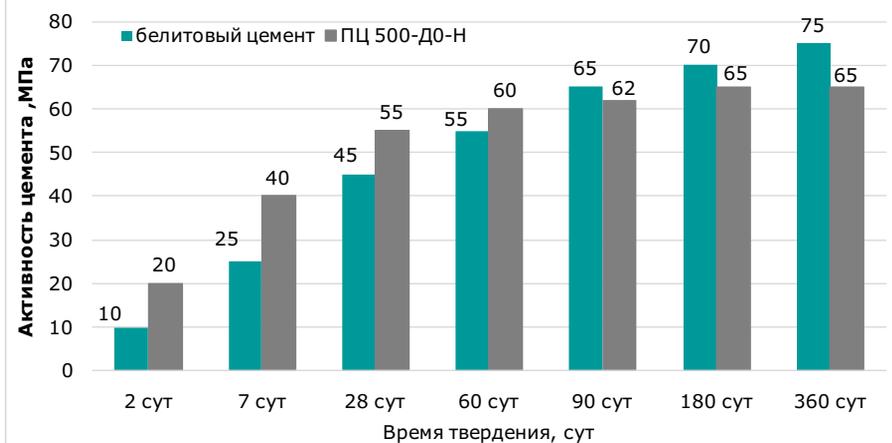
	Белитовый цемент	ПЦ 500-Д0-Н ГОСТ 10178-85
Тонкость помола: – остаток на сите №0045; % – удельная поверхность; см <sup>2</sup> /г	5±3 3500 ± 100	8,5± 3 3300 ± 100
Сроки схватывания: – начало, не ранее; мин. – конец, не позднее; мин.	210±20 280±20	175±20 220±20
Нормальная плотность цементного теста; %	26,0±1,0	26,5±1,0
Предел прочности при сжатии: – в возрасте 2 суток; МПа – в возрасте 7 суток; МПа – в возрасте 28 суток; МПа – в возрасте 60 суток; МПа – в возрасте 90 суток; МПа – в возрасте 180 суток; МПа – в возрасте 360 суток; МПа	10±2 25±2 45±2 55±2 65±2 70±2 75±2	20±2 40±2 55±2 60±2 62±2 65±2 65±2

сделать вывод, что цемент на основе предложенного белитового клинкера, по сравнению с цементами ПЦ 500-Д0-Н ГОСТ 10178-85, имеет более равномерную и плавную кинетику набора прочности во все сроки твердения, что обусловлено низким содержанием

трехкальциевого алюмината  $C_3A$  и почти равновесным содержанием алита и белита.

Плавная кинетика набора прочности подразумевает начальную прочность цемента вдвое меньше, чем ПЦ 500-Д0-Н ГОСТ 10178-85,

**Кинетика набора прочности цемента на белитовом клинкере vs общестроительного цемента**



прочность которого в ранние сроки составляет более 20 МПа. В то же время такая кинетика твердения цемента обеспечивает формирование однородной структуры, препятствующей образованию пор и микротрещин в цементобетонном покрытии, что, соответственно, повышает прочность и выносливость бетона в жестких условиях его эксплуатации, при повторяющихся разнонаправленных нагрузках движения транспорта и многократном воздействии атмосферных, технологических и коррозионных процессов: обработки покрытия антигололедными реагентами на основе солей, разрушений цементобетонных покрытий вследствие карбонизации, воздействия морозной деструкции, ударных механических нагрузок и так далее (см. график).

В качестве карбонатного компонента при данном способе произ-

водства допускается использовать мел, мергель, известняк, мрамор с содержанием CaO не менее 35–60%, в качестве глинистого компонента – глину, суглинки с содержанием SiO<sub>2</sub> 45–70%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5–20% и высокоалюминатные глины, бокситы или побочные продукты металлургического производства с содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 20–50% в качестве глиноземного компонента. В качестве кремнеземного компонента используют песок, опоку, трепел, диатомит с содержанием SiO<sub>2</sub> 70–95%.

Практическое обоснование свойств и характеристик работы белитового цемента нашло свое положительное подтверждение при проведении работ по укреплению грунтов участка автодороги Карцево – Баранцево протяженностью 1,2 км (Калужская область, Мещовский район), где в условиях межсезонного бездорожья и практически полной оторванности от транспортных

артерий проживают несколько сотен людей.

Прошел год испытаний, и можно подводить первые итоги:

- темпы строительства с применением инновационного цемента сопоставимы с традиционными аналогами портландцемента ПЦ 500-Д0-Н ГОСТ 10178-85;
- расходы сократились на 7–10%, при этом нет проблемных участков или участков с видимыми повреждениями, текущие испытания участка трассы подтвердили полное соответствие проектным значениям;
- отсутствуют следы морозной, термической или коррозионной деструкции.

Продолжающиеся испытания бетонов на белитовом цементе, запроектированных на высокие требования по долговечности и коррозионной стойкости, также подтвердили плавный набор прочности, низкую экзотермию образцов, высокую сохраняемость подвижности бетонной смеси во времени (не менее 2,5 часов без потери подвижности), морозостойкость и морозосолеустойкость свыше 300 циклов по ГОСТ 10060-2012. Сюда же следует отнести снижение расхода химических добавок-модификаторов равноподвижных смесей до 10%, получение плотной и особоплотной структуры бетона, гарантирующей W12-W16 при умеренных расходах цемента, то есть не более 350 кг/м<sup>3</sup> для конструкционных бетонов В30-В40 Вtb 4.0-Вtb4.8 П1.

**Н.В. Стржалковская,**  
руководитель департамента  
по техническому маркетингу  
АО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

Холдинг «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» рассматривает инновационную деятельность как комплекс решений сложных задач строительной отрасли, призванных минимизировать риски и создать благоприятную среду для внедрения новых технологий в повседневную практику строительства

долговечных и экологичных сооружений и конструкций.

«ЕВРОЦЕМЕНТ групп» запатентовал способ получения белитового клинкера и цемента высоких эксплуатационных характеристик, тем самым холдинг подтвердил статус ведущего игрока

цементной отрасли Российской Федерации и ЕАЭС. Это событие чрезвычайно важно еще и тем, что впервые за последние 25 лет разработку инновационных цементах взял на себя действующий производитель портландцементов, а не научно-исследовательский институт или вуз.



ИННОВАЦИОННЫЕ  
ЦЕМЕНТЫ

для долговечности  
цементобетонных  
дорог

8-800-700-63-63  
[www.eurocement.ru](http://www.eurocement.ru)

Уважаемые коллеги!

**Примите искренние поздравления с профессиональным праздником – Днем работника дорожного хозяйства!**

Дороги, как артерии, связывают разделенные сотнями и тысячами километров субъекты и населенные пункты России. Развитая дорожная инфраструктура – это ценный ресурс, который во многом определяет экономическое благополучие страны, обеспечивает свободу передвижения каждого из нас.

От качества работы дорожников зависят жизнь и безопасность тысяч водителей, пассажиров и пешеходов. За каждым километром трассы – ваш напряженный труд, ответственное отношение к делу, высокий профессионализм.

Желаю вам успехов, благополучия и дальнейшей успешной работы по развитию и модернизации национальной сети дорог.

Генеральный директор  
Холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»  
В.В. Шматов