

# ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА МЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

## CEMENT CONCRETE PAVEMENT ON LOCAL MOTOR ROADS



**А. В. Бусел**,  
доктор технических наук,  
профессор, декан факультета  
транспортных коммуникаций  
Белорусского национального  
технического университета,  
г. Минск, Беларусь

**В. М. Домненко**,  
главный инженер  
ОАО «Дорожно-строительный  
трест № 3», г. Могилев,  
Беларусь

**Р. Г. Кротов**,  
директор ООО «Прогрессивные  
технологии бетона», г. Минск,  
Беларусь

В статье представлен опыт строительства местных автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями. Показана высокая эффективность данных покрытий при воздействии тяжелой транспортной нагрузки от сельскохозяйственных машин в период сложных погодных-климатических условий, а также целесообразность использования местных сырьевых источников для снижения стоимости их строительства.

The article describes the experience of construction of local roads with cement concrete pavement. The high efficiency of these coatings when exposed to heavy traffic loads from agricultural machinery in the period of difficult weather and climatic conditions, as well as the feasibility of using of local raw materials to reduce the cost of their construction are shown.

### Введение

Развитие сельского хозяйства в Республике Беларусь невозможно без качественных дорог, способных воспринимать воздействие тяжелой сельскохозяйственной техники. Современные энергонасыщенные машины перевозят сельскохозяйственную продукцию главным образом в осенний период, когда наблюдаются сложные дорожные условия вследствие обводненности конструктивных слоев при интенсивных осадках и перехода температуры покрытия через 0 °С при ночных заморозках. В таких условиях традиционные асфальтобетонные покрытия на местных дорогах интенсивно разрушаются (рис. 1)



Рисунок 1 – Разрушение асфальтобетонного покрытия на повороте к сельхозугодьям

Опыт строительства местных цементобетонных дорог показывает, что они способны длительный срок работать в сложных дорожных условиях. До 1997 года в Республике Беларусь было построено более 800 км таких дорог [1], и они до настоящего времени интенсивно эксплуатируются с минимальными затратами на их содержание.

В 1986 г. для строительства цементобетонных дорог было закуплено 5 бетоноукладчиков Gomaco GP 2000 на гусеничном ходу с максимальной шириной укладки 5 м. Многие дорожники помнят, как работали эти машины. Один из укладчиков сохранился в ДСУ № 14 ОАО «ДСТ № 3» (рис. 2).



Рисунок 2 – Бетоноукладчик Gomaco GP 2000

### Опыт применения бетонов с глиносолевыми отходами

Для перехода на новый уровень строительства местных цементобетонных дорог необходимо опираться на уже накопленный положительный опыт, который имеется в дорожных организациях. Так, для повышения устойчивости бетона в сложных климатических и эксплуатационных условиях в ДСУ № 38 ОАО «ДСТ № 3» было построено более 20 км дорог с использованием глиносолевых отходов (ГСО) ОАО «Беларуськалий».

ГСО содержат в своем составе, масс. %: хлорид натрия 19–35, хлорид калия 15–17, сульфат кальция 0,1–2,0, сульфат магния 0,1–2,0, нерастворимый в воде остаток 40–70. По минералогическому составу нерастворимый остаток

представлен смесью 60 %–85 % алюмосиликатных минералов (гидрослюда с примесью монтмориллонита и гидрохлорита) и 15 %–40 % карбонатосодержащих пород (доломит, кальцит).

Известно [2], что глины обычно используются в количестве 15 %–30 % в составе сырьевой смеси при получении цемента. В основном применяют каолиновые, монтмориллонитовые и гидрослюдистые глины. ГСО содержат оксиды, необходимые для образования клинкерных минералов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (таблица 1), поэтому их присутствие в составе бетонов было оправдано.

При принятии решения об использовании ГСО в качестве добавки в дорожный бетон учитывалось, что введение монтмориллонита и гидрослуд улучшит удобоукладываемость бетонной смеси и снизит водовяжущее отношение. Мелкие глинистые частицы способны удерживать воду, постепенно отдавая ее цементу, что улучшает его равномерное твердение. При этом потеря воды приводит к усадке глинистых частиц и образованию замкнутых пор.

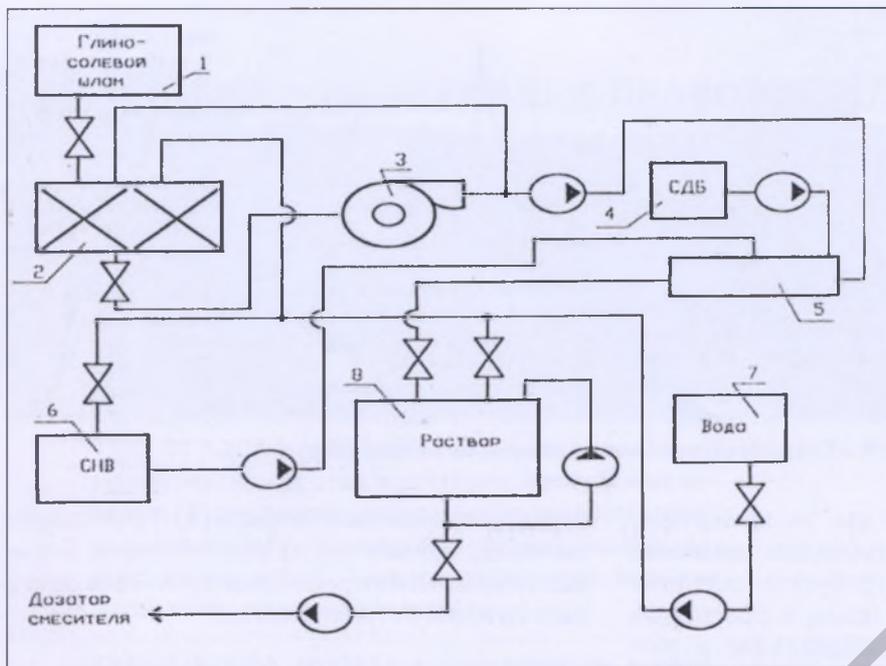
Вторым фактором, способствующим данному техническому решению, явилось наличие в ГСО мелкодисперсных частиц доломита и кальцита, которые могут ускорять твердение цемента, являясь центрами кристаллизации. Кроме того, эти частицы снижают усадку цементного камня при твердении.

В-третьих, учитывалось наличие в составе ГСО хлоридов натрия и калия, способствующих ускорению процесса набора прочности бетона, что позволяет расширять строительный сезон за счет возможности зимнего бетонирования. Присутствие незамерзающего раствора солей (при температуре до минус 18 °С–21 °С) в порах бетона увеличивает его морозостойкость при воздействии суточных перепадов температуры.

Для получения максимального эффекта необходимо было равномерно распределить ГСО в объеме бетона и обеспечить высокую площадь его контакта с цементом, поскольку нарушение данного требования могло привести к дефектообразованию в структуре цементного камня и снижению его прочности. Для этого была разработана специальная технология введения ГСО в состав бетона. С помощью института «Белгорхимпром» была создана технологическая линия, схема которой приведена на рисунке 3.

Таблица 1 – Химический состав проб ГСО

Проба	Содержание оксидов, масс. %										
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	CaO	MgO	$\text{SO}_3$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	п.п.п	$\Sigma$
1	29,84	6,89	3,52	0,38	9,80	6,25	2,23	5,85	15,32	20,00	100,08
2	19,90	4,51	2,84	0,25	7,84	3,63	1,33	17,38	13,97	27,93	99,58



- 1 – приемная емкость глиносолевого шлама;
- 2 – смесительная емкость;
- 3 – насос-диспергатор;
- 4 – емкость для СДБ;
- 5 – мерная емкость;
- 6 – емкость для СНВ;
- 7 – резервуар для воды;
- 8 – емкость для раствора добавок

Рисунок 3 – Технологическая схема введения глиносолевого шлама в цементнобетонную смесь

Глиносолевой отход в смесительной емкости перемешивался с водой, и полученная суспензия подавалась в насос-диспергатор, где за счет кавитационных процессов происходила ее активация и диспергирование. Суспензия ГСО смешивалась с другими добавками и водой, полученная смесь использовалась для затворения бетона. Изготовленный по такой технологии бетон имел более высокую прочность в сравнении с обычно применяемым бетоном для дорожных покрытий (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Составы бетонной смеси

Наименование материала	Расход материалов, масс. %	
	Состав № 1 (обычный)	Состав № 2 (новый)
Щебень фр. 5-20 мм	18,37	18,48
Щебень фр. 20-40 мм	27,40	27,53
Песок	31,55	31,78
Цемент	14,53	13,08
Вода	6,15	5,67
Глиносолевой отход	-	1,46
СНВ	0,18	0,18
СДБ	1,82	1,82

Прочность бетона на сжатие оценивали по результатам испытания образцов-кубов с размером ребра 100 мм, прочность на растяжение при изгибе – призм квадратного сечения размером 100×100×400 мм, прочность на растяжение при раскалывании – образцов-кубов с ребром 100 мм.

Таблица 3 – Прочностные показатели бетона на 28 сутки твердения

Номер состава	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Прочность на растяжение при раскалывании, МПа
1	23,9	4,1	1,2
2	39,1	5,7	2,3

Из приведенных данных следует, что при замене 10 мас. % цемента на ГСО механические характеристики бетона возрастали. Эти положительные результаты и послужили основанием для практического применения бетона с ГСО для строительства местных дорог.

В результате производственный опыт показал, что введение ГСО в количестве 4 %–12 % от массы вяжущего способствует увеличению скорости твердения бетона (за 14 суток бетон набирал стандартную прочность), обеспечивает повышение морозостойкости (потери прочности и массы после 150 циклов ниже, чем у обычного бетона), приводит к улучшению удобоукладываемости цементобетонной смеси (требуемая осадка конуса, равная 2 см, наблюдалась при содержании воды на 6 %–9 % меньше, чем в контрольном составе).

Было построено 21,3 км местных цементобетонных дорог и сэкономлено 765 тонн цемента. За покрытиями на дорогах Каменка – Слобода, Левковщина – Красница и Слобода – Сластины было установлено наблюдение, которое показало длительную устойчивость цементобетона (рис. 4) к воздействию транспорта, погодноклиматических факторов, противогололедных реагентов (срок эксплуатации более 25 лет).



Рисунок 4 – Современное состояние цементобетонного покрытия

Необходимо отметить, что за цементобетонными покрытиями необходим должный уход. Главным образом требуется периодическая очистка и заливка швов, в противном случае наблюдается их заклинивание и разгерметизация, что приводит к деформациям и разрушению краев плит, раскалыванию, появлению «клавишности» при размывах основания в зоне шва.

Современные технологии позволяют выполнить эффективный ремонт таких покрытий, а применяемые материалы обеспечивают быстрое твердение отремонтированных участков и их введение в эксплуатацию. Так, быстротвердеющие высокопрочные бетоны, полученные с использованием добавок в виде микрокремнезема и зол-уноса, имеют явное преимущество

перед традиционным бетоном [3]. Практика показывает, что затраты на ремонт старых бетонных покрытий не превышают 10%–12% от стоимости нового строительства.

### Заключение

В условиях жесткой экономии средств следует иметь программу восстановления уже построенных местных бетонных дорог.

Возобновление строительства местных цементобетонных дорог в ОАО «ДСТ № 3» (рис. 5) с помощью старого укладчика показало, что практические навыки работы не утрачены бесследно и могут получить новое развитие после принятия соответствующих управленческих решений.



Рисунок 5 – Участок цементобетонной дороги, уложенный в 2014 году

### Список использованной литературы

1. Яромко, В. Н. Проблемы строительства цементобетонных покрытий в современных условиях // Автомобильные дороги и мосты. – 2014. – № 1 (13). – С. 5–10.
2. Микульский, В. Г., Сахаров, Г. П. и др. Строительные материалы. – М.: ИАСТВ, 2007. – С. 196–205.
3. Бусел, А. В., Кротов, Р. Г., Чистова, Т. А. Поведение деформационных швов на автодорожных мостах при интенсивном движении транспорта // Дороги Содружества Независимых Государств. – 2015. – № 6 (47). – С. 91–95.

Статья поступила в редакцию 29.09.2015.