

Клюев С. В., канд. техн. наук, доц., докторант,

Авилова Е. Н., соискатель

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

## БЕТОН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ СЛАНЦЕВОГО ЩЕБНЯ\*

Klyuyev@yandex.ru

*В статье рассмотрены вопросы применения сланцевого щебня для оснований автомобильных дорог. Разработаны бетоны на основе сланцевого щебня и композиционных вяжущих для дорожного строительства.*

**Ключевые слова:** бетон, техногенный песок, сланцевый щебень, композиционное вяжущее.

Реализация приоритетных национальных проектов подразумевает новый этап в развитии и становлении дорожной сети России. Он характеризуется переходом на создание сложных композитных конструкций дорожных одежд полифункционального значения, которые обеспечивают повышенную комфортность, долговечность и высокие транспортно-эксплуатационные свойства автомобильных дорог. Такой качественный скачок возможен за счет реализации концепции перехода на строительство укрепленных конструкций дорожных одежд. Снижение материалоемкости и себестоимости строительства подобных, безусловно, дорогих инженерных сооружений, до уровня традиционных конструкций возможно за счет применения местных сырьевых ресурсов и, в первую очередь, техногенного сырья [1–7]. Об этом свидетельствует структура себестоимости строительства автомобильных дорог, где стоимость строительных материалов составляет около 20 %. В то же время на территории многих регионов Российской Федерации ощущается дефицит щебня

Это предопределяет необходимость широкого использования для строительства, как оснований, так и покрытий автомобильных дорог мелкозернистых бетонов (МЗБ) с использованием местного сырья и отходов промышленности. Недостатком применения тонкодисперсных песков является вынужденный перерасход вяжущего. Для снижения самого дорогостоящего компонента бетонной смеси – цемента – актуальной является разработка композиционных вяжущих веществ, обладающих повышенной активностью.

Применение мелкозернистого бетона на ос-

нове ВНВ, ТМЦ и техногенных песков для устройства укрепленных оснований позволит не только исключить дорогостоящий щебень, вследствие чего снизится материалоемкость дорожных одежд, но и в значительной степени улучшить экологическую обстановку, благодаря утилизации отходов, сотни миллионов тонн которых скопились в отвалах и хвостохранилищах горно-добывающих и горно-обогатительных комбинатов РФ [8–11].

В связи с этим целью данной работы явилась разработка эффективных бетонов на основе сланцевого щебня и композиционных вяжущих для дорожного строительства.

В данной работе исследовалась возможность получения бетона для строительства оснований автомобильных дорог на основе щебня из метаморфических сланцев Старооскольского железорудного бассейна КМА [12, 13].

Для изготовления бетонов применяются многие попутно добываемые породы Курской магнитной аномалии, такие как кварцитопесчаники, малорудные кварциты, амфиболиты и сланцы. Ценным сырьем для получения заполнителя для дорожных бетонов являются метаморфические сланцы, представляющие собой микрозернистые породы от темно-серого до черного цвета, с шелковистым блеском плоскости раскола, сланцеватой, иногда микроплойчатой или линзовидно-полосчатой текстуры. Второстепенные минералы состоят из кварца, биотита и серицита. Рудные минералы – пирит и магнетит. В зоне выветривания по хлориту развивается биотит, сульфидам – гидроокислы железа. Основным породообразующим минералом является кварц (табл. 1).

Таблица 1

**Минеральный состав, масс. %**

Наименование породы	Содержание минералов, масс. %						
	кварц	слюда	серпентин	Полевой шпат	кальцит	Пироксенмагнетит, гематит	доломит
Кристаллический сланец	До 65	35-40	-	-	-	-	-

По данным химического и гранулометрического анализа содержание кварца составляет 73,4-95 %. Поскольку сланцы – это метаморфизованная твердая порода, при дроблении которой в мелкую фракцию переходят минералы, содер-

жащие кремнезем, а оксиды железа и другие компоненты остаются в более грубодисперсном отсеке, то при измельчении сланцев тонкодисперсная фракция отсева обогащается кремнеземом (табл. 2).

Таблица 2

**Химический состав сланцев**

Содержание оксидов, масс. %											
Наименование породы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
сланец	63,13	14,9	0,67	1,59	5,23	0,68	3,24	0,32	4,45	1,07	4,47

Анализ сырьевых ресурсов КМА показал, что возможно использование в качестве заполнителя для дорожного бетона кристаллических

сланцев Старооскольского железорудного бассейна КМА (табл. 3).

Таблица 3

**Сравнительная характеристика сырьевых ресурсов КМА**

Характеристики щебня	Образец щебня		
	Кварцито-песчанник	Сланцевый щебень	Гранит
Зерновой состав по фракциям			
200 мм	15,6	9,8	3,2
135 мм	62,5	58,2	49,8
70 мм	21,3	92,4	46,7
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,6	0,85	0,3
Содержание глины в комках, %	-	-	-
Содержание зерен слабых пород, %		5	3
Зерна лещадной формы, %	35	44,1	11
Марка по механической прочности	1200	800	1200
Морозостойкость	200	200	200
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1390	1350	1380
Марка по истираемости	И1	И1	И1

Основной задачей при получении бетонов является снижение расхода клинкерной составляющей, т.к. идет перерасход цемента. Наиболее существенными факторами снижения содержания цемента в бетонах является уменьшение водопотребности бетонной смеси и повышение активности вяжущего. И поэтому с этой точки зрения перспективным направлением повышения эффективности бетона является применение композиционных вяжущих.

Вяжущее низкой водопотребности – ВНВ-50 на основе отходов мокрой магнитной сепарации получали путем совместного помола до удельной поверхности 500 м<sup>2</sup>/кг портландцемента и пластифицирующей добавки СП-1 в опти-

мальной дозировке + отходы мокрой магнитной сепарации (отходы ММС).

Вяжущее низкой водопотребности – ВНВ-50 на основе отсева дробления кварцито-песчанника получали путем совместного помола до удельной поверхности 500 м<sup>2</sup>/кг портландцемента и пластифицирующей добавки СП-1 в оптимальной дозировке + отсев дробления кварцито-песчанника (отсев КВП).

Были определены основные характеристики разработанных вяжущих (табл. 4). Как видно из результатов исследований, вяжущее ВНВ-50 на основе КВП характеризуется более высокой активностью по сравнению с цементом ЦЕМ I 42,5 Н и ВНВ-50 на отходах ММС.

Таблица 4

**Физико-механические характеристики вяжущих**

№ п/п	Вид вяжущего	Кол-во добавки Полипласт СП-1, %	Нормальная густота теста, %	Сроки схватывания час – мин		Активность вяжущего МПа	
				начало	конец	на изгиб	на сжатие
1	ЦЕМ II/A-III 32,5	-	27,0	2-40	4-20	5,8	39,8
2	ВНВ-50 (КВП)	0,6	25,3	2-10	4-10	9,4	56,3
3	ЦЕМ I 42,5 Н	-	26,5	3-00	4-50	8,4	48,6
4	ВНВ – 50 (ММС)	0,6	25,4	2-40	4-00	6,2	46,3

Для оценки возможности применения сланцевого щебня как сырья для производства бетона были разработаны составы бетона с использованием в качестве заполнителя сланцевого

щебня. В качестве вяжущего применялось ВНВ-50 (ММС), ВНВ-50 (КВП) и портландцемент Цем I 42,5Н (табл. 5).

Таблица 5

## Физико-механические свойства бетона

№ п/п	Состав бетона				Вид вяжущего	В/Ц	Прочность при сжатии, МПа	R <sub>изг</sub> , МПа	M <sub>рз</sub> , циклов	Подвижность бетона, см
	Вяжущее	щебень кг/м <sup>3</sup>	песок кг/м <sup>3</sup>	вода л/м <sup>3</sup>						
1	225	1320	620	161	ЦЕМ I 42,5 Н	0,7	10,2	2,3	100	12,4
2	225	1320	620	161	ВНВ – 50 (ММС)	0,7	11,4	2,1	100	13,2
3	225	1320	620	161	ВНВ-50 (КВП)	0,7	12,5	2,7	100	13,5

Исследования физико-механических характеристик показало, что свойства бетонов изготовленных на ВНВ-50 (КВП) во всех случаях превышают характеристики образцов аналогичного состава, изготовленных на других вяжущих и так позволяет существенно снизить расход клинкерной составляющей.

В связи с высокой интенсивностью движения на дорожном полотне, большое значение имеет изучение деформативных характеристик. Одной из основных характеристик деформирования бетона является модуль упругости, для определения которого испытывались призмы в 28-суточном возрасте в точном соответствии с требованиями ГОСТ 24452. Продольные деформации призм замерялись с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм (табл. 6).

Таблица 6

## Деформативные свойства бетона

№ п/п	Вид вяжущего	Модуль упругости, МПа	Призменная прочность, МПа
1	ВНВ – 50 (ММС)	6,1	7,6
2	ЦЕМ II/A-42,5Н	5,5	6,9
3	ВНВ-50 (КВП)	5,8	7,3

Исследовав деформативные показатели, были получены следующие результаты, дающие основание сделать вывод о том, что на основе щебня из метаморфических сланцев Староскольского железорудного бассейна КМА возможно получение бетонов для дорожных оснований, соответствующих нормативной документации для данного вида строительства.

Установлено увеличение деформативных характеристик бетона на ВНВ-50 (ММС) по

сравнению с бетоном на цементе Цем I 42,5Н на 11 % .

Применение же композиционных вяжущих, таких, как ТМЦ-70 и ВНВ-70, позволяет, в свою очередь, повысить характеристики бетона по сравнению с аналогичными составами на основе цемента, что объясняется более плотной структурой цементного камня самих композиционных вяжущих и, следовательно, бетонов на их основе, а также меньшей пористостью.

Таким образом, доказана возможность получения дорожных бетонов за счет использования композиционных вяжущих, заполнителя из кристаллических сланцев и суперпластификаторов.

*\*Работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, грант № 14.В37.21.1487, тема: «Разработка научных и практических основ создания композиционных вяжущих на основе техногенного сырья с целью производства фибробетона для ремонтных работ», при финансовой поддержке в виде гранта президента Российской Федерации МК-2715.2012.8 по теме: «Разработка научных и практических основ повышения эффективности мелкозернистого фибробетона на основе техногенного песка и композиционного вяжущего для промышленного и гражданского строительства».*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для производства мелкозернистого бетона армированного фибрами / А.В. Клюев, С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, Михайлова О.Н. // Вестник Белгородского государственного тех-

нологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 81–84.

2. Ключев С.В., Авилова Е.Н. Мелкозернистый фибробетон с использованием полипропиленового волокна для покрытия автомобильных дорог // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 37–40.

3. Лесовик Р.В. К проблеме использования техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов и изделий на их основе // Строительные материалы. 2007. № 9. Прил. «Наука». № 10. С. 13–15.

4. Лесовик Р.В. Техногенный песок в дорожном строительстве // Строительные материалы. 2009. № 12. С. 48 – 50

5. Лесовик Р.В., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов алмазобогащения // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 30–31.

6. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов / В.В. Строкова, Н.И. Алфимова, Ф.А. Наваретте велос, М.С. Шейченко // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 32–33.

7. Пути повышения эффективности мелкозернистого бетона / Р.В. Лесовик, А.И. Топчиев, М.С. Агеева, М.Н. Ковтун, Н.И. Алфимова, А.П.

Гринев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 7. С. 16–17.

8. Лесовик Р.В., Агеева М.С. Высокопрочный бетон для покрытий автомобильных дорог на основе техногенного сырья // Строительные материалы. 2005. № 5. С. 46–47.

9. Лесовик Р.В. Комплексное использование хвостов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов // Горный журнал. 2004. № 1. С. 76–77.

10. Лесовик Р.В. Мелкозернистый бетон для дорожного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 11. С. 92–95.

11. Лесовик Р.В., Ключев С.В. Техногенные пески для производства высококачественного фибробетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. №8. С. 31–33.

12. Ворсина М.С. Укатываемые бетоны для дорожного строительства на основе отходов КМА: дис. ... к.т.н. Белгород 2005. 183 с.

13. Сырьевые материалы для строительства жестких дорожных одежд / А.М. Гридчин, В.С. Лесовик, В.В. Строкова // Сооружения, констр., технологии и строительные материалы XXI века: Сб. докл. II Междунар. конф. – шк. – сем. молод. учен., асп. и доктор.: Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. Ч.2. С. 208–210.