

**А.И. ПОЛТОЯЙНЕН****СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД В ВОПРОСЕ ШТУЧНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ДОРОГ И ТРОТУАРОВ***MODERN APPROACH TO PIECE CEMENT CONCRETE PRODUCTS FOR ROADS AND PAVEMENT*

*Проблема экологии, утилизации промышленных отходов наталкивает на поиск оптимальных составов для бетонов. Рассмотрен вопрос современных покрытий для дорог и тротуаров. Исследованы области взаимодействия тротуарных изделий и отходов промышленного металлургического производства. Показаны преимущества цементосодержащего материала перед асфальтобетонными дорожками: экологичность, долговечность, качество. Представлены результаты экспериментов на основании эмпирических данных и их расшифровка.*

**Ключевые слова:** тротуарная плитка, проблема долговечности изделий из бетона, доменный шлак как возможность замены гранитного щебня, утилизация промышленных отходов.

Тротуарная плитка, благодаря своим уникальным качествам, долговечности, стоимости и красивому опрятному внешнему виду, часто используется городскими службами для благоустройства территории. Цементная плитка прошла все этапы развития – от штучной каменной брусчатки до многомиллионного производства современных штучных изделий для укладки тротуаров и дорог.

Проблема долговечности дорожного покрытия в России крайне актуальна. История внедрения тротуарной плитки в дорожное строительство берет свое начало еще с XIX в. Первоначально использовались массивные железобетонные плиты четких квадратных и прямоугольных форм. Однако сейчас, из-за простоты изготовления материала и его высокого спроса, производители зачастую используют дешевые материалы, что в итоге сказывается на качестве и долговечности изделия [1-12].

Преимущества цементосодержащего материала перед асфальтобетонными дорожками заключаются в следующем:

- *экологичность*. Цементобетон отлично выдерживает температурные перепады, не выделяя в атмосферу вредных для человека веществ; природные процессы, такие как водо- и газообмен, не нарушаются;

*The problems of ecology, of industrial waste utilization lead to search of optimal concrete mixtures. The question of modern coatings for roads and sidewalks is viewed. The interactions of paving products and industrial wastes of metallurgical production are studied. The advantages of cement in comparison with asphalt-concrete materials are shown – their environmental compatibility, sustainability, quality. Experimental results are given on the basis of empirical data and their meanings.*

**Keywords:** pavement slabs, problem of durability of concrete products, blast furnace slag as an opportunity to replace crushed granite, industrial waste utilization.

- *эстетичность*. Тротуарная плитка производится различных фактур и цветов, что позволяет реализовать любые дизайнерские задумки, создавая гармоничную композицию;

- *долговечность*. При качественной укладке плитки, тротуар может прослужить более 10 лет, выдерживая сезоны заморозки и оттаивания. Плитка отличается высокой прочностью и низкой истираемостью;

- *универсальность*. Плитка может использоваться на участках разного функционального назначения; широкий выбор конструкций и форм открывает практически безграничные возможности при благоустройстве;

- *комфорт*. Поверхность, вымощенная плиткой, лишена скопления воды в виде луж за счет заполнения межплиточных швов песком, исключая, таким образом, образование гололеда в зимний период времени.

Немаловажным является и то, что при необходимости есть возможность замены отдельных элементов.

Все вышеперечисленные характеристики в сочетании с низкой себестоимостью и высокой технологичностью продукции заметно увеличивают

покупательскую потребность. В Европе и США тротуарная плитка используется не только при укладке пешеходных зон, а также в местах движения большегрузного и технологического транспорта (аэропорты, аэродромы, места складирования грузов, морские терминалы и т.д.).

Такие материалы, как портландцемент, крупный и мелкий заполнители, вода, химические добавки, широко используются и выбираются исходя из стоимости, для получения большей прибыли. Использование же отходов промышленности может повысить физико-механические свойства готового изделия, а также привести к сокращению расходов на сырье. При использовании такого отхода, как доменный шлак в качестве крупного заполнителя, повышается долговечность плитки. Компонент имеет стекловидную поверхность, которую необходимо дополнительно выщелачивать, чтобы преобразовать гладкую форму в шероховатую, тем самым увеличивая поверхность сцепления с цементом.

Исследования по внедрению отходов проводятся давно не только учеными нашей страны, но и зарубежными коллегами. Многие исследования свидетельствуют об улучшенных показателях бетонных изделий при исследовании щелочных активаторов, таких как алюмокальциевый и алюмощелочной шламы. В нынешнем дорожном строительстве применяются разнообразные полимерные и прочие добавки, позволяющие увеличить сроки службы материала в 3-4 раза. Однако себестоимость битумных материалов гораздо экономичнее в эксплуатации, чему свидетельствует большая часть дорог России. Отечественная дорожная отрасль пока несколько отстает от общепринятых трендов, однако при строительстве современных комплексов бетонам отдают предпочтение, как нижнему слою.

В настоящее время проблема экологии, утилизации промышленных отходов наталкивает на поиск оптимальных составов для бетонов. Использование доменного шлака—вторичного продукта металлургической промышленности позволяет заменить природный гранитный щебень.

Главным достоинством составов с доменным шлаком является долговечность и высокая прочность готового дорожного покрытия. Но, учитывая стекловидную поверхность шлака, необходима дополнительная активация щелочью, такой является шлак-отход нефтеперерабатывающих комбинатов.

Использование шлака в бетоне известно еще в 1940-х гг., но более глубокие исследования проводились в 1950-1970-е гг. в Восточной Европе и Сканди-

навских странах, под эгидой нового термина «геополимербетон».

Однако само использование подобных составов не столь велико и не имеет большого распространения в дорожном строительстве.

Исследователи столкнулись с проблемой недолговечности подобных составов. Это объясняется тем, что при формировании составов необходима четкая дозировка щелочи, которая работает со шлаком, изменяя стекловидную поверхность на более пористую для лучшего сцепления клинкера. В процессе также важен технологический процесс взаимодействия компонентов и их последовательность введения в шихту. В работе тщательно подобрана последовательность введения материалов. Так, используя разработанную методику затворения составов, исходя из эмпирически сложившихся умозаключений, можно утверждать, что используемая вода была разделена на две равные части. Первая для подготовки крупного заполнителя, шлака, к процессу взаимодействия со шламом, а вторая для взаимодействия полного состава бетонной смеси. В результате гомогенизации происходит более плотное взаимодействие частиц цемента и крупного заполнителя.

Важное влияние качества воды затворения на прочность бетона уже неоднократно отмечалось. Качество воды также может иметь свое значение: примеси в воде могут помешать схватыванию цемента, могут отрицательно повлиять на прочность бетона или вызвать коррозию его поверхности, а также привести к коррозии арматуры. По этим причинам следует учитывать пригодность воды для приготовления бетонной смеси и ухода за бетоном. Кроме того, должно быть проведено ясное различие между воздействием воды при приготовлении и воздействием агрессивных вод на затвердевший бетон. Некоторые агрессивные воды, используемые для затворения, могут быть безвредны и даже благоприятны.

Во многих нормах качество воды определяется ее пригодностью для питья. Такая вода крайне редко содержит растворенные твердые вещества в количестве больше 2000 частей на миллион и, как правило, меньше 1000 частей на миллион.

Испытания проводились на следующих материалах:

- портландцемент ПЩ 500 Д0, соответствующий ГОСТ 10178-85;
- песок кварцевый Мкр.=2,5, соответствующий ГОСТ 8736-85;
- доменный шлак 2,5-10 мм;
- вода, соответствующая ГОСТ 23732-79.

В табл. 1 приведены наиболее значимые составы, которые показали наиболее видимые различия в результатах испытаний.

Для лучшего растворения следует дозировать добавку в воду при интенсивном перемешивании.

Растворение происходит быстрее, если температура воды больше 30 °С.

Перед применением раствор рабочей концентрации желательно выстоять в течение одних суток.

Плотность приготовленного раствора необходимо определять при температуре 20 ± 2 °С.

Ниже приведены графики результатов исследования (рис. 1-3).

Были выбраны 10 наиболее оптимальных составов цементобетона.

Исходя из графика следует, что наиболее активным в составе оказалось именно то процентное соотношение, которое было представлено в образце № 10. Прочность испытывали на образцах-кубах на 28-е сутки на приборе Пресс ИПЭ-200.

Испытания проводились на 28-е сутки на приборе ДИНА Z-16. График показывает рост адгезионной прочности при использовании 1 % шлама и 0,4 % химических добавок. Этот процесс можно описать следующим образом: выщелачивание шлама при помощи шлака позволяет цементному камню лучше сцепляться с крупным заполнителем, приводя к повышению прочности на сцепление. Большее количество шлама, раздвигая большую площадь шлака, претерпевает большую потребность в цементе для лучшей активации цементного клинкера, что в свою очередь приводит к увеличению количества вводимой воды, которое приводит к снижению таких показателей, как морозостойкость и прочность.

Результаты приведены на основании наблюдений. Опыты проводились после набора полной прочности на 28-е сутки ускоренным методом.

Состав № 10 показал наиболее подходящие физико-механические показатели, но использовать готовую продукцию стоит при температурном

Таблица 1

№ п/п	Содержание шлака доменного, %	Содержание шлама, %	Водотвердое отношение, %	Содержание хим. добавок, %
1	57	-	0,4	-
2	57	-	0,45	-
3	57	1	0,45	-
4	57	1,5	0,45	-
5	57	2	0,45	-
6	57	2,5	0,35	-
7	46	1,5	0,35	0,3
8	46	1,2	0,37	0,06 (ПАВ)
9	46	1,2	0,37	0,09 (ПАВ)
10	46	1	0,35	0,4



Рис. 1. График результатов показателей по прочности растворов разных составов

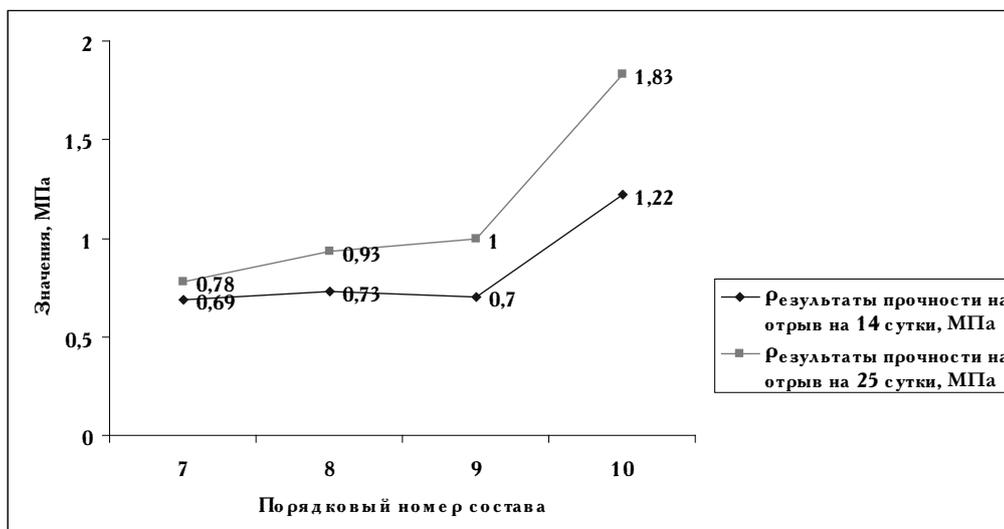


Рис. 2. Результаты прочности на отрыв на 7-е и 28-е сутки



Рис. 3. Результаты по морозостойкости

минимуме в пределах не ниже минус 5 °С. Если тротуарная плитка (брусчатка) соответствует ГОСТ 17608-91 «Плиты бетонные тротуарные», то должны быть учтены следующие технические характеристики:

Прочность при сжатии, не менее В22,5 (М300),  
В 30 (М 400)

Морозостойкость, не менее F100

Водопоглощение, %, не более 6

Истираемость, г/см<sup>2</sup>, не более 0,7

Для проектирования и использования составов бетона в температурных пределах средней полосы России следует повысить показатели морозостойкости до F200 и более. Необходимо рассчитать фракционный состав для снижения количества пор. Этому может способствовать введение наноразмер-

ных наполнителей, а также более распространенных материалов, таких как молотый цементный камень, измельченный ячеистый бетон автоклавного производства.

**Выводы.** 1. Такие отходы, как доменный шлак, позволяют изменить свойства дорожных покрытий в лучшую сторону, а именно повысить их долговечность и прочность.

2. Отрицательные воздействия на бетон оказывают как техническая вода, так и агрессивные воды.

3. Выщелачивание шлама при помощи шлака позволяет цементному камню лучше сцепляться с крупным заполнителем.

4. Каждый состав готовой продукции должен отвечать ряду технических требований, представленных в данной работе.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чумаченко Н.Г. Ресурсосберегающий подход к сырьевой базе стройиндустрии // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 1. С. 112-116.
2. Шеина Т.В., Кулешова Е.Н. Перспектива эпоксидных смол в дорожной отрасли // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 1. С. 123-128.
3. Говердовская Л.Г. Исследование процессов влияния дорожно-строительных работ на окружающую среду // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 1. С. 72-81.
4. Шеина Т.В., Самохина А.А. Взаимосвязь фракционного состава, надмолекулярной структуры и эксплуатационных показателей дорожных битумов. Часть I // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 1. С. 107-112.
5. Шейнин А.М., Эккель С.В. Обеспечение качества монолитного бетона для дорожного строительства // II Всероссийская (международная) конференция по бетону и железобетону: Бетон и железобетон – пути развития: 5-9 сентября 2005 г. М., 2005. С. 148-157. Т. 5.
6. [http://stroydiskont.ru/articles/landshaft\\_blagoustroystvo/trotuarnaya\\_plitka.html](http://stroydiskont.ru/articles/landshaft_blagoustroystvo/trotuarnaya_plitka.html) [Электронный ресурс] (дата обращения: 16.03.2014).
7. Маргайлик Е.И. Строительство дорожных покрытий, площадок и магистралей из укатываемых бетонов ([www.nestor.minsk.by](http://www.nestor.minsk.by)) (дата обращения: 16.03.2014).
8. Борисов С.М. Жёстко о жёстких покрытиях // Автомобильные дороги. 2009. №3. С. 46-47.
9. Birmann D., Burger W., Weingart W., Westermann B. Walzbeton. BAST, 1999. 205 s.
10. Тюрников В.В., Безгина Л.Н., Гордеева Т.Е. Исследование качества асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги в с. Борское // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР за 2013 год / СГАСУ. Самара, 2014. С. 565-569.
11. Попов В.П., Коренькова С.Ф., Попов Д.В. Математическая модель деструкции бетона гидротехнических сооружений гидростатическим давлением на базе механики разрушения // Природообустройство. 2012. №5. С. 46-48.
12. Баранова М.Н., Чумаченко Н.Г., Тюрников В.В. Геоэкологические проблемы при карьерной добыче минерального сырья для производства строительных материалов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 1(14). С. 80-85.
13. Попов В.П., Абдулханова М.Ю., Воробьев В.А. Материалы, технологии и автоматизация технологических процессов приготовления полуфабрикатов и изделий дорожного строительства. Самара: Изд-во РИА т МАДИ (ГТУ), 2011. 468 с.

© Полтояйнен А.И., 2015

Об авторе:

#### ПОЛТОЯЙНЕН Алиса Искандаровна

аспирант кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
443001, Россия, г.Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846) 242-37-02  
E-mail: [aliskin\\_007@mail.ru](mailto:aliskin_007@mail.ru)

#### POLTOYAYNEN Alisa

Post Graduate Student of the Production of Building Materials and Engineering Structures Chair  
Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (846) 242-37-02  
E-mail: [aliskin\\_007@mail.ru](mailto:aliskin_007@mail.ru)

Для цитирования: Полтояйнен А.И. Современный подход в вопросе штучных цементобетонных изделий для дорог и тротуаров // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 2(19). С. 82-86. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.02.13  
For citation: Poltoyaynen A.I. Modern Approach to Piece Cement Concrete Products for Roads and Pavement // Vestnik S GASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. 2015. №2 (19). Pp. 82-86. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.02.13 (in Russian)