

# Механіка, будівництво та електропостачання

УДК 691.3

Е.Б. Деденёва, О.И. Демина, А.В. Рачковский, Н.А. Романчук, Е.И. Климова

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков*

## ПРИМЕНЕНИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ

*Предложены и подобраны составы декоративного мелкозернистого бетона для малых архитектурных форм (МАФ) города. Для получения изделий с высокими эксплуатационно-техническими характеристиками, обеспечивающих долговечность и эстетичность МАФ, были проведены исследования влияния модифицирующих добавок на структуру и свойства бетонов. Подобран оптимальный состав бетона для столбика дорожного ограждения.*

**Ключевые слова:** мелкозернистые декоративные бетоны, малые архитектурные формы (МАФ), модифицирующие (комплексные и гидрофобизирующие) добавки, эксплуатационно-технические характеристики, столбик дорожного ограждения.

### Введение

Одним из перспективных направлений улучшения городской архитектурной среды является применение малых архитектурных форм (МАФ) из различных высокотехнологичных современных строительных материалов. Это способствует приведению окружающего пространства к нужной стилистике и настроению. Широкий спектр малых архитектурных форм различного назначения и архитектурного дизайна: садово-парковые скульптуры, скамьи, заборы, вазоны, фонтаны, цветники, столбы фонарные позволяют придать своеобразие маловыразительным стандартным микрорайонам массового строительства 50-60-ых годов [1 – 3, 14]. Кроме того, увеличение интенсивности и плотности транспортных потоков городских магистралей создаёт опасность для пешеходных участков. Решением этой проблемы могут послужить столбики дорожного ограждения [4].

Основным материалом для МАФ является декоративный мелкозернистый бетон. Применение технологии декоративного бетона позволяет эффективнее, чем при использовании мрамора, камня или плитки, добиваться создания нужных текстурных эффектов и сложного формообразования изделий, практически не уступающих по качеству и долговечности. Обладая высокой технологичностью, мелкозернистый бетон даёт возможность получать изделия как методом прессования с немедленной распалубкой в условиях заводского изготовления, так и методом литья в опалубку на месте установки МАФ [4].

Основными требованиями к бетонным смесям при изготовлении декоративных изделий являются: способность к уплотнению в формах сложной кон-

фигурации, низкая седиментация бетонной смеси. Бетон для МАФ должен обладать высокой атмосферной стойкостью и морозостойкостью; возможностью придания необходимого цвета. Одним из путей достижения требуемого результата является оптимизация состава бетонной смеси с применением необходимых функциональных химических и минеральных добавок. Следует отметить, что мелкозернистый бетон легко и эффективно модифицируется с помощью органо-минеральных модификаторов, что даёт возможность использовать дешевые местные пески. Это позволяет снизить стоимость бетона на 15-20 % по сравнению с крупнозернистыми бетонами на щебне [5, 6].

**Цель данной работы** – получение бетонов, наиболее приемлемых по составу, структуре и свойствам для изготовления малых архитектурных форм с учетом того, что такие изделия эксплуатируются на открытом воздухе, подвержены действию атмосферных факторов (колебанию влажности, инсоляции, низких температур и пр.). Кроме того, бетон для изделий дорожного ограждения должен отвечать требованиям нормативного документа ДСТУ Б В.2.7. – 145 – 2008 «Вироби бетонні тротуарні. Технічні умови», а готовое изделие легко шлифоваться и полироваться. Бетонная смесь должна отвечать требованиям, предъявляемым к виброуплотняемым смесям. Таким требованиям более всего отвечают мелкозернистые бетонные смеси.

Расход цемента в мелкозернистых бетонах на 20...30% выше, чем на равнопрочные обычные бетоны. Для снижения расхода цемента используются химические добавки, а для создания плотной упаковки мелкий щебень с наибольшей крупностью 10 мм. В то же время, надо иметь в виду, что для

бетонов, применяемых в декоративных конструкциях на открытом воздухе, повышенный расход цемента оправдан повышением устойчивости при воздействии атмосферных факторов и облегчением абразивной обработки [7, 8].

## Методы и материалы

Для получения мелкозернистых бетонов в работе использованы следующие материалы.

Для лабораторных образцов используется портландцемент марок М400 и М500, соответствующий требованиям ДСТУ Б В.2.7 – 46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення, технічні умови [11]. Для получения достаточной плотности и водонепроницаемости бетона, а также более ровной поверхности изделий использован мелкий кварцевый песок с модулем крупности 1,5-2,0. Щебень представляет собой измельченный гранит фракции 3-10 мм.

По результатам стандартных испытаний щебень удовлетворяет требованиям, предъявляемым к крупному заполнителю для изделий из мелкозернистого тяжёлого бетона. Мелкие гранитные фракции придают бетону после шлифовки и полировки текстуру природного камня.

Химические добавки. Бетонные смеси для столбиков дорожного ограждения должны приготавливаться с обязательным использованием пластифицирующих и гидрофобизирующих или комплексных пластифицирующе-гидрофобизирующих добавок. В данной работе применялись комплексная добавка «SIKA» и гидрофобизирующая добавка ГКЖ-11.

Добавка «Sika» применяется для бетона с высокой морозостойкостью, а также высокопрочных и качественных бетонов для дорожных бетонных изделий. Бесспорными преимуществами добавки являются:

повышенная морозостойкость (не менее F200), в том числе в растворах солей; повышенная водонепроницаемость (не менее W6);

трещиностойкость;

улучшенная удобоукладываемость бетонной смеси даёт дополнительное воздуховлечение в бетоны в пределах 2-4%;

снижает седиментацию бетонной смеси; в 1,5-1,6 раз увеличивает сцепление с арматурой с одновременным ингибированием поверхности металла.

Гидрофобизирующая жидкость ГКЖ-11 представляет собой этилгидросилоксановый полимер. Использование кремнийорганических соединений в строительных материалах позволяет:

увеличить подвижность бетонных смесей в 2-4 раза;

повысить морозостойкость в 3-5 раз; в 1,5-2 раза повысить коррозионную стойкость по сравнению с бетонами без добавок;

повысить стойкость при воздействии увлажнения и высушивания; снизить капиллярный подсос, степень водопоглощения, водопроницаемости, повысить степень водостойкость.

В качестве пигментов используется охра для изготовления составов различного цвета. Охра бывает самых различных оттенков от светло-жёлтого и золотистого до темного, красноватого и даже коричневого. Охра представляет собой глину, окрашенную окислами железа. Этот пигмент является одним из наиболее популярных и дешёвых. Плёнки красок на его основе прочны, устойчивы к действию щёлочи, извести, света.

В работах [9, 10] была установлена эффективность применения охры в декоративных бетонах. Охра (особенно в композиции с карбонатными наполнителями) значительно влияет на уменьшение пористости бетонного камня и увеличение его прочностных характеристик на всех стадиях набора прочности.

Составы бетонов подбирались по расчетно-экспериментальному методу Скрамтаева – Баженова (метод абсолютных объёмов). Подобранный состав оптимизировался по результатам испытаний бетонной смеси и образцов [7].

В исследованиях были подобраны и апробированы составы мелкозернистых бетонов при одинаковой подвижности (ОК = 4 см) с одинаковым расходом цемента и заполнителей и различным содержанием воды и добавок.

При введении добавок содержание воды уменьшается до получения одинаковой подвижности бетонных смесей, рекомендованной для бетонных изделий, формируемых виброуплотнением.

В работе исследовались следующие составы:

1 состав – бетон мелкозернистый без добавок;

2 состав – бетон мелкозернистый с добавкой охры и карбонатного наполнителя;

3 состав – бетон мелкозернистый с комплексной добавкой «SIKA» (0,6% от массы цемента);

4 состав – бетон мелкозернистый, пропитанный гидрофобизирующей добавкой ГКЖ-11;

5 состав – бетон мелкозернистый с добавкой ГКЖ-11 (0,6% от массы цемента) в воду затворения.

Для оценки качества подобранных составов мелкозернистого бетона в лаборатории были изготовлены образцы-кубы размером 7,07×7,07×7,07 см [8, 13].

Для определения прочности и водонепроницаемости по 4 образца каждого состава. Для определения структурных характеристик по Бруссеру готовились кубики 4×4×4 см по 2 образца каждого состава.

Подвижность бетонной смеси определяется по распылу малого конуса, как при определении нормальной консистенции цементного раствора в стан-

дартном методе определения активности цемента, расплыв во всех случаях содержанием воды и подерживали в пределах 110-115 мм.

Определение прочности при сжатии полученных образцов проводится в соответствии с требованиями ДСТУ Б В. 2.7-43 – 96 «Бетони важкі. Технічні умови» [12]. » на гидравлическом прессе ПСУ-50. Визуальный осмотр образцов показал, что они не имеют

трещин, сколов и их структура однородна. Водопоглощение, плотность и характеристики пористой структуры бетона определяли по кинетике водопоглощения дискретным методом. Водонепроницаемость определяли по ускоренной методике, рекомендованной ГСИ.

Результаты проведенных исследований отражены в табл. 1.

Таблица 1

Основные свойства и структурные характеристики мелкозернистых бетонов разработанных составов

Свойство или структурная характеристика	Мелкозернистые бетоны				
	Составы				
	1	2	3	4	5
Прочность, МПа	37,0	40,0	41,2	38,0	38,2
Водонепроницаемость, МПа (или марка, ат)	0,5	0,65	0,8	0,6	0,7
Водопоглощение по массе, %	4,50	4,44	3,6	3,5	3,4
Относительная плотность	2,24	2,31	2,32	2,24	2,25
Водопоглощение по объёму, %	9,5	8,31	7,05	9,70	8,30
Интегральная пористость, %	10,6	11,66	8,30	11,00	10,49
Условно-замкнутая пористость, %	2,26	3,95	4,25	3,19	3,69

## Результаты исследования

Все исследованные составы мелкозернистых бетонов получены из равноподвижных смесей (ОК=4 см), имеют одинаковое содержание заполнителей и цемента, отличаются содержанием воды и добавок. При введении добавок содержание воды уменьшено до одинаковой подвижности бетонной смеси.

Мелкозернистые бетоны без добавок и с пигментом имеют прочность 35...37 МПа, что несколько ниже, чем у других составов. Прочность бетонов с добавками маркой выше – 38,0...41,2 МПа. Повышение прочности в данном случае связано с уменьшением количества воды, так как добавки здесь использованы в качестве водоредуцирующих с целью создания равноподвижных смесей с бетонами без добавок.

Водонепроницаемость мелкозернистого бетона без добавок составляет 0,5 МПа. Введение добавок значительно повышает этот показатель до 0,8 МПа у 3 состава.

Все добавки – пластификаторы, как известно из данных о микроструктуре цементных материалов, измельчают зерно цементного камня, улучшая тем самым структуру камня, создавая структуру пор с высоким капиллярным потенциалом.

Водопоглощение по массе и по объёму (открытая пористость) у мелкозернистых бетонов с добавками намного меньше, чем у бетонов пигментированных,

что согласуется с данными о водонепроницаемости.

Требуемое количество пигмента, вводимое в бетонную смесь, определяется желаемым цветом и экономической целесообразностью. Увеличение количества пигмента приводит к линейному увеличению интенсивности окрашивания, но при дальнейшем увеличении количества пигмента наступает момент, когда цвет перестаёт меняться. Возрастание количества пигмента в бетоне более 8% может привести к излишнему увеличению мелкой фракции, увеличению водопотребности бетонной смеси, к ухудшению эксплуатационно-технических свойств бетона – снижению плотности, прочности, водонепроницаемости, морозостойкости.

Условно-замкнутая пористость у бетонов с добавками больше, чем у других бетонов, что может быть связано с эффектом воздухововлечения, характерным для используемых добавок. Этот эффект объясняется увеличением гидрофобности стенок пор (гидрофобизацию в той или иной степени создают практически все органические вещества в бетоне).

Плотность всех бетонов можно считать одинаковой (расхождения – в пределах ошибок опыта) – 2,2. Равенство плотностей бетонов свидетельствует о том, что общий объем пор в них также практически одинаков, а отличия в свойствах объясняются различием структуры порового пространства и смачиваемости стенок пор.

## Выводы

1. Было исследовано влияние комплексной и гидрофобизирующей добавок на структуру и свойства мелкозернистых бетонов.

2. Проведенные исследования влияния комплексной и гидрофобизирующей добавок, а также добавки пигмента с карбонатным наполнителем на структуру и свойства бетонов показали, что их введение в бетонную смесь обеспечивает повышение водонепроницаемости и прочности бетона. Кроме того, способствует уменьшению интегральной и увеличению условно-замкнутой пористости, что делает такие составы предпочтительными.

3. Полученные результаты исследований легли в основу разработки составов для производства малых архитектурных форм повышенных эксплуатационно-технических характеристик.

## Список литературы

1. Лесовик В.С. Архитектурная геоника / В.С. Лесовик // *Жилищное строительство*. – 2013. – № 1. – С. 9-12.
2. Дегтев Ю.В. Строительные материалы для архитектурной геоники [Электронный ресурс] / Ю.В. Дегтев, М.А. Фролова, А.А. Левченко, М.А. Попов // «Технические науки – от теории к практике»: сборник статей по материалам XXXV международной научно-практической конференции (25 июня 2014 г.). – Режим доступа: <http://sibac.info/15257>.
3. Деденева Е.Б. Декоративные мелкозернистые бетоны в архитектуре города [Текст] / Е.Б. Деденева, О.И. Демина, А.А. Стельмах, А.В. Рачковский // *Приоритетные направления науки и техники. Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века: сб. докладов Междунар. науч. - практич. конф. 11 апреля 2014 г. Пенза: ПГУАС, 2014.* – С. 60-64.
4. Деденева Е.Б. Мелкозернистые бетоны для декоративных архитектурных форм города Харькова [Текст] / Е.Б. Деденева, О.И. Демина // *Тези доповідей 69-ї науково-технічної конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури*. – Харків: ХНУБА. – 2014. – С. 10.
5. Вешиякова Л.А. Оценка энергетического состояния сырья для получения строительных материалов [Текст] / Л.А. Вешиякова, М.А. Фролова, А.М. Айзенштадт, В.С. Лесовик, О.Н. Михайлова, Т.А. Махова // *Строительные материалы*. – 2012. – № 10. – С. 53-55.
6. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
7. Сизов В.П. Проектирование составов тяжелого бетона [Текст] / В.П. Сизов. – М.: Стройиздат, 1979. – 224 с.
8. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов [Текст] / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер. – М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.
9. Процин О.Ю. Использование пигментов для составов проникающей изоляции [Текст] / О.Ю. Процин, Р.А. Яковлева, Т.А. Костюк, О.И. Демина, М.Г. Салия // *Науковий вісник будівництва*. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – Вип. 53. – С. 136-139.
10. Деденёва Е.Б. Влияние минеральных пигментов на структурно-физические и физико-механические свойства мелкозернистых бетонов [Текст] / Е.Б. Деденёва, О.И. Демина, А.О. Есипов // *Науковий вісник будівництва*. – Харків: ХНУСА, ХОТВ АБУ, 2013. – Вип. 72. – С. 259-263.
11. ДСТУ Б В.2.7 – 46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення, технічні умови. – К.: Будстандарт, 2011. – 35 с.
12. ДСТУ Б В.2.7 – 43-96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови. – К.: Будстандарт, 2011. – 56 с.
13. ДСТУ Б В.2.7 – 170:2008. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. – К.: Будстандарт, 2010. – 57 с.
14. Lesovik V.S., Zagorodnik L.H., Andrey V.S., Denis A.B., Anna A.K. Creating effective insulation solutions? Taking into account the law of affinity structures in construction materials // *World Applied Sciences Journal*. – 2013. – T. 24. – № 11. – С. 1496-1502.

Поступила в редколлегию 5.04.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Г. Вандоловский, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков.

## ЗАСТОСУВАННЯ ДЕКОРАТИВНИХ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ БЕТОНІВ ДЛЯ МАЛИХ АРХІТЕКТУРНИХ ФОРМ

О.Б. Деденёва, О.И. Демина, О.В. Рачковский, Н.А. Романчук, Е.И. Климова

Запропоновані і підібрані склади декоративного дрібнозернистого бетону для малих архітектурних форм (МАФ) міста. Для отримання виробів з високими експлуатаційно-технічними характеристиками, забезпечуючу довговічність і естетичність МАФ, були проведені дослідження впливу модифікуючих добавок на структуру і властивості бетонів. Підібраний оптимальний склад бетону для стовпчика дорожньої огорожі.

**Ключові слова:** дрібнозернисті декоративні бетони, малі архітектурні форми (МАФ), що модифікують (комплексні і гидрофобизирующие) добавки, експлуатаційно-технічні характеристики, стовпчик дорожньої огорожі.

## APPLICATION OF DECORATIVE FINE-GRAINED CONCRETES FOR SMALL ARCHITECTURAL FORMS

O.B. Dedeneva, O.I. Demina, A.V. Rachkovskiy, N.A. Romanchuk, E.I. Klimova

Offered and neat compositions of decorative fine-grained concrete for the small architectural forms (MAF) of city. For the receipt of wares with high operating-technical descriptions, providing longevity and aesthetically beautifulness of MAF, researches of influence of modifying additions were conducted on a structure and properties of concretes. Optimum composition of concrete is neat for the column of travelling protection.

**Keywords:** fine-grained decorative concretes, small architectural forms (MAF), modifying additions, operating-technical descriptions, column of travelling protection.