

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-8-31

*Строкова В.В., *Хмара Н.О., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: nataly26071992@mail.ru*

МАЛЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ФОРМЫ: СОСТАВ И СВОЙСТВА БЕТОНОВ ДЛЯ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Аннотация. Работа является результатом многостороннего анализа научных публикаций, затрагивающих изучение свойств и характеристик композиционных вяжущих и бетонов на их основе, используемых в проектировании и производстве малых архитектурных форм, так же, дана общая оценка перспективы применения композиционных вяжущих в такого типа сооружениях и конструкциях.

Все публикации и опытные материалы по данной тематике были сведены и обобщены по следующим параметрам: библиометрические показатели статей за период с 2000 по 2020 гг., виды бетонов, применяемых для малых архитектурных форм, виды используемых вяжущих, заполнителей, наполнителей и добавок, физико-механические свойства и контролируемые параметры бетона.

Показано, что в большинстве рассматриваемых работ использовали мелкозернистый бетон на основе белого, общестроительного и цветного цемента. При этом для повышения эффективности готовых изделий в части формирования развитой формы и обеспечения их атмосферостойкости, используются высокомарочные цементы, снижается водоцементное отношение, в том числе за счет использования добавок различного назначения.

Обосновано, что подбор состава бетона для малых архитектурных форм должен осуществляться исходя из заданных требований для данного типа конструкций с учетом получения высокоподвижных смесей для обеспечения заданной удобоукладываемости с целью формирования изделий различных конфигураций и типоразмеров при сохранении архитектурной выразительности и соответствия современному ландшафту городского пространства.

Ключевые слова: малые архитектурные формы, композиционные вяжущие, мелкозернистый бетон, архитектурный бетон, декоративный бетон, белый цемент, цветной цемент.

Введение. Бетон, в современном строительстве, это комплексный, технологически сложный композиционный материал, который, несмотря на это, уже очень долгое время является одним из самых популярных. Так, бетон является самым потребляемым материалом в мире после воды [1, 7]. Его ежегодное потребление составляет около 30 млрд. тонн, и за последние 65 лет его производство увеличилось в 10 раз (по сравнению со сталью и деревом) [2, 3].

Области применения бетона обширны и разнообразны, начиная от сложных несущих конструкций, которые должны соответствовать множеству показателей, и, заканчивая, малыми архитектурными формами – элементами не менее важными в построении городского пространства.

Ориентация современных планировочных решений при проектировании городской застройки на архитектурную выразительность, ставит задачи по поиску способов обеспечения не только функциональности, но и эстетичности конструкций различного назначения. Это означает, что, несмотря на широкий спектр материалов, которые можно использовать для создания малых архитектурных форм (металл, дерево, пластик и т. д.), бетон является одним из наиболее

востребованных. Это связано с сочетанием требуемой несущей способности, долговечности (заданного эксплуатационного срока) и возможности отделки внешней поверхности (окрашивание, офактуривание и др.).

Терминологические вопросы. Малые архитектурные формы (МАФ) – это сооружения либо изделия, предназначенные для архитектурно-планировочной организации объектов ландшафтной архитектуры, создания комфортной среды жизнедеятельности человека, ландшафтно-эстетического обогащения территории в целом. МАФ дополняют дизайн ландшафта, помогают создать определенный стиль и подчеркнуть индивидуальность городской территории, гармонично сочетая удобство и оригинальный дизайн, украшают и добавляют эстетическую привлекательность окружающему пространству. Наличие МАФ в окружении человека несет не только практическую, вспомогательную функцию (указатели, въездные стеллы, скамьи), но и медитативную, расслабляющую (фонтаны, скульптуры, вазоны с цветами), что является важным фактором, нивелирующим негативное влияние современного урбанистического мира на эмоциональное состояние человека.

Существуют различные классификации МАФ по функциональному назначению [1, 3, 4, 32], обобщив которые можно укрупненно выделить пять видов областей использования (рис. 1):

мобильные сооружения, временные сооружения, декоративные объекты практического назначения, объекты утилитарного назначения, художественно-декоративные объекты.



Рис. 1. Области использования МАФ

Для описания бетонов, предназначенных для производства МАФ, используются такие термины как «декоративный бетон» [6–8, 17, 20, 22, 23, 39], «архитектурный бетон» [8, 11, 12, 20, 26, 25, 36, 37], «белый бетон» [14, 15, 30], «цветной бетон» [18, 24, 26]. При этом для описания составов бетона для архитектурных форм использовались понятия «белые цементы» [10, 14, 37] и «цветные цементы» [33, 34, 35, 40].

В зарубежных публикациях такого понятия, как МАФ, нет, но, к ним относят Landscape products (Ландшафтные изделия) [11]. При этом бетоны, применение которых возможно для Landscape products фигурируют в статьях как «architectural concrete» [11, 12, 36] и «decorative colored concrete» [13].

Требования к свойствам растворной смеси и бетонам. Несмотря на широкий спектр материалов, используемых для создания МАФ, по совокупности технико-экономических и функциональных показателей наиболее распространённым среди разнообразия бетонов до сих пор остается мелкозернистый бетон.

С технологической точки зрения, основным требованием к бетонным смесям для МАФ является высокая подвижность и уплотняемость смеси, что обеспечивает возможность придания изделию любой конфигурации и тем самым индивидуальность и эксклюзивность архитектурной формы.

МАФ постоянно подвергаются специфическим негативным внешним воздействиям окружающей среды: перепадам температур и влажности, кислотно-щелочным осадкам, вибрации от проезжающего транспорта и др. В этой связи для обеспечения требуемой долговечности (жизнеспособности) архитектурных конструкций, бетоны для декоративных элементов должны отвечать определенным требованиям к прочности, коррозионной и морозостойкости. Это будет обеспечивать сохранение декоративности и функциональности изделий, а именно: целостности изделия, отсутствие сколов, трещин, яркости окраски и т.д.

Необходимо отметить, что малые архитектурные формы из бетона в России не нормируются техническими документами и их производство регламентируется созданием технических условий (ТУ) на каждое конкретное изделие.

Несмотря на то, что существуют работы по разработке составов для МАФ [1–40], остается ряд нерешенных вопросов, связанных с расширением линейки составов для изделий премиум-класса, повышением эксплуатационных и декоративных свойств материалов. С целью обобщения результатов исследований, выявления применяемых технологических решений и их влияния на свойства бетонов для МАФ, предлагаемый анализ научных публикаций представляется весьма актуальным.

Таким образом, предметом настоящей статьи является анализ литературных источников, рассматривающих, с одной стороны, вопросы разработки бетонов для производства малых архитектурных форм в целом, и, с другой, композиционных вяжущих на основе белых цементов, как основного компонента МАФ с высоким декоративным потенциалом. Это позволит оценить перспективы и наметить пути проектирования рациональных составов с учетом имеющегося опыта использования различных видов сырьевых компонентов как для повышения эффективности, так и снижения стоимости бетонов для МАФ премиум-класса.

Анализ динамики публикационной активности. Основными базами данных для изучения публикационной активности в динамике, являлись такие электронные интернет-ресурсы, как sciencedirect.com, dissercat.com, researchgate.net, eLibrary.ru и прочие.

Однако, база reserchgate.net не дает аналитических инструментов для подробного анализа, поэтому нет возможности выделить критерии поиска и провести подбор публикаций по заданной тематике.

Используя библиометрические критерии баз sciencedirect.com и eLibrary.ru и аналитические

инструменты, были сделаны обобщенные выводы количественного характера (рис. 2–5).

Поиск научных работ по предложенной тематике проводился в базе электронной научной библиотеки eLibrary.ru за период 2000–2020 гг. по запросам: «бетон», «малые архитектурные формы». Затем, запросы, для сужения поиска конкретно по тематике настоящей статьи, изменили на «архитектурный бетон», «бетоны для малых архитектурных форм», «белый бетон», «белый цемент», «цветной бетон», «цветной цемент». Так же был использован запрос «декоративный бетон», но при сужении поиска результаты перекликались с запросами выше и были исключены из статистики.

Бетоны – это настолько всеобъемлющее понятие, что проводить оценку публикаций по данному ключевому слову нецелесообразно. Публикации, рассматривающие МАФ, охватывают различные научные области, начиная от архитектуры, оборудования и форм для МАФ, заканчивая составами бетонов (рис. 2, а). Число работ, связанных с проектированием составов бетонов непосредственно для МАФ (рис. 2, б) значительно меньше.

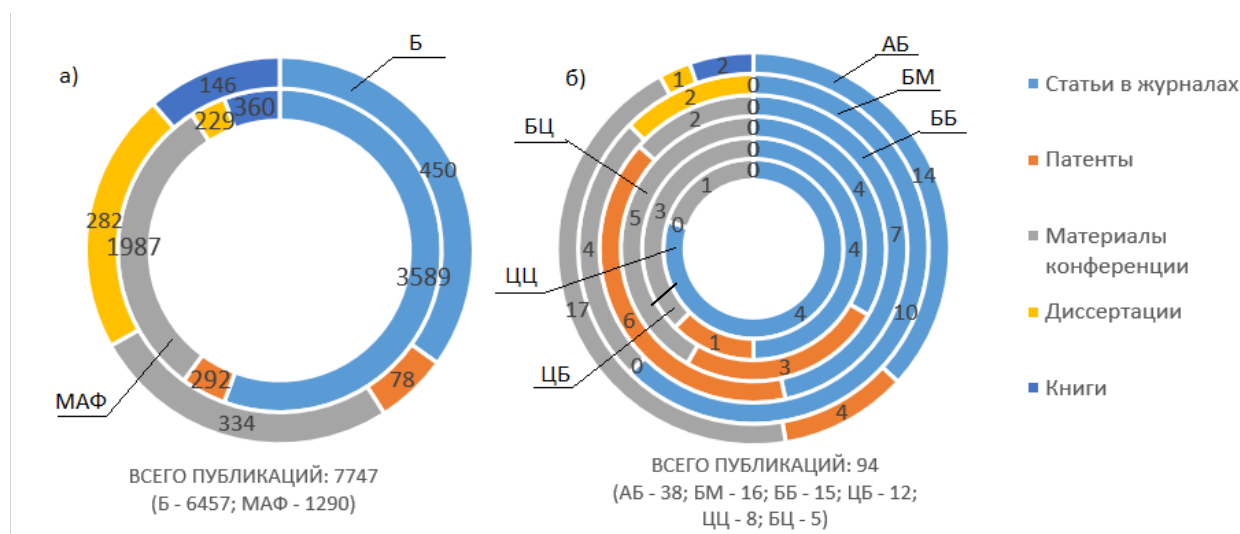


Рис. 2. Анализ базы eLibrary.ru по качественным и количественным показателям по запросам: а – «бетон» (Б), «малые архитектурные формы» (МАФ); б – «архитектурный бетон» (АБ), «бетоны для малых архитектурных форм» (БМ), «белый бетон» (ББ), «цветной бетон» (ЦБ), «цветной цемент» (ЦЦ), «белый цемент» (БЦ)

При качественном анализе публикаций (рис. 2, б) выявлено, что такие узкие направления как бетонные смеси для МАФ, равно как и композиционные вяжущие на основе белых цементов – представлены в отечественной научной литературе в последние 20 лет недостаточно.

Поиск публикаций по базе sciencedirect.com выполнен по тем же ключевым словам, что в базе eLibrary.ru. Использовались следующие запросы:

«concrete», «landscape products» и суженый поиск по «architectural concrete», «decorative colored concrete», «white concrete».

Количественный анализ зарубежных публикаций (рис. 3) показывает обширные исследования в области бетонных материалов и широкий круг изучения ландшафтных изделий (рис. 3, а), но при этом малоизученность применения бетонных смесей именно для МАФ.

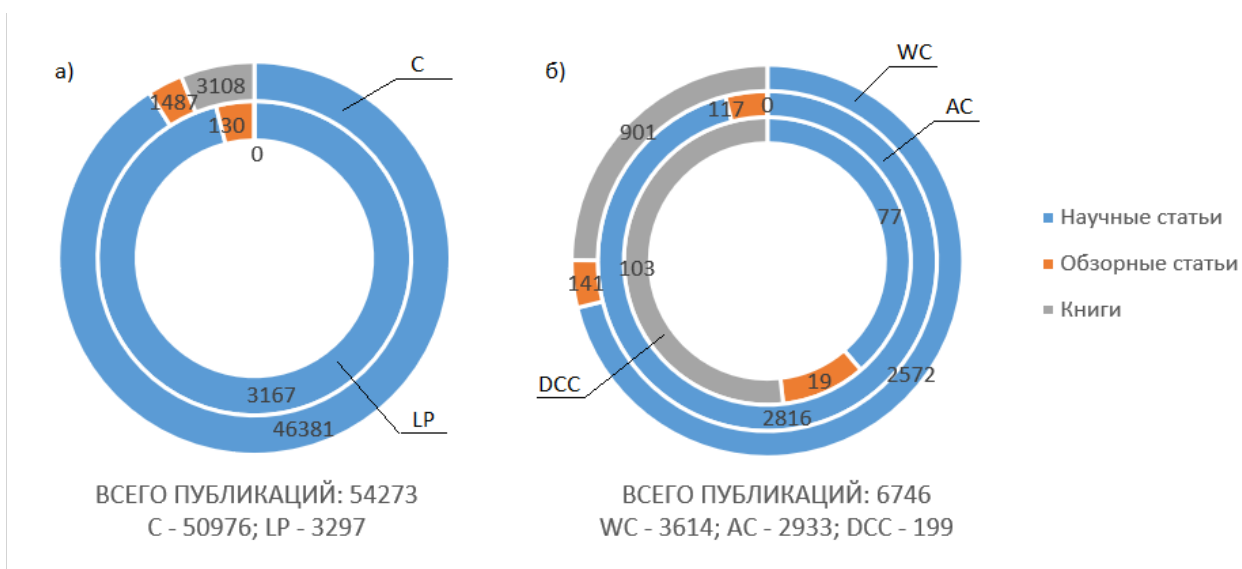


Рис. 3. Количественный и качественный анализ базы sciencedirect.com по запросам: а – «concrete» (C), «landscape products» (LP); б – «architectural concrete» (AC), «decorative colored concrete» (DCC), «white concrete» (WC)

Статьи, отражающие результаты разработки составов бетонов для МАФ и анализа их свойств за период 2000–2020 гг., опубликованные в ведущих рецензируемых российских и зарубежных изданиях, находящихся в открытом доступе, подвергались детальному анализу. При этом был выявлен растущий с каждым годом интерес к данной тематике (рис. 4). Особенно выросло количество патентов на МАФ из бетона. Данную тенденцию можно связать с тем, что в настоящее время всё большее внимание уделяется не только

практическим (механическим) свойствам окружающих объектов, но и эстетической составляющей.

Кроме того, потребности в формировании изделий с индивидуальными требованиями заказчика, в частности, сложная конфигурация, особая окраска, фактура и др. – требуют разработки специальных составов бетонов, обеспечивающих вышеназванные характеристики, как бетона, так и архитектурного объекта на его основе.

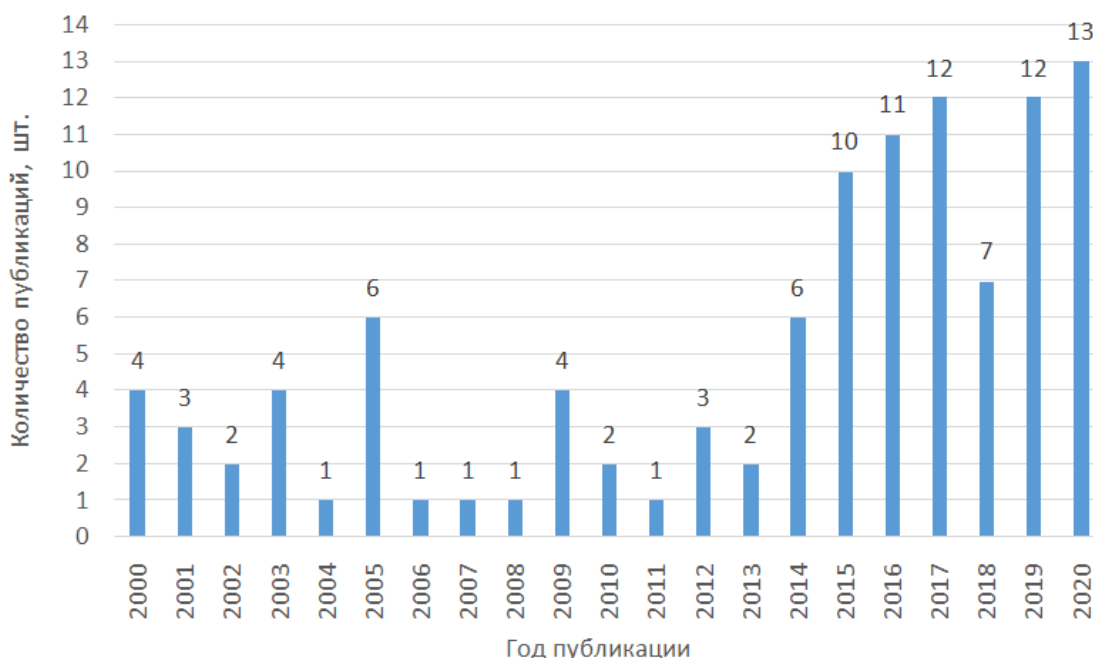


Рис. 4. Динамика публикационной активности

Таким образом, для анализа было выбрано около 40 источников, в их число не вошли обзорные статьи, материалы конференций, статьи в за-

крытом и ограниченном доступе, тексты авторефератов и диссертаций. Так же не были использованы результаты исследований с недостаточной проработкой заданной тематики.

Анализ результатов экспериментальных исследований. Для анализа были использованы работы, в которых в качестве вяжущего использовались белый или цветной портландцемент, а бетонная смесь предлагалась для производства малых архитектурных форм. Данная тема узконаправленна, поэтому в обзор вошли статьи и патенты не только с конкретным подбором состава бетона для МАФ, но и работы, где авторы предлагают новый композиционный материал с широким спектром применения, в число которых входят и малые архитектурные формы.

В таблице 1 представлен результат анализа экспериментальных исследований по следующим критериям:

- вид используемого сырья;
- состав вяжущего (исходного или композиционного);
- контролируемые параметры и физико-механические свойства композиционного вяжущего;

- состав бетонной смеси;
- контролируемые параметры и физико-механические свойства бетона.

При описании результатов исследований из различных публикаций в таблице 1 были указаны не только источники информации, но и номер состава (первая колонка таблицы) для более удобного восприятия данных.

Анализ предлагаемых публикаций позволяет выделить несколько общих направлений исследований. В подборке представлены статьи: с разработкой состава бетонной смеси [1–21, 23–29], состава композиционного вяжущего [3, 4, 30–34, 36–40] и статьи с подбором дозировки пластификатора или модифицирующей добавки [1, 22–24, 26, 27]. При этом в одной публикации может затрагиваться несколько таких направлений. На рис. 5 представлена диаграмма, где наглядно можно увидеть основную направленность исследований.

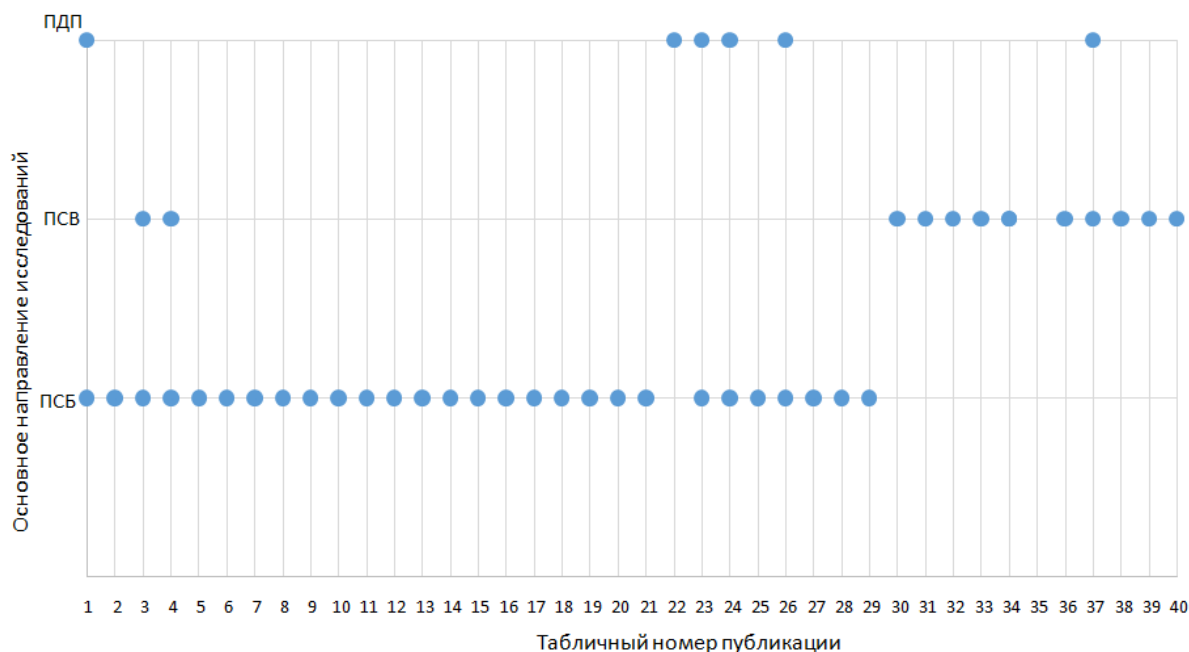


Рис. 5. Основные направления исследований проанализированных публикаций: ПСБ – подбор состава бетона, ПСВ – подбор состава вяжущего, ПДП – подбор дозировки пластификатора или модифицирующей добавки

В качестве вяжущих в работах используются портландцемент общестроительный [4, 8, 14, 24, 28], цветной [13, 17, 24, 25, 30, 31, 32, 40] и белый [19, 4, 6]. При этом в случае последнего в работах [8, 11, 12, 14, 28, 36, 38, 15] используется цемент зарубежных производителей. Объяснением большей частоты использования белого цемента по сравнению с другими является необходимость получения изделий широкой цветовой номенклатуры. Тем не менее, портландцемент не теряет своей популярности, так как является наиболее доступным и экономически выгодным видом цемента. Однако, даже при значительной разнице в

частоте использования в составах белого и цветного цемента по сравнению с серым, упоминание в публикациях является практически одинаковым (рис. 6). Это говорит нам о том, что современные архитектурные и дизайнерские решения требуют более гибкого подхода к выбору цвета цемента.

Ввиду специфических требований к архитектурным объектам, в числе которых высокая механическая прочность и атмосферостойкость, применение рядовых и низкомарочных бетонов при производстве МАФ фактически невозможно. Поэтому наиболее часто в качестве вяжущего применяется белый портландцемент и серый

портландцемент, типа I класс 52,5 нормально твердеющий. Кроме того, применение пигментов для создания окрашенных бетонов требует использования высокомарочного белого цемента,

производство которого в России и в мире ограничено.

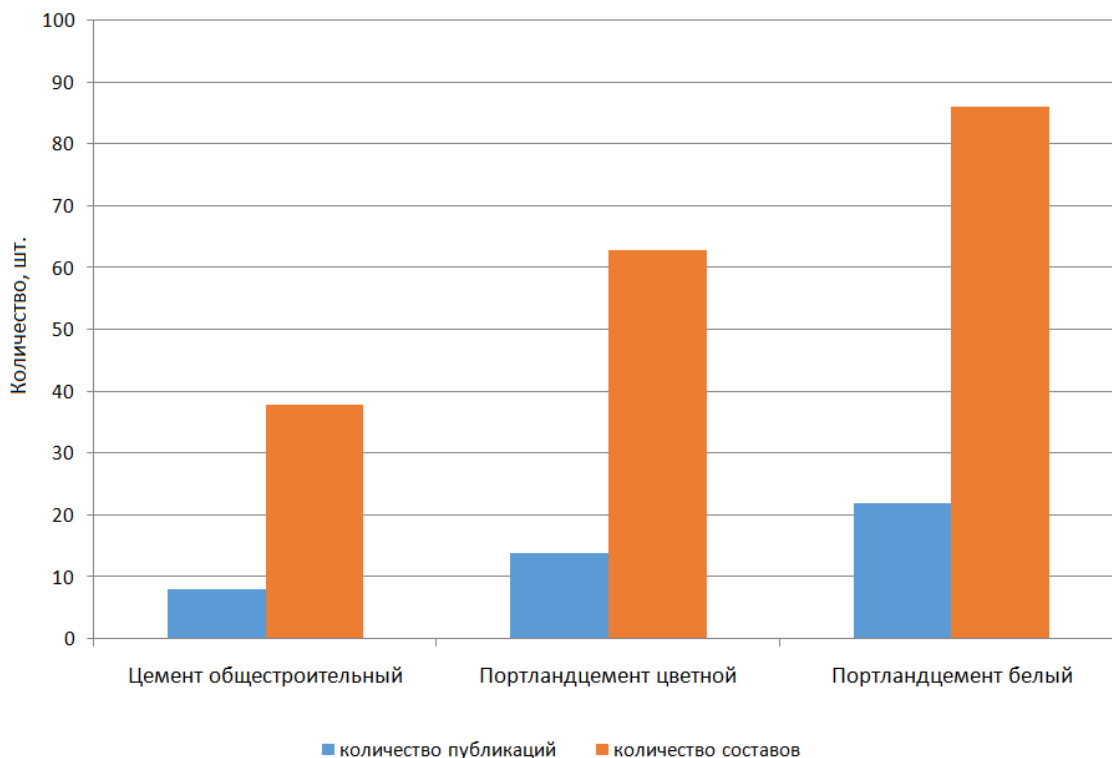


Рис. 6. Статистика по обработанным статьям и составам, представляющая использование различных видов цемента

Важным фактором для приготовления качественного бетона является водоцементное соотношение (В/Ц), обеспечивающее, с одной стороны, заданную подвижность смеси, а с другой – формирование цементного камня с определенной пористостью и механической прочностью. Согласно анализа, значения В/Ц в

составах, названных авторами оптимальными, колеблются от 0,25 до 0,48 (рис. 7, 8). Очевидно, что высокое значение водоцементного отношения может стать причиной падения прочности изделий в виду существенной естественной сформированной развитой поровой структуры.

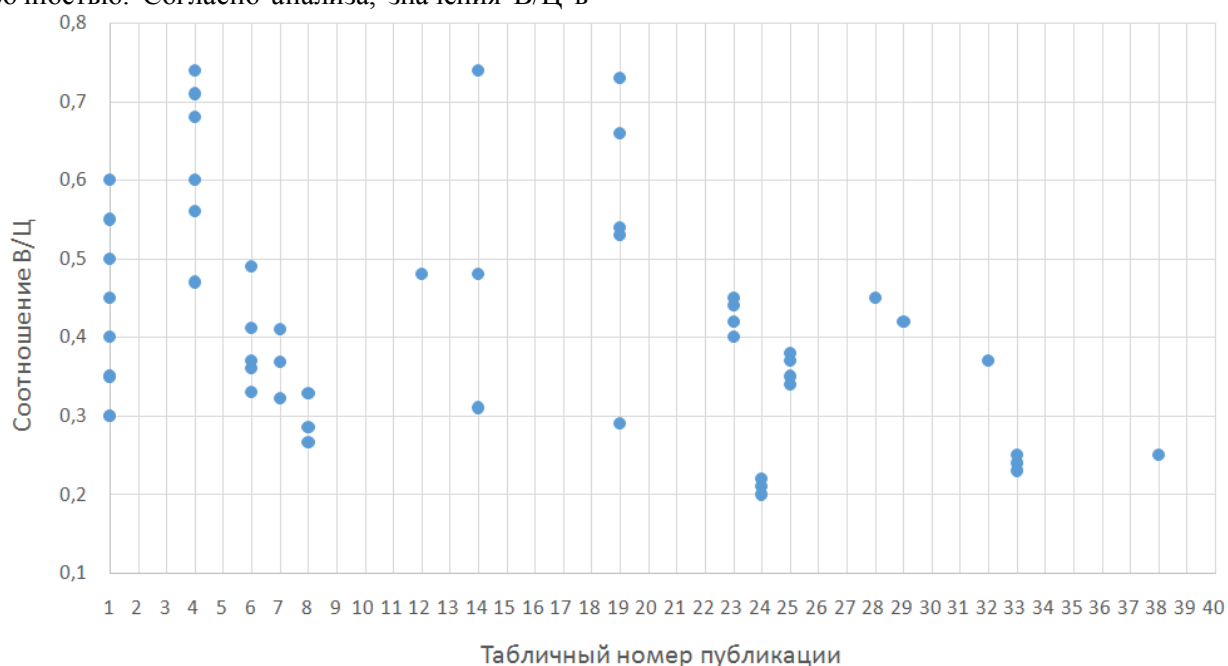


Рис. 7. Значения водоцементного отношения при подборе оптимальных составов

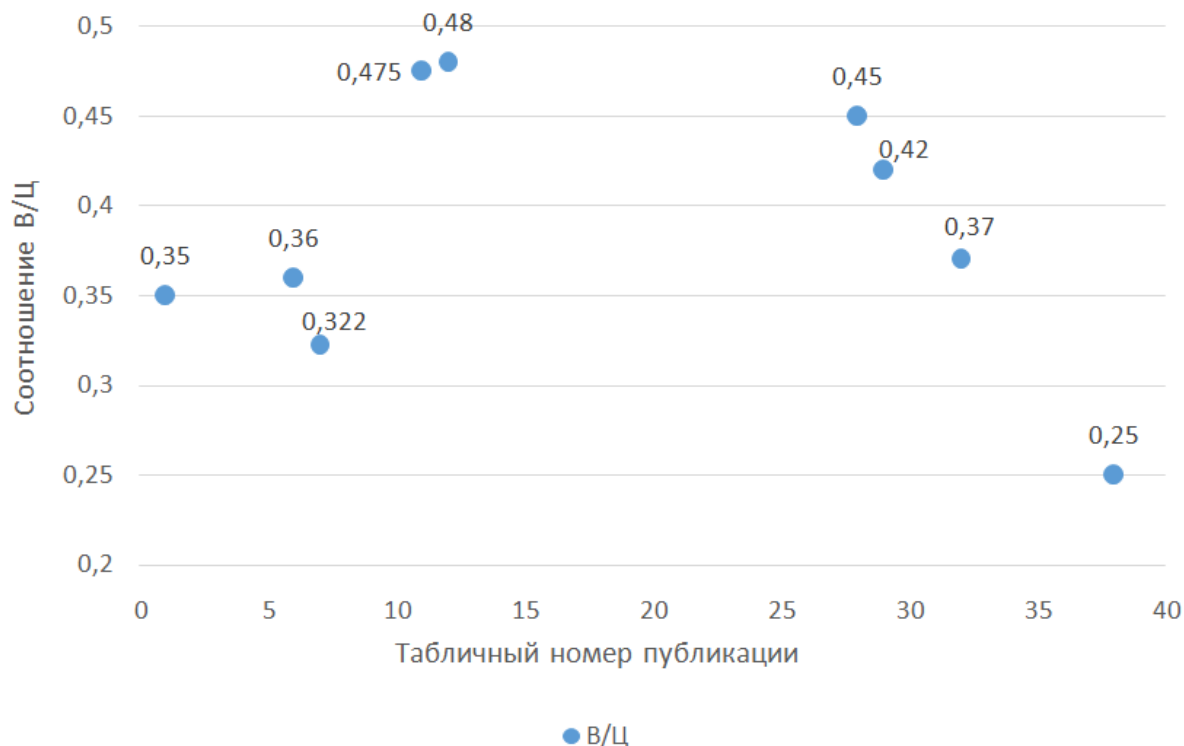


Рис. 8. Значения водоцементного отношения для бетонной смеси, указанные авторами как оптимальные

Для создания МАФ различных конфигураций и типоразмеров необходимо обеспечение заданной подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси, что может быть достигнуто увеличением водоцементного отношения, что приведет к падению основных физико-механических характеристик изделия. Снижение негативного избытка воды в системе при сохранении реологических параметров бетонной смеси достигается использованием пластифицирующих компонентов различного состава. Так, наиболее часто упоминается применение супер- [4, 6, 7, 11, 14, 27, 30, 32, 34, 36, 38] и гиперпластификаторов [20, 21, 22, 27], различных многофункциональных добавок [1, 4, 6, 9, 11, 18, 19, 27, 37].

Атмосферостойкость, коррозионная стойкость и морозостойкость, сопротивление воздействию вибраций и кислотно-щелочных осадков, стойкость к перепадам влажности и температурам – важные физико-механические свойства, которые необходимо учитывать при производстве бетонных смесей для МАФ. Однако, согласно анализу публикаций, исследование изменения свойств бетонов при воздействии внешних агрессивных факторов практически не рассматривается. В проанализированных публикациях можно выделить изучение пористости [27], водопоглощения [4, 17, 18, 11, 13] и морозостойкости [3, 4, 18, 26, 38, 39].

Необходимо отметить, что количественные результаты оценки основных физико-механиче-

ских характеристик архитектурных изделий, авторами не раскрываются. Тем не менее, с учетом имеющихся данных, в зависимости от применяемого вяжущего, состава бетона, используемых органических и минеральных добавок, а также пластификаторов, показатели прочности на сжатие образцов вяжущего колеблются от 133 до 13,2 МПа, а образцов бетона от 144,0 до 9,5 МПа (рис. 9), прочности на изгиб вяжущего от 12,7 до 2,9 МПа, бетона – от 19,8 до 3,1 МПа (рис. 10). При этом оптимальные составы (рис. 11) с позиции прочностных характеристик, отмечены лишь в некоторых публикациях [1, 3, 6, 7, 11, 12, 28, 29].

Стоит учитывать, что ввиду различия применяемых вяжущих и составов бетонов, полученная информация носит лишь информативный характер, не позволяя установить аналитические зависимости.

В последнее время широкое распространение получают малые архитектурные формы премиум-класс. Данные изделия зачастую являются уникальными и эксклюзивными, изготовленными на заказ. Их отличает использование более дорогостоящих высококачественных сырьевых материалов (белый цемент, мрамор, как наполнитель и заполнитель белого цвета, минеральные отходы промышленности, удовлетворяющие требованиям по белизне, а также напротив, горные породы, обеспечивающие заданную цветовую гамму и фактуру материала и т. д.) и различных видов модифицирующих добавок.

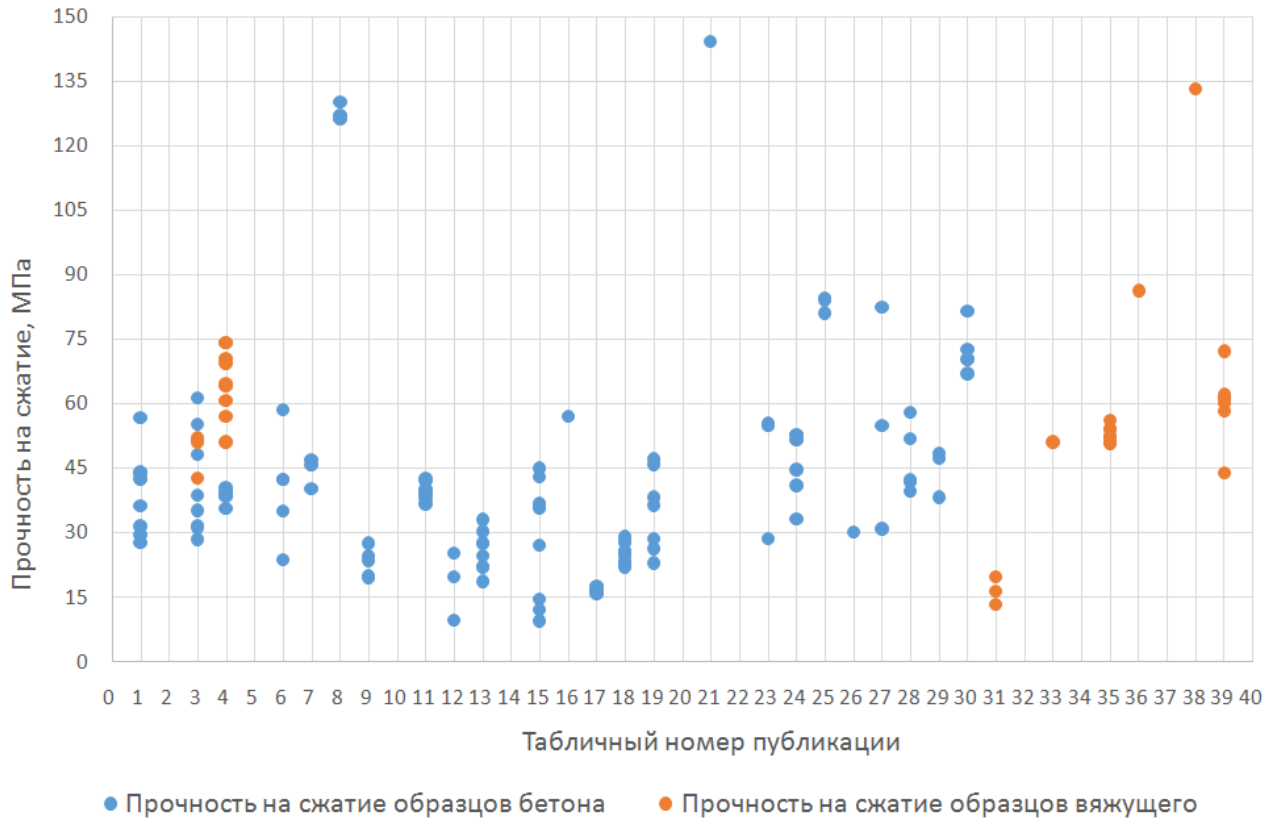


Рис. 9. Прочность на сжатие образцов вяжущих и бетонов

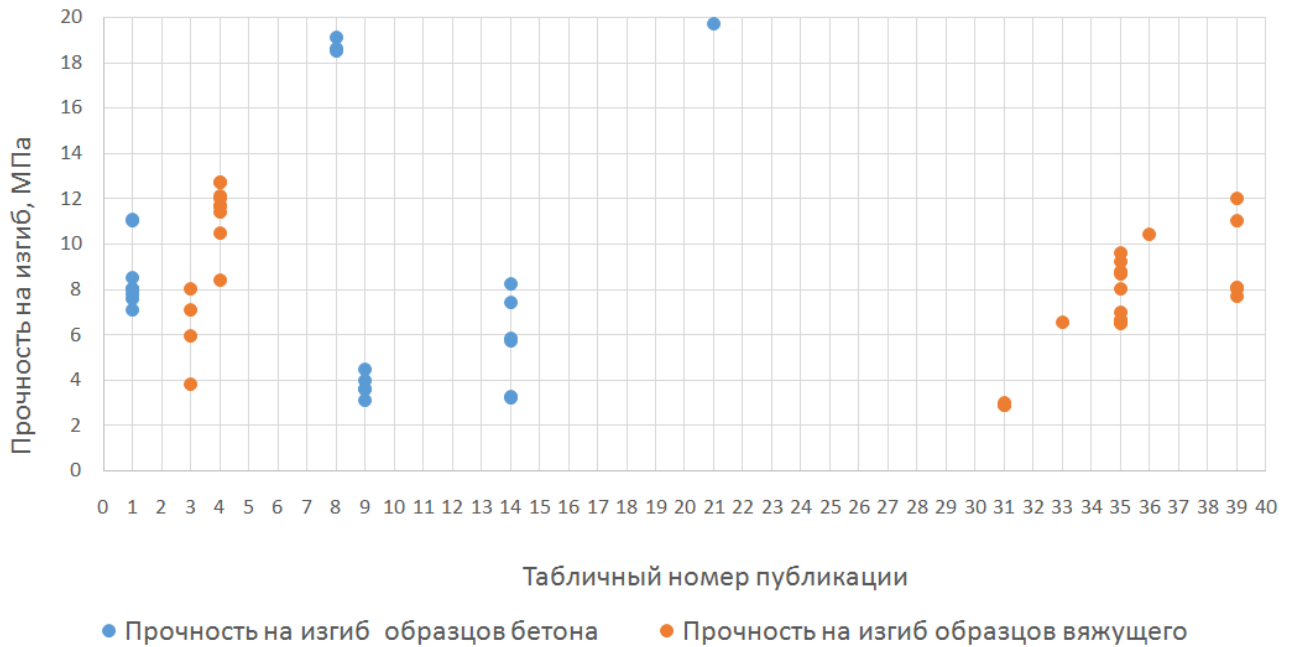


Рис. 10. Прочность на изгиб образцов вяжущих и бетонов

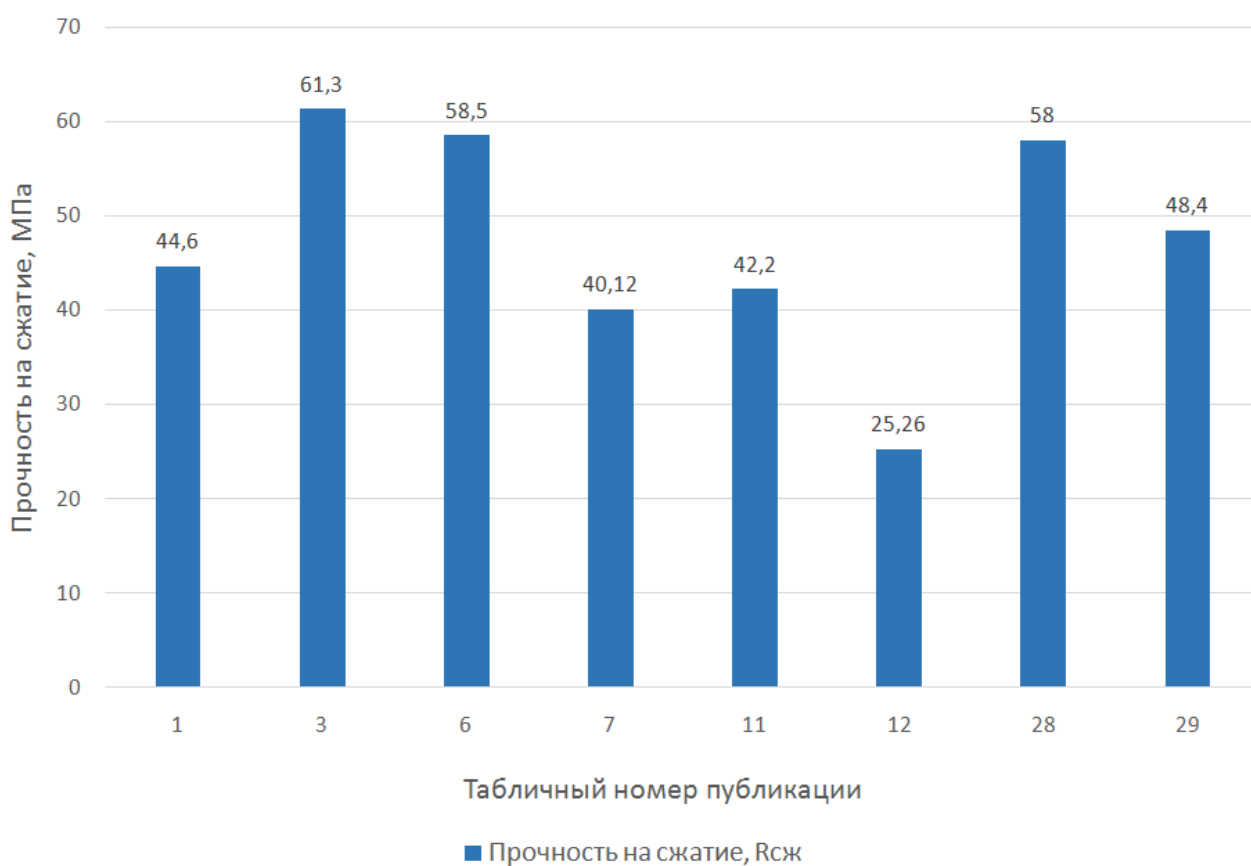


Рис. 11. Прочность на сжатие составов, указанные авторами, как оптимальные

Выводы. В настоящей статье представлен анализ результатов исследований как российских, так и зарубежных авторов, работающих в направлении разработки составов композиционных вяжущих и бетонных смесей для производства малых архитектурных форм. Накопленный эмпирический материал, позволил провести обобщение и структурирование имеющихся данных по таким критериям, как тип вяжущего, водоцементное отношение, вид добавки, прочность. Несмотря на существенный объем исследований, разрозненность данных в работах не позволяет установить граничные значения основных технологических и рецептурных факторов для проектирования бетона с оптимальными характеристиками. При этом обосновано, что подбор состава бетона для малых архитектурных форм должен осуществляться исходя из заданных требований, определяемых конкретными условиями и особенностями его эксплуатации.

Ввиду все возрастающего спроса на архитектурные рядовые изделия, а также элит и премиум класса, которые отличают широкий ассортимент продукции с разнообразной линейкой цветов и фактур, оригинальный дизайн, высокое качество и долгий срок службы изделий, к числу основных

тенденций в проектировании составов бетонов для МАФ можно отнести (как направления дальнейших исследований, в том числе авторского коллектива):

- *выбор сырьевых компонентов*, удовлетворяющих требованиям к декоративным свойствам конечных изделий;

- *разработка композиционных вяжущих*, обеспечивающих снижение расхода дорогостоящего вяжущего и оптимизацию структурообразования цементного камня на всех иерархических уровнях;

- *подбор зернового состава заполнителей и наполнителей* для обеспечения плотнейшей упаковки твердой для минимизации пористости, повышения прочности и снижения проницаемости бетона;

- *разработка высокоподвижных и самоуплотняющихся смесей* для создания сложных архитектурных форм.

Источник финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для научных школ НШ-2584.2020.8 с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова

Таблица 1

Состав и свойства вяжущих и бетонов применяемых для МАФ

№ состава п/п	Виды сырья для композиционного вяжущего	Состав композиционного вяжущего/ бетона	Контролируемые параметры и физико-механические свойства композиционного вяжущего / бетона	Ссылка на источник
1. Состав и свойства мелкозернистых бетонов для производства МАФ				
1.	ПЦ М500 Шуровский завод (белый) Кварцевый песок, фракции 0,2-0,4 мм (белый) трех видов с Мк = 1,5 (П1) Мк = 2,3 (П4) Мк = 1,84 (П5) Водоредуцирующая добавка на основе эфира полиарила MasterPolyNeed 3043	Бетон Соотношение ПЦ к П1 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки, – %	Бетон В/Вяз = 0,6; Расплав конуса 177 мм Прочность на сжатие, через 28 сут., Rсж28 = 31,5 МПа Прочность на изгиб, через 28 сут. Rиз28 = 7,1 МПа	[1]
2.		Соотношение ПЦ к П4 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки, – %	В/Вяз = 0,5; Расплав конуса 178 мм Rсж28 = 27,6 МПа; Rиз28 = 8,0 МПа	
3.		Соотношение ПЦ к П5 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки, – %	В/Вяз = 0,55; Расплав конуса 180 мм Rсж28 = 29,5 МПа; Rиз28 = 8,0 МПа	
4.		Соотношение ПЦ к П1 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки 1 %	В/Вяз = 0,45; Расплав конуса 165 мм Rсж28 = 36,2 МПа; Rиз28 = 7,6 МПа	
5.		Соотношение ПЦ к П4 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки 1 %	В/Вяз = 0,35; Расплав конуса 215 мм Rсж28 = 44,6 МПа; Rиз28 = 9,3 МПа*	
6.		Соотношение ПЦ к П5 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки 1%	В/Вяз = 0,35; Расплав конуса 228 мм Rсж28 = 43,8 МПа; Rиз28 = 7,8 МПа	
7.		Соотношение ПЦ к П1 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки 1,5 %	В/Вяз = 0,4; Расплав конуса 195 мм Rсж28 = 42,5 МПа; Rиз28 = 8,5 МПа	
8.		Соотношение ПЦ к П4 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки 1,5 %	В/Вяз = 0,3; Расплав конуса 235 мм Rсж28 = 44,0 МПа; Rиз28 = 11,1 МПа	
9.		Соотношение ПЦ к П5 1:2 Содержание водоредуцирующей добавки 1,5%	В/Вяз = 0,3; Расплав конуса 240 мм Rсж28 = 56,6 МПа; Rиз28 = 11,0 МПа	
10.	Цемент марки ЦЕМ II/A-3 32,5Б (ПЦ400 Д20) АО «Ангарскцемент» Микрокремнезем с фильтров пылоуловителей ЗАО «Кремний» (МК) Мел марки МГД-2 Белгородская область (М1) Мел марки CALCITECV/40S Италия (М2) Гиперпластификатор на основе поликарбосилатов «МС-Power-Flow-3100» (ГП)	Бетон Расход материалов на 1 м ³ бетона, % от массы сухих веществ ПЦ 400 Д20 – 30; МК – 70; В – 62,5; ГП – 0,002	Бетон Коэффициент конструктивного качества К.К.К. = Rсж/р ср. = 9,89	[2]
11.		ПЦ 400 Д20 – 40; МК – 60; В – 61,6; ГП – 0,002	К.К.К. = 14,97	
12.		ПЦ 400 Д20 – 50; МК – 50; В – 60,0; ГП – 0,002	К.К.К. = 15,15	
13.		ПЦ 400 Д20 – 30; МК – 65; В – 61,8; М1 – 5; ГП – 0,002	К.К.К. = 7,72	
14.		ПЦ 400 Д20 – 40; МК – 55; В – 60,8; М1 – 5; ГП – 0,002	К.К.К. = 14,76	
15.		ПЦ 400 Д20 – 50; МК – 45; В – 59,3; М1 – 5; ГП – 0,002	К.К.К. = 10,8	
16.		ПЦ 400 Д20 – 30; МК – 60; В – 61,0; М1 – 10; ГП – 0,002	К.К.К. = 11,09	
17.		ПЦ 400 Д20 – 40; МК – 50; В – 60,1; М1 – 10; ГП – 0,002	К.К.К. = 14,82	
18.		ПЦ 400 Д20 – 50; МК – 40; В – 58,5; М1 – 10; ГП – 0,002	К.К.К. = 13,08	
19.		ПЦ 400 Д20 – 30; МК – 65; В – 61,3; М2 – 5; ГП – 0,002	К.К.К. = 9,35	
20.		ПЦ 400 Д20 – 40; МК – 55; В – 60,4; М2 – 5; ГП – 0,002	К.К.К. = 10,82	
21.		ПЦ 400 Д20 – 50; МК – 45; В – 58,9; М2 – 5; ГП – 0,002	К.К.К. = 13,02	
22.		ПЦ 400 Д20 – 30; МК – 60; В – 60,1; М2 – 10; ГП – 0,002	К.К.К. = 10,66	
23.		ПЦ 400 Д20 – 40; МК – 50; В – 59,3; М2 – 10; ГП – 0,002	К.К.К. = 14,09	
24.		ПЦ 400 Д20 – 50; МК – 40; В – 57,6; М2 – 10; ГП – 0,002	К.К.К. = 14,47	
25.	Портландцемент ПЦ 500 ДО Отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС)	Бетон ПЦ = 504 кг/м ³ ; ВП = 1462 кг/м ³ ; Вода = 212 кг/м ³	Бетон р = 2185 кг/м ³ ; Rсж = 55,25 МПа	[3]
26.	Вольский песок (ВП) Нижнеольшанский песок (НП) Отсев дробления кварцитопесчанника фракции (ОД) 5–2,5 мм 2,5–1,25 мм 1,25–0,63 мм 0,63–0,314 мм 0,314–0,16 мм менее 0,16 мм	ВНВ с высокоплотной упаковкой заполнителя = 315 кг/м ³ ОД ВУ = 1916 кг/м ³ , в т.ч.: 1095 кг/м ³ (фр. 5...2,5 мм) 383 кг/м ³ (фр. 2,5...1,25 мм) 274 кг/м ³ (фр. 1,25...0,63 мм) 165 кг/м ³ (фр. 0,63...0,314 мм) Вода = 128 кг/м ³	р = 2410 кг/м ³ Rсж = 58,5 МПа	
27.		ВНВ-50 = 493 кг/м³; ОД = 1528 кг/м³; Вода = 202 кг/м³	р = 2215 кг/м³; Rсж = 61,3 МПа	
28.		ВНВ-50 = 461 кг/м ³ ; ВП = 1548 кг/м ³ ; Вода = 189 кг/м ³	р = 2198 кг/м ³ ; Rсж = 48,2 МПа	
29.		ВНВ-50 = 573 кг/м ³ ; НП = 1294 кг/м ³ ; Вода = 248 кг/м ³	р = 2115 кг/м ³ ; Rсж = 31,7 МПа	
30.	Отходы мокрой сепарации (ММС) Песок Вольский (ВП) Клинкер (К)	Вяжущее ВНВ-50 ММС = 23,87%	Вяжущее Сроки схватывания, мин. начало – 130, конец – 310 Rсж7 = 30,7 МПа; Rиз7 = 4,77 МПа; Rсж28 = 51,3 МПа; Rиз28 = 5,96 МПа	[3]
31.	Портландцемент 500 ДО (ПЦ) Тонкомолотый многокомпонентный цемент	ВНВ-50 ВП = 18,75 %	Сроки схватывания, мин. начало – 135, конец – 300 Rсж7 = 34,9 МПа; Rиз7 = 5,9 МПа; Rсж28 = 51,9 МПа; Rиз28 = 7,1 МПа	

32.	(ТМЦ-50) Вязущее низкой водопоглощаемости (ВНВ-50)	ТМЦ-50 ММС = 29,87%	Сроки схватывания, мин. начало – 160, конец – 320 Рсж7 = 34,7 МПа; Риз7 = 2,77 МПа; Рсж28 = 40,6 МПа; Риз28 = 5,4 МПа	
33.	Отсев дробления кварцито-песчанника фракцией 5+0,314 (ОДК)	ТМЦ-50 ВП = 26,75 %	Сроки схватывания, мин. начало – 155, конец – 310 Рсж7 = 34,2 МПа; Риз7 = 2,3 МПа; Рсж28 = 42,7 МПа; Риз28 = 3,8 МПа	
34.	Отсев дробления кварцито-песчанника с высокоплотной упаковкой заполнителя (ОДК ВУ)	ПЦ = 24,75 %	Сроки схватывания, мин. начало – 160, конец – 220 Рсж7 = 36,0 МПа; Риз7 = 6,8 МПа; Рсж28 = 51,0 МПа; Риз28 = 8,0 МПа	
35.	Песок нижнеольшанский (ПН)	Бетон ПЦ = 411 кг/м ³ ; ВП = 1600 кг/м ³ ; В = 241 кг/м ³	Бетон р = 2175 кг/м ³ ; Рсж = 28,4 МПа; Морозостойкость 150 циклов	
36.		ВНВ-50 = 406 кг/м ³ ; ВП = 1624 кг/м ³ ; В = 231,6 кг/м ³	р = 2210 кг/м ³ ; Рсж = 31,2 МПа; Морозостойкость 150 циклов	
37.		ВНВ-50 = 408 кг/м ³ ; ОДК = 1632 кг/м ³ ; В = 232,5 кг/м ³	р = 2187 кг/м ³ ; Рсж = 35,1 МПа; Морозостойкость 200 циклов	
38.		ВНВ-50 = 310 кг/м ³ ОДК ВУ = 1916 кг/м ³ , в т.ч.: 1095 кг/м ³ (фр. 5...2,5 мм) 383 кг/м ³ (фр. 2,5...1,25 мм) 274 кг/м ³ (фр. 1,25...0,63 мм) 165 кг/м ³ (фр. 0,63...0,314 мм) В = 160 кг/м ³	р = 2350 кг/м ³ Рсж = 38,7 МПа Морозостойкость 200 циклов	
39.		ВНВ-50 = 441 кг/м ³ ; ПН = 1543,5 кг/м ³ ; В = 251 кг/м ³	р = 2110 кг/м ³ ; Рсж = 25,3 МПа; Морозостойкость 150 циклов	
40.	Белый портландцемент (БПЦ) Серый портландцемент (ППЦ) Отсевы дроблений кварцито-песчанника фракция 0...0,63мм (КВП)	Вязущее ПЦ 80%; КВП 20%	Вязущее рср = 2212 кг/м ³ ; НГ = 17,5%; Сроки схватывания, мин. начало - 150, конец – 320 Риз = 11,3 МПа; Рсж = 78,5 МПа	[4]
41.	Мел (М) Пластифицирующая добавка SikaViscoCrete 32 SCC (СП) Песок (П)	Бетон ПЦ = 236 кг/м ³ =80%; КВП (<0,63мм) = 47,2 кг/м ³ =20%; КВП (0,63...2мм) = 50,9 кг/м ³ КВП (2...5мм) = 86,2 кг/м ³ ; П = 1630,9 кг/м ³ ; В/Ц = 0,74 (220 л); СП = 0,58% (1,71 кг)	Бетон рср = 2190 кг/м ³ ; Удобоукладываемость (ОК) = 18 см; Водоотделение (визуально) – незначительное Вид уплотнения – самоуплотнение (СУ): рср = 2057 кг/м ³ ; Рсж = 34,4 МПа; Водопоглощение 6,9 % масс.; Морозостойкость > 100 циклов; Класс бетона В25 Вид уплотнения – виброуплотнение (ВУ): рср = 2185 кг/м ³ ; Рсж = 39,5 МПа; Водопоглощение 6,1 % масс.; Класс бетона В30	
42.		Вязущее БПЦ 80%; КВП 20%	Вязущее рср = 2190 кг/м ³ ; НГ = 17,0%; Сроки схватывания, мин. начало - 110, конец – 360 Риз = 12,7 МПа; Рсж = 74,1 МПа	
43.		ПЦ 80%; М 20%	рср = 2150 кг/м ³ ; НГ = 18,5% Сроки схватывания, мин. начало - 140, конец – 330 Риз = 12,0 МПа; Рсж = 74,1 МПа	
44.		БПЦ 80%; М 20%	рср = 2178 кг/м ³ ; НГ = 18,0%; Сроки схватывания, мин. начало - 130, конец – 320 Риз = 12,1 МПа; Рсж = 70,4 МПа	
45.		Бетон БПЦ = 245,6 кг/м ³ =80%; М = 61,4 кг/м ³ =20%; П = 1791,1 кг/м ³ ; В/Ц = 0,71 (218 л); СП = 0,82% (2,52 кг)	Бетон рср = 2205 кг/м ³ ; ОК = 17 см; Водоотделение (визуально) – отсутствует Вид уплотнения –СУ: рср = 2080 кг/м ³ ; Рсж = 33,5 МПа; Водопоглощение 6,2 % масс.; Морозостойкость > 100 циклов; Класс бетона В25 Вид уплотнения –ВУ: рср = 2190 кг/м ³ ; Рсж = 38,4 МПа; Водопоглощение 5,7 % масс.; Класс бетона В25	
46.		Вязущее ПЦ 60%; КВП 40%	Вязущее рср = 2197 кг/м ³ ; НГ = 19,0%; Сроки схватывания, мин. начало - 130, конец – 400 Риз = 11,7 МПа; Рсж = 60,7 МПа	
47.		ПЦ 60%; КВП 20%; М 20%	рср = 2240 кг/м ³ ; НГ = 16,5%; Сроки схватывания, мин. начало - 160, конец – 350 Риз = 11,7 МПа; Рсж = 69,4 МПа	
48.		Бетон ПЦ = 191,4 кг/м ³ =60%; М = 63,8 кг/м ³ =20%; КВП (<0,63мм) = 63,8 кг/м ³ =20%; КВП (0,63...2мм) = 55,1 кг/м ³ ; КВП (2...5мм) = 93,3 кг/м ³ ; П = 1706,6 кг/м ³ ; В/Ц = 0,68 (217 л); СП = 0,62% (1,98 кг)	Бетон рср = 2214 кг/м ³ ; ОК = 18 см; Водоотделение (визуально) – незначительное Вид уплотнения –СУ: рср = 2058 кг/м ³ ; Рсж = 35,7 МПа; Водопоглощение 5,2 % масс.; Морозостойкость > 150 циклов; Класс бетона В25 Вид уплотнения –ВУ: рср = 2130 кг/м ³ ; Рсж = 39,0 МПа; Водопоглощение 4,7 % масс.; Класс бетона В30	
49.		Вязущее БПЦ 60%; КВП 20%; М 20%	Вязущее рср = 2171 кг/м ³ ; НГ = 16,0%; Сроки схватывания, мин. начало - 130, конец – 320 Риз = 11,4 МПа; Рсж = 64,7 МПа	
50.		Бетон ПЦ = 215,4 кг/м ³ =60%; М = 71,8 кг/м ³ =20%; КВП (<0,63мм) = 71,8 кг/м ³ =20%; КВП (0,63...2мм) = 62,4 кг/м ³ ; КВП (2...5мм) = 105,6 кг/м ³ ; П = 1638,0 кг/м ³ ; В/Ц = 0,6 (215 л); СП = 0,8% (2,87 кг)	Бетон рср = 2250 кг/м ³ ; ОК = 18 см; Водоотделение (визуально) – отсутствует Вид уплотнения –СУ: рср = 2102 кг/м ³ ; Рсж = 32,1 МПа; Водопоглощение 4,8 % масс.; Морозостойкость > 150 циклов; Класс бетона В25 Вид уплотнения –ВУ: рср = 2160 кг/м ³ ; Рсж = 35,6 МПа; Водопоглощение 4,2 % масс.; Класс бетона В25	
51.		Вязущее БПЦ 60%; М 40%	Вязущее рср = 2155 кг/м ³ ; НГ = 19,5%; Сроки схватывания, мин. начало - 150, конец – 330	

52.		ПЦ + СП	Риз = 12,7 МПа; Рсж = 57,0 МПа рср = 2187 кг/м ³ ; НГ = 20,5%; Сроки схватывания, мин. начало - 140, конец - 310 Риз = 10,5 МПа; Рсж = 64,1 МПа	
53.		ПЦ	рср = 2150 кг/м ³ ; НГ = 27,0%; Сроки схватывания, мин. начало - 130, конец - 270 Риз = 8,4 МПа; Рсж = 51,0 МПа	
54.		Бетон ПЦ = 383 кг/м ³ ; П = 1713 кг/м ³ ; В/Ц = 0,56 (214 л); СП = 0,65% (2,5 кг)	Бетон рср = 2210 кг/м ³ ; ОК = 19 см; Водоотделение (визуально) – незначительное Вид уплотнения – СУ: рср = 2070 кг/м ³ ; Рсж = 33,6 МПа; Водопоглощение 5,7 % масс.; Морозостойкость > 100 циклов; Класс бетона В25 Вид уплотнения – ВУ: рср = 2190 кг/м ³ ; Рсж = 40,5 МПа; Водопоглощение 4,0 % масс.; Класс бетона В30	
55.		БПЦ = 451 кг/м ³ ; П = 1665 кг/м ³ ; В/Ц = 0,47 (212 л); СП = 0,65% (2,93 кг)	рср = 2245 кг/м ³ ; ОК = 20 см; Водоотделение (визуально) – незначительное Вид уплотнения – СУ: рср = 2029 кг/м ³ ; Рсж = 32,5 МПа; Водопоглощение 6,1 % масс.; Морозостойкость > 100 циклов; Класс бетона В25 Вид уплотнения – ВУ: рср = 2156 кг/м ³ ; Рсж = 38,7 МПа; Водопоглощение 4,2 % масс.; Класс бетона В30	
56.	Портландцемент М 400 (ПЦ) Песок Мкр 2,5 (П) Щебень фракции 5-10 (Щ)	Бетон ПЦ = 450 кг/м ³ ; П = 650 кг/м ³ ; Щ = 1151 кг/м ³ ; ОК = 8-10 см	Бетон Скорость вращения при создании тела вращения не менее 300 об/мин. Длительность уплотнения от 50 до 180 сек. Стыковочный шов отсутствует.	[5]
2. Состав и свойства архитектурного и декоративного бетона, применение которого возможно при производстве МАФ				
57.	Белый портландцемент марки М 400	Бетон ПЦ/П = 1:3; В/Ц = 0,49	Бетон Рсж3 = 11,2 МПа; Рсж7 = 18,8 МПа; Рсж28 = 35,0 МПа	[6]
58.	Кварцевый песок с модулем крупности М 1,6	ПЦ/П = 1:3; С-3 = 0,6 % от массы цемента; В/Ц = 0,412	Водоредуцирующий эффект 11%; Рсж3 = 15,2 МПа; Рсж7 = 32,8 МПа; Рсж28 = 42,4 МПа	
59.	Пластифицирующая добавка С-3	ПЦ/П = 1:3; ViscoCrete®-3088 = 0,8 % от массы цемента; В/Ц = 0,36	Водоредуцирующий эффект 24,5%; Рсж3 = 38,4 МПа; Рсж7 = 48,2 МПа; Рсж28 = 58,5 МПа	
60.	Добавка ViscoCrete®-3088	КМ 10% от ПЦ; ПЦ+КМ/П = 1:3; ViscoCrete®-3088 = 0,8 % от массы цемента В/Т = 0,37	Рсж28 = 42,4 МПа	
61.	Карбонаткальциевый отход производства нитроаммофоски (конверсионный мел КМ)	КМ 50% от ПЦ; ПЦ+КМ/П = 1:3; ViscoCrete®-3088 = 0,8 % от массы цемента В/Т = 0,33	Рсж28 = 23,7 МПа	
62.	Портландцемент ЦЕМ I 52.5 Н, белый без минеральных добавок	Бетон ПЦ к П = 1:3; В/Ц = 0,41	Бетон Рсж3 = 4,31 МПа; Рсж28 = 40,12 МПа; Подвижность смеси П1	[7]
63.	1-го сорта (ПЦБ 1-500-Д0). Производитель ОАО «Щуровский цемент» (ПЦ)	ПЦ к П = 1:3; В/Ц = 0,368; СП1 = 3%	Рсж3 = 3,82 МПа; Рсж28 = 45,61 МПа; Подвижность смеси с П1 до П3	
64.	Кварцевый песок строительный, просушенный, фракций: 0,19–0,28; (П) 0,31–0,63; до 2,5 мм; (П) Суперпластификатор-1 на основе сульфированного нафталинформальдегидного конденсата (СП1) Суперпластификатор-2 на основе сульфоната меламин (СП2) Гиперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов (ГП)	ПЦ к П = 1:3; В/Ц = 0,322; СП2 = 2,5%	Рсж3 = 4,20 МПа; Рсж28 = 46,85 МПа; Подвижность смеси с П1 до П3	
65.	Серый портландцемент Красноярский М500 ДО Белый цемент СЕМ I 52,5R Alborg Weit, Египет Отсевы камнедробления гранита, мрамора и известняка, рассеянные на фракции 0-Ю, 16 мм, 0,16-Ю, 63 мм, 0,63-2,5 мм или 0,63-5 мм соответственно. Каменную муку получали путем помола фракции 0-Ю, 16 мм в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности $S_{уд}=3400-4800$ $cMvг$. Пластификатор: германский ГП Melfux 5581F	Бетон Портландцемент Красноярский – 700 кг на 1м ³ ; Гранит молотый (Пм); $S_{УД} = 3700$ $cm^2/г$ – 300 кг на 1м ³ ; Песок тонкий гранитный (Пт), фр. 0,16-0,63 мм – 700 кг на 1м ³ ; Песок крупный гранитный (Пз) фр. 0,63÷2,5 мм – 470 кг на 1м ³ ; ГП Melfux 5581P – 7 кг на 1м ³ ; Вода – 230 кг на 1м ³	Бетон р = 2415 кг/м ³ ; Пм/Ц = 0,43; Пт/Ц = 1; Пз/Ц = 0,67; $\Sigma П/Ц = 2,1$ Прочность через 28 сут. Риз = 18,6 МПа; Рсж = 126 МПа; В/Ц=0,328; В/Т=0,105; Расплав Км 460x460 мм; $C_{RC}^{УА} = 5,55$ кг/МПа; $R_{Ц}^{УА} = 0,18$ МПа/кг; $C_{Ри}^{УА} = 37,6$ кг/МПа; $R_{С/Ри} = 6,77$; $I_{Пт}^{ВЛТ} = 0,26$; $I_{Пз}^{ВЛТ} = 4,854$ Купп. = 0,99; Ств = 76,7%; $V_{вд} = 569,1$; $C_{вд} = 57,5\%$; $V_{вдТ} = 820,9$; $C_{вдТ} = 82,9\%$	[8]
66.	Цемент белый Египетский СЕМ 52.5 – 700 кг на 1м ³ ; Известняк молотый (Пм) $S_{УД} = 3400$ $cm^2/г$ – 300 кг на 1м ³ ; Песок тонкий известняк (Пт), фр. 0,16-0,63 мм – 700 кг на 1м ³ ; Песок крупный известняк (Пз) фр. 0,63÷2,5 мм – 470 кг на 1м ³ ; ГП Melfux 5581P – 7 кг на 1м ³ ; Вода – 186 кг на 1м ³	Цемент белый Египетский СЕМ 52.5 – 700 кг на 1м ³ ; Известняк молотый (Пм) $S_{УД} = 3400$ $cm^2/г$ – 300 кг на 1м ³ ; Песок тонкий известняк (Пт), фр. 0,16-0,63 мм – 700 кг на 1м ³ ; Песок крупный известняк (Пз) фр. 0,63÷2,5 мм – 470 кг на 1м ³ ; ГП Melfux 5581P – 7 кг на 1м ³ ; Вода – 186 кг на 1м ³	р = 2392 кг/м ³ ; Пм/Ц = 0,43; Пт/Ц = 1; Пз/Ц = 0,67; $\Sigma П/Ц = 2,1$ Прочность через 28 сут. Риз = 18,5 МПа; Рсж = 130 МПа; В/Ц=0,266; В/Т=0,085; Расплав Км 430x431 мм; $C_{RC}^{УА} = 5,38$ кг/МПа; $R_{Ц}^{УА} = 0,18$ МПа/кг; $C_{Ри}^{УА} = 37,8$ кг/МПа; $R_{С/Ри} = 7,02$; $I_{Пт}^{ВЛТ} = 2,04$; $I_{Пз}^{ВЛТ} = 4,52$; Купп. = 0,974; Ств = 80,6%; $V_{вд} = 528,9$; $C_{вд} = 54,9\%$; $V_{вдТ} = 788,1$; $C_{вдТ} = 81,9\%$	
67.	Цемент белый Египетский СЕМ 52.5 – 700 кг на 1м ³ ; Мрамор молотый (Пм) $S_{УД} = 3800$ $cm^2/г$ – 300 кг на 1м ³ ; Песок тонкий мраморный (Пт), фр. 0,16-0,63 мм – 700 кг на 1м ³ ; Песок крупный мраморный (Пз) фр. 0,63÷2,5 мм – 470	Цемент белый Египетский СЕМ 52.5 – 700 кг на 1м ³ ; Мрамор молотый (Пм) $S_{УД} = 3800$ $cm^2/г$ – 300 кг на 1м ³ ; Песок тонкий мраморный (Пт), фр. 0,16-0,63 мм – 700 кг на 1м ³ ; Песок крупный мраморный (Пз) фр. 0,63÷2,5 мм – 470	р = 2496 кг/м ³ ; Пм/Ц = 0,43; Пт/Ц = 1; Пз/Ц = 0,67; $\Sigma П/Ц = 2,1$ Прочность через 28 сут. Риз = 19,1 МПа; Рсж = 127 МПа В/Ц=0,285; В/Т=0,091; Расплав Км 525x522 мм; $C_{RC}^{УА} = 5,5$ кг/МПа; $R_{Ц}^{УА} = 0,18$ МПа/кг;	

		кг на 1м ³ ; ГП Melfux 5581P – 7 кг на 1м ³ ; Вода – 200 кг на 1м ³	$\rho_{\text{ри}}^{\text{уд}} = 36,6$ кг/МПа; $\rho_{\text{с/ри}} = 6,65$; $\text{И}_{\text{пт}}^{\text{вд}} = 2,21$; $\text{И}_{\text{пт}}^{\text{вдт}} = 4,79$; $\text{Купп.} = 0,985$; $\text{Ств} = 78,6\%$; $\text{Ввд} = 534,6$; $\text{Свд} = 56,9\%$; $\text{Ввдт} = 776$; $\text{Свдт} = 78,6\%$	
68.	“Лежалый” фосфогипс Балаковского филиала (БФ АО “Апатит”)	Бетон Ф/И = 2:1; Ц = 30 %; П = 15 %; пигмента 5 %; В/Т = 2:1	Бетон Рсж = 23,5 МПа; Риз = 3,6 МПа	[9]
69.	Известь (И) Гидравлический вяжущий цемент М500 (Ц) Мелкий песок (П)	Ф/И = 2:1; Ц = 30 %; П = 15 %; пигмента 5 %; В/Т = 2:1; Л = 10%	Рсж = 24,5 МПа; Риз = 4,0 МПа	
70.	Противоморозная добавка “ЛАКРА” на основе нитрита кальция (Л)	Ф/И = 2:1; Ц = 30 %; П = 15 %; пигмента 5 %; В/Т = 2:1; АЭ = 10%	Рсж = 19,8 МПа; Риз = 3,1 МПа	
71.	Гидроизоляционная добавка “ПенетронАдмикс” (ПА)	Ф/И = 2:1; Ц = 30 %; П = 15 %; пигмента 5 %; В/Т = 2:1; БВ = 10%	Рсж = 19,5 МПа; Риз = 3,6 МПа	
72.	Акриловая эмульсия (АЭ) Базальтовые волокна (БВ)	Ф/И = 2:1; Ц = 60 %; П = 15 %; пигмента 5 %; В/Т = 2:1; Л = 10%; ПА = 5%	Рсж = 27,5 МПа; Риз = 4,5 МПа	
73.	Готовая смесь на основе белого цемента AalborgExtreme 120	Бетон Готовая смесь на основе белого цемента AalborgExtreme 120 Вода	Бетон Размер зерен заполнителя менее 3 мм Усадка при твердении по EN12617 (образцы в виде призм размерами 40x40x160 мм) в возрасте 90 сут. менее 600 мкм/м Время схватывания по Проктору (до достижения прочности 3,5 МПа) 6,5 – 7,5 ч. Предел прочности при сжатии по EN196-1 (образцы в виде призм размерами 40x40x160 мм) в возрасте 1 сут. более 75 МПа в возрасте 28 сут. более 130 МПа Модуль Юнга по EN12390-13 в возрасте 28 сут. 50 ГПа Предел прочности при изгибе по EN12390-5 (образцы в виде призм размерами 100x100x500 мм) в возрасте 28 сут. более 14 МПа	[10]
74.	Белый цемент Shargh Cement Co. (Ц) Белый каменный порошок (Сабзевар, Иран) (БКП) Гранитный порошок (Мешхеда, Иран) (ГП)	Бетон В/Ц = 0,475; Ц = 400 кг/м ³ ; БКП = 150 кг/м ³ ; В = 190 кг/м ³ ; СП = 8 кг/м ³ ; ГП = 600 кг/м ³ ; БП = 900 кг/м ³ ; ВМД = 4 кг/м ³	Бетон Расплав конуса = 80 см; Рсж = 42,2 МПа; Модуль упругости E = 33 ГПа; W28 = 2,1 %; После 100 циклов замораживания/оттаивания: Потеря в весе = 0,74 %; Потеря прочности при сжатии = 4,76 %	[11]
75.	Белый пигмент (Сабзевар, Иран) (БП) Красный шлам Джаджармский глиноземный завод (расположен в провинции Северный Хорасан) (КШ)	В/Ц = 0,475; Ц = 390 кг/м ³ ; КШ = 10 кг/м ³ ; БКП = 150 кг/м ³ ; В = 190 кг/м ³ ; СП = 8 кг/м ³ ; ГП = 600 кг/м ³ ; БП = 900 кг/м ³ ; ВМД = 4 кг/м ³	Расплав конуса = 79 см; Рсж = 42,5 МПа; E = 29,8 ГПа; W28 = 2,25 %; После 100 циклов замораживания/оттаивания: Потеря в весе = 0,72 %; Потеря прочности при сжатии = 5,95 %	
76.	Суперпластификатор SakhtemanShimi Co. (СП) Вязкостная модифицирующая добавка (ВМД)	В/Ц = 0,475; Ц = 380 кг/м ³ ; КШ = 20 кг/м ³ ; БКП = 150 кг/м ³ ; В = 190 кг/м ³ ; СП = 8 кг/м ³ ; ГП = 600 кг/м ³ ; БП = 900 кг/м ³ ; ВМД = 4 кг/м ³	Расплав конуса = 77 см; Рсж = 39,1 МПа; E = 29,4 ГПа; W28 = 2,3 %; После 100 циклов замораживания/оттаивания: Потеря в весе = 0,7 %; Потеря прочности при сжатии = 5,98 %	
77.	ZhikavaCo	В/Ц = 0,475; Ц = 370 кг/м ³ ; КШ = 30 кг/м ³ ; БКП = 150 кг/м ³ ; В = 190 кг/м ³ ; СП = 8 кг/м ³ ; ГП = 600 кг/м ³ ; БП = 900 кг/м ³ ; ВМД = 4 кг/м ³	Расплав конуса = 77 см; Рсж = 36,7 МПа; E = 28,9 ГПа; W28 = 2,42 %; После 100 циклов замораживания/оттаивания: Потеря в весе = 0,67 %; Потеря прочности при сжатии = 6,02 %	
78.		В/Ц = 0,475; Ц = 400 кг/м ³ ; КШ = 37,5 кг/м ³ ; БКП = 112,5 кг/м ³ ; В = 190 кг/м ³ ; СП = 9 кг/м ³ ; ГП = 600 кг/м ³ ; БП = 900 кг/м ³ ; ВМД = 4 кг/м ³	Расплав конуса = 75 см; Рсж = 40,0 МПа; E = 32 ГПа; W28 = 2,4 %; После 100 циклов замораживания/оттаивания: Потеря в весе = 0,66 %; Потеря прочности при сжатии = 5,88 %	
79.		В/Ц = 0,475; Ц = 400 кг/м ³ ; КШ = 75 кг/м ³ ; БКП = 75 кг/м ³ ; В = 190 кг/м ³ ; СП = 10 кг/м ³ ; ГП = 600 кг/м ³ ; БП = 900 кг/м ³ ; ВМД = 4 кг/м ³	Расплав конуса = 72 см; Рсж = 39,3 МПа; E = 29,0 ГПа; W28 = 2,7 %; После 100 циклов замораживания/оттаивания: Потеря в весе = 0,63 %; Потеря прочности при сжатии = 6,72 %	
80.		В/Ц = 0,475; Ц = 400 кг/м ³ ; КШ = 112,5 кг/м ³ ; БКП = 37,5 кг/м ³ ; В = 190 кг/м ³ ; СП = 11 кг/м ³ ; ГП = 600 кг/м ³ ; БП = 900 кг/м ³ ; ВМД = 4 кг/м ³	Расплав конуса = 71 см; Рсж = 38,0 МПа; E = 29,0 ГПа; W28 = 2,9 %; После 100 циклов замораживания/оттаивания: Потеря в весе = 0,58 %; Потеря прочности при сжатии = 6,05 %	
81.	Белый цемент BL П/А-L 42,5 R фирмы Lafarge (БЦ) Зеленое переработанное стекло (фракции от 4 до 8 мм) (ЗС)	Бетон В/Ц = 0,48; БЦ = 6,25 кг; П = 8,75 кг; В = 3 л	Бетон Образцы испытывали на 14 сутки: Рсж = 25,26 МПа; Риз = 0,69 кН	[12]
82.	Природный песок (фракция до 2 мм) (П)	В/Ц = 0,48; БЦ = 6,25 кг; П = 8,75 кг; ЗС = 13,75 кг; В = 3 л	Рсж = 19,79 МПа; Риз = 0,8 кН	
83.	Полипропиленовые волокна SikaFiber (ПВ)	В/Ц = 0,48; БЦ = 6,25 кг; П = 8,75 кг; ЗС = 27,5 кг; В = 3 л; ПВ = 1/4	Рсж = 9,6 МПа; Риз = 0,44 кН	
84.	Портландцемент СЕМІ 42,5 R Holcim Slovakia s. (ПЦ)	Бетон ПЦ 3, Вода	Бетон Рсж = 27,64 МПа; W = 6,58%; p = 2430 кг/м ³	[13]
85.	Заполнитель Гека 0-4мм и 4-8 мм (З)	ПЦ 3, Вода, ЖП красный 5% от массы вяжущего	Рсж = 30,25 МПа; W = 7,5%; p = 2410 кг/м ³	
86.	Жидкий пигмент красного, желтого и коричневого цвета фирмы Remei CZ s. r. o. (ЖП)	ПЦ 3, Вода, ЖП желтый 5% от массы вяжущего	Рсж = 24,63 МПа; W = 7,64%; p = 2360 кг/м ³	
87.	Золы-уноса (ЗУ)	ПЦ 3, Вода, ЖП коричневый 5% от массы вяжущего	Рсж = 32,97 МПа; W = 6,87%; p = 2290 кг/м ³	
88.		ПЦ 3, Вода, ЗУ 25% от массы цемента	Рсж = 21,77 МПа; W = 9,01%; p = 2240 кг/м ³	
89.		ПЦ 3, Вода, ЖП красный 5% от массы цемента, ЗУ 25% от массы цемента	Рсж = 22,16 МПа; W = 8,53%; p = 2280 кг/м ³	
90.		ПЦ 3, Вода, ЖП желтый 5% от массы цемента, ЗУ 25% от массы цемента	Рсж = 18,59 МПа; W = 8,86%; p = 2340 кг/м ³	

91.		ПЦ 3, Вода, ЖП коричневый 5% от массы цемента, ЗУ 25% от массы цемента	Рсж = 27,38 МПа; W = 8,33%; ρ = 2250 кг/м ³	
92.	Серый цемент типа IASTMC150 (СЦ) Белый цемент типа I ASTMС150 (Северный Ливан) (БЦ) Суперпластификатор Conplast 430 Fosroc (Германия) (СП) Крупный заполнитель (КП) Песок (П)	Бетон Номинальная прочность на сжатие – 20 МПа; СЦ = 294 кг; В = 217 кг; В/Ц – 0,74; П = 730 кг; КП = 1041 кг	Бетон Усадка 5 см; Содержание воздуха 2,33 %; Сроки схватывания: начало – 256 мин. конец – 470 мин. Прочность бетонных образцов на растяжение при раскалывании = 2,10 МПа; Прочность на изгиб Rиз = 3,20 МПа	[14]
93.		Номинальная прочность на сжатие – 40 МПа; СЦ = 430 кг; В = 205 кг; В/Ц – 0,48; П = 722 кг; КП = 960 кг; СП = 1 л/100 кг	Усадка 15 см; Содержание воздуха 2,5 %; Сроки схватывания: начало – 189 мин. конец – 279 мин. Прочность бетонных образцов на растяжение при раскалывании = 2,71 МПа; Rиз = 5,72 МПа	
94.		Номинальная прочность на сжатие – 60 МПа; СЦ = 630 кг; В = 193 кг; В/Ц – 0,31; П = 594 кг; КП = 1007 кг; СП = 2 л/100 кг	Усадка 25 см; Содержание воздуха 2,4 %; Прочность бетонных образцов на растяжение при раскалывании = 3,34 МПа; Rиз = 7,44 МПа	
95.		Номинальная прочность на сжатие – 20 МПа; БЦ = 294 кг; В = 217 кг; В/Ц – 0,74; П = 730 кг; КП = 1041 кг;	Усадка 8,5 см; Содержание воздуха 2,35 %; Сроки схватывания: начало – 155 мин. конец – 230 мин. Прочность бетонных образцов на растяжение при раскалывании = 1,81 МПа; Rиз = 3,28 МПа	
96.		Номинальная прочность на сжатие – 40 МПа; БЦ = 430 кг; В = 205 кг; В/Ц – 0,48; П = 722 кг; КП = 960 кг; СП = 1 л/100 кг	Усадка 25 см; Содержание воздуха 2,1 %; Сроки схватывания: начало – 180 мин. конец – 240 мин. Прочность бетонных образцов на растяжение при раскалывании = 2,61 МПа; Rиз = 5,83 МПа	
97.		Номинальная прочность на сжатие – 60 МПа; БЦ = 630 кг; В = 193 кг; В/Ц – 0,31; П = 594 кг; КП = 1007 кг; СП = 2 л/100 кг	Усадка 25 см; Содержание воздуха 2,5 %; Прочность бетонных образцов на растяжение при раскалывании = 2,97 МПа; Rиз = 8,26 МПа	
98.	Белый портландцемент 42,5 Турция (БЦ) Дробленый белый мрамор фракций: – мелкая 5 мм (ММ) – средняя 7-15 мм (СМ) – крупная 15-25 мм (КМ) Мелкодисперсная пемза (МП) Микрокремнезем Антальяского электрометаллургического завода (МК) Зола-унос ТЭС Soma-B (ЗУ)	Бетон БЦ = 312 кг/м ³ ; ММ = 1050 кг/м ³ ; СМ = 455 кг/м ³ ; КМ = 275 кг/м ³ ; В = 171 кг/м ³	Бетон Усадка 9 см; Рсж = 35,5 МПа	[15]
99.		БЦ = 351 кг/м ³ ; ММ = 1050 кг/м ³ ; СМ = 455 кг/м ³ ; КМ = 275 кг/м ³ ; В = 185 кг/м ³	Усадка 8 см; Рсж = 36,0 МПа	
100.		БЦ = 383 кг/м ³ ; ММ = 1050 кг/м ³ ; СМ = 455 кг/м ³ ; КМ = 275 кг/м ³ ; В = 196 кг/м ³	Усадка 7 см; Рсж = 44,9 МПа	
101.		БЦ = 312 кг/м ³ ; ММ = 1050 кг/м ³ ; СМ = 725 кг/м ³ ; В = 180 кг/м ³	Усадка 8 см; Рсж = 27,0 МПа	
102.		БЦ = 351 кг/м ³ ; ММ = 1050 кг/м ³ ; СМ = 725 кг/м ³ ; В = 194 кг/м ³	Усадка 8 см; Рсж = 36,9 МПа	
103.		БЦ = 383 кг/м ³ ; ММ = 1050 кг/м ³ ; СМ = 725 кг/м ³ ; В = 210 кг/м ³	Усадка 9 см; Рсж = 43,0 МПа	
104.		БЦ = 150 гр; МП = 1000 гр; В/Ц 50%	Рсж = 12,0 МПа	
105.		БЦ = 250 гр; МП = 1000 гр; ЗУ = 100 гр; В/Ц 50%	Рсж = 9,5 МПа	
106.		БЦ = 150 гр; МП = 1000 гр; ЗУ = 100 гр; В/Ц 43%; СП = 1%	Рсж = 14,5 МПа	
107.		БЦ = 150 гр; МП = 1000 гр; МК = 100 гр; В/Ц 50%	Рсж = 9,5 МПа	
108.	Днепровский шлак (ДШ) Негигроскопичный метасиликат натрия Отбеливающие добавки каолин класса КН 84 (90%) и каолин класса КН 84 (84%) Песок Гусаровского месторождения Харьковской области	Бетон Днепровский шлак (ДШ) Негигроскопичный метасиликат натрия Отбеливающие добавки каолин класса КН 84 (90%) и каолин класса КН 84 (84%) Песок Гусаровского месторождения Харьковской области	Бетон Рсж = 57,0 МПа Степень белизны 89,4 %	[16]
109.	Портландцемент М400 – серый (СЦ) – белый (БЦ) – цветной (ЦЦ) Кварцевый песок Мкр = 2-3 (КП) Щебень фракции 5-10 мм – известняковый (ИЩ) – гранитный (ГЩ)	Бетон ЦЦ = 600 кг/м ³ ; КП = 1410 кг/м ³ ; В = 305 л/м ³	Бетон Подвижность 5 см; Рсж = 16,7 МПа; ρ = 2150 кг/м ³ ; Водопоглощение 8,4%	[17]
110.		БЦ = 407 кг/м ³ ; КП = 488 кг/м ³ ; ГЩ = 1342 кг/м ³ ; В = 205 л/м ³	Подвижность 5 см; Рсж = 17,1 МПа; ρ = 2215 кг/м ³ ; Водопоглощение 8,1%	
111.		БЦ = 370 кг/м ³ ; КП = 750 кг/м ³ ; ИЩ = 1125 кг/м ³ ; В = 192 л/м ³	Подвижность 6 см; Рсж = 16,4 МПа; ρ = 2035 кг/м ³ ; Водопоглощение 8,6%	
112.		БЦ = 442 кг/м ³ ; КП = 1430 кг/м ³ ; ГЩ = 1430 кг/м ³ ; В = 272 л/м ³	Подвижность 5 см; Рсж = 17,6 МПа; ρ = 2310 кг/м ³ ; Водопоглощение 8,8%	
113.		СЦ = 302 кг/м ³ ; КП = 407 кг/м ³ ; ИЩ = 1450 кг/м ³ ; В = 278 л/м ³	Подвижность 6 см; Рсж = 15,8 МПа; ρ = 2100 кг/м ³ ; Водопоглощение 9,1%	
114.	Портландцемент М400 (ПЦ) Тонкомолотая добавка (молотый шлакопемзовый песок) (ТД) Шлакопемзовый песок (ШП) Гранулированный доменной шлак (ГШ)	Бетон ПЦ = 16,9 мас.%; ТД = 15,8 мас.%; ШП = 67,3 мас.%	Бетон Влажность 3 мас.%; Рсж = 22 МПа; ρ = 1720 кг/м ³ ; Водопоглощение 14 %; Коэффициент теплопроводности образца в сухом состоянии КТП = 0,326 Вт/(м·С); Морозостойкость 300 циклов; Цвет бетона – серый; Класс прочности В15	[18]
115.	Гранитный щебень фракции (ГЩ) Пигмент – капут-мортум (ПК) – венецианская красная (ПВК)	ПЦ = 16,9 мас.%; ТД = 15,8 мас.%; ШП = 67,3 мас.%; ПК = 3 мас.%; ПВК = 3 мас.%	Влажность 1,2/1,4 мас.%; Рсж = 22,5/23,3 МПа; ρ = 1880/1920 кг/м ³ ; Водопоглощение 13,9/13,8 %; Морозостойкость 305/310 циклов; Цвет бетона – бордовый светлых тонов/розовый светлых тонов; Класс прочности В15	
116.		ПЦ = 16,9 мас.%; ТД = 15,8 мас.%; ШП = 67,3 мас.%; ПК = 6 мас.%; ПВК = 6 мас.%	Влажность 1,6/1,0 мас.%; Рсж = 24,5/27,7 МПа; ρ = 1990/1910 кг/м ³ ; Водопоглощение 13,3/12,8 %; КТП = – /0,394 Вт/(м·С); Морозостойкость 315/315 циклов; Цвет бетона – бордовый/малиновый; Класс прочности В15	
117.		ПЦ = 16,9 мас.%; ТД = 15,8 мас.%; ШП = 67,3 мас.%; ПК = 9 мас.%; ПВК = 9 мас.%	Влажность 1,5/1,3 мас.%; Рсж = 22,6/25,6 МПа; ρ = 1910/1910 кг/м ³ ; Водопоглощение 13,6/13,6 %; Морозостойкость 310/310 циклов; Цвет бетона – насыщенный	

			бордовый/ насыщенный розово-красный; Класс прочности В15	
118.		ПЦ = 20,3 мас.%; ТД = 18,2 мас.%; ГШ = 61,5 мас.%	Влажность 4,2 мас.%; Рсж = 23,0 МПа; $\rho = 1700 \text{ кг/м}^3$; Водопоглощение 18,6%; КТП = 0,455 Вт/(м ² С); Морозостойкость 300 циклов; Цвет бетона – серый; Класс прочности В15	
119.		ПЦ = 20,3 мас.%; ТД = 18,2 мас.%; ГШ = 61,5 мас.%; ПВК = 3 мас.%	Влажность 3,3 мас.%; Рсж = 25,7 МПа; $\rho = 1950 \text{ кг/м}^3$; Водопоглощение 16,6%; Морозостойкость 310 циклов; Цвет бетона – розовый светлых тонов; Класс прочности В15	
120.		ПЦ = 20,3 мас.%; ТД = 18,2 мас.%; ГШ = 61,5 мас.%; ПВК = 6 мас.%	Влажность 2,7 мас.%; Рсж = 29 МПа; $\rho = 1960 \text{ кг/м}^3$; Водопоглощение 16,3%; Морозостойкость 315 циклов; Цвет бетона – малиновый; Класс прочности В20	
121.		ПЦ = 20,3 мас.%; ТД = 18,2 мас.%; ГШ = 61,5 мас.%; ПВК = 9 мас.%	Влажность 1,6 мас.%; Рсж = 28 МПа; $\rho = 1960 \text{ кг/м}^3$; Водопоглощение 17%; Морозостойкость 310 циклов; Цвет бетона – насыщенный розово-красный; Класс прочности В20	
122.	Белый цемент ОАО «Щуровский цемент» (Ц) Песок (П) Щебень (Щ) Добавка С-3	Бетон Ц = 266 кг/м ³ ; П = 710 кг/м ³ ; Щ = 1184 кг/м ³ ; В = 195 кг/м ³ ; В/Ц = 0,73	Бетон $\rho = 2355 \text{ кг/м}^3$ через 30 мин. после изг.; Осадка конуса, через – 5 мин. = 8 см, – 30 мин. = 5 см, – 60 мин. = 2 см; Рсж = 22,9 МПа; Марка по морозостойкости F100	[19]
123.		Ц = 303 кг/м ³ ; П = 650 кг/м ³ ; Щ = 1215 кг/м ³ ; В = 200 кг/м ³ ; В/Ц = 0,66	$\rho = 2368 \text{ кг/м}^3$ через 30 мин. после изг.; Осадка конуса, через – 5 мин. = 10 см, – 30 мин. = 6 см, – 60 мин. = 3 см; Рсж = 28,5 МПа; Марка по морозостойкости F150	
124.		Ц = 300 кг/м ³ ; П = 712 кг/м ³ ; Щ = 1230 кг/м ³ ; В = 162 кг/м ³ ; В/Ц = 0,54; С-3 = 0,8 %	$\rho = 2404 \text{ кг/м}^3$ через 30 мин. после изг.; Осадка конуса, через – 5 мин. = 14 см, – 30 мин. = 5 см, – 60 мин. = 2 см; Рсж = 38,2 МПа; Марка по морозостойкости F200	
125.		Ц = 393 кг/м ³ ; П = 646 кг/м ³ ; Щ = 1141 кг/м ³ ; В = 210 кг/м ³ ; В/Ц = 0,53	$\rho = 2390 \text{ кг/м}^3$ через 30 мин. после изг.; Осадка конуса, через – 5 мин. = 12 см, – 30 мин. = 8 см, – 60 мин. = 4 см; Рсж = 36,4 МПа; Марка по морозостойкости F200	
126.		Ц = 560 кг/м ³ ; П = 1560 кг/м ³ ; В = 165 кг/м ³ ; В/Ц = 0,29	$\rho = 2285 \text{ кг/м}^3$; Коэфф.уплот. 0,95; Водопоглощение 5%; Рсж = 47 МПа; Марка по морозостойкости F200	
127.		Ц = 556 кг/м ³ ; П = 1550 кг/м ³ ; В = 164 кг/м ³ ; В/Ц = 0,29	$\rho = 2270 \text{ кг/м}^3$; Коэфф.уплот. 0,91; Водопоглощение 5,5%; Рсж = 45,8 МПа; Марка по морозостойкости F200	
128.		Ц = 544 кг/м ³ ; П = 1516 кг/м ³ ; В = 160 кг/м ³ ; В/Ц = 0,29	$\rho = 2220 \text{ кг/м}^3$; Коэфф.уплот. 0,91; Водопоглощение 8%; Рсж = 26,3 МПа; Марка по морозостойкости F100	
129.	Цемент белый египетский 52,5 СЕМ (Ц) Известняк молотый, плотный, дробностью Д1000 (И)	Бетон Ц = 700 кг/м ³ ; И = 300 кг/м ³ ; П = 700 кг/м ³ ; ПЗ = 470 кг/м ³ ; ГП = 7 кг/м ³ (1%); В = 200 кг/м ³	Бетон Стоимость компонентов 10 751 руб./м ³	[20]
130.	Песок тонкозернистый известняковый, фракции 0,16-0,63 мм (П) Песок-заполнитель известняковый, фракции 0,63-2,5 (5,0) мм (ПЗ) Гиперпластификатор Melflux 5581 (ГП)	Ц = 400 кг/м ³ ; И = 350 кг/м ³ ; П = 620 кг/м ³ ; ПЗ = 1040 кг/м ³ ; ГП = 4 кг/м ³ (1%); В = 163 кг/м ³	Стоимость компонентов 6 855 руб./м ³ <i>Оценивалась сравнительная стоимость компонентов бетонных смесей ПАПБ с гиперпластификатором Melflux с различным содержанием их в 1 м³ бетона</i>	
131.	Цемент белый египетский 52,5 СЕМ (Ц) Пигмент красный (ПК) Гиперпластификатор Melflux 5581 (ГП) Известняк молотый Суд. = 3700 см ² /г (И) Песок тонкозернистый известняковый, фракции 0,16-0,63 мм (П) Песок-заполнитель известняковый, фракции 0,63-2,5 (5,0) мм (ПЗ)	Бетон Ц = 730 кг/м ³ ПК = 36 кг/м ³ (5% от Ц) ГП = 7 кг/м ³ (1% от Ц) И = 300 кг/м ³ П = 700 кг/м ³ ПЗ = 470 кг/м ³ В = 195 кг/м ³	Бетон Рсж = 144 МПа Риз = 19,7 МПа рвл 1сут. = 2454 кг/м ³ Куп = 0,993 Расплав конуса 28 см	[21]
132.	Гиперпластификатор Melflux (ГП) Пластификатор Melment (П) Суспензии микрокремнезема (СМ) Минеральные шлаковые и карбонатные порошки Эфиры целлюлозы Mecellose (СД) Известняковый наполнитель Суд. = 500 см ² /г (И)	Бетон СМ от 10 до 15% от массы цемента СД 0,1 % от массы цемента <i>Состав полностью не раскрыт</i>	Бетон При ГП = 0,4 % Рсж = 37 МПа Расплав конуса = 70 см При П = 0,425 % Рсж = 50,5 МПа Расплав конуса = 67 см	[22]
133.	Цемент белый египетский Aalborg I 52,5 N СЕМ (Ц) Фотолуминесцентный пигмент (ФП)	Бетон В/Ц = 0,42; ФП = 0 % от массы Ц	Бетон $\rho = 2363 \text{ кг/м}^3$; Рсж = 55,3 МПа; Марка по морозостойкости F200	[23]
134.		В/Ц = 0,40; ФП = 5 % от массы Ц	$\rho = 2363 \text{ кг/м}^3$; Рсж = 55,0 МПа; Марка по морозостойкости F200	
135.		В/Ц = 0,45; ФП = 10 % от массы Ц	$\rho = 2360 \text{ кг/м}^3$; Рсж = 54,9 МПа; Марка по морозостойкости F200	
136.		В/Ц = 0,45; ФП = 15 % от массы Ц	$\rho = 2350 \text{ кг/м}^3$; Рсж = 32,3 МПа; Марка по морозостойкости F100	
137.		В/Ц = 0,44; ФП = 20 % от массы Ц	$\rho = 2364 \text{ кг/м}^3$; Рсж = 28,5 МПа; Марка по морозостойкости F100	
138.	Серый цемент марки ПЦ500ДО (СЦ) Речной песок асиновского месторождения Мк = 1,5-2,0 (П)	Бетон В/Т = 0,2; Ц:П = 30:70	Бетон Рсж пропар. = 25,4 МПа; Рсж пропар. 28 сут. = 28,2 МПа; Рсж н.т. 28 сут. = 51,5 МПа; Цвет – серый	[24]

139.	Пигмент из железосодержащего шлама (ЖСШ) красный	V/T = 0,2; Ц:П = 30:70; ЖСШ = 2%	Рсжпропар.= 26,4 МПа; Рсж пропар.28 сут.= 26,1 МПа; Рсж н.т.28 сут.= 52,8 МПа; Цвет – серо-розовый (бледный)	
140.		V/T = 0,21; Ц:П = 30:70; ЖСШ = 3%	Рсжпропар.= 21,9 МПа; Рсж пропар.28 сут.= 26,6 МПа; Рсж н.т.28 сут.= 44,6 МПа; Цвет – серо-розовый	
141.		V/T = 0,21; Ц:П = 30:70; ЖСШ = 4%	Рсжпропар.= 19,1 МПа; Рсж пропар.28 сут.= 31,2 МПа; Рсж н.т.28 сут.= 40,9 МПа; Цвет – светло-красный	
142.		V/T = 0,22; Ц:П = 30:70; ЖСШ = 8%	Рсжпропар.= 17,6 МПа; Рсж пропар.28 сут.= 26,5 МПа; Рсж н.т.28 сут.= 33,1 МПа; Цвет – красный	
143.	Портландцемент белый ГОСТ 965-89 (ПЦ) Песок фракции 2,5-5мм (Люберецкий и Воронежский карьеры) (П) Пигмент Пластификатор С-3	Бетон В/Ц = 0,34; ПЦ = 469 кг/м ³ ; П = 1641 кг/м ³ ; В = 159 кг/м ³	Бетон ОК = 14 см; ρ = 2288 кг/м ³ ; Воздуховлечение = 4,5%; Рсж = 81,0 МПа	[25]
144.		В/Ц = 0,35; ПЦ = 471 кг/м ³ ; П = 1649 кг/м ³ ; В = 165 кг/м ³	ОК = 16 см; ρ = 2295 кг/м ³ ; Воздуховлечение = 5,6%; Рсж = 84,0 МПа	
145.		В/Ц = 0,34; ПЦ = 468 кг/м ³ ; П = 1637 кг/м ³ ; В = 161 кг/м ³	ОК = 18 см; ρ = 2281 кг/м ³ ; Воздуховлечение = 5,8%; Рсж = 84,4 МПа	
146.		В/Ц = 0,38; ПЦ = 466 кг/м ³ ; П = 1628 кг/м ³ ; В = 179 кг/м ³	ОК = 23 см; ρ = 2272 кг/м ³ ; Воздуховлечение = 5,8%; Рсж = 84,4 МПа	
147.		В/Ц = 0,37; ПЦ = 467 кг/м ³ ; П = 1632 кг/м ³ ; В = 174 кг/м ³	ОК = 21 см; ρ = 2275 кг/м ³ ; Воздуховлечение = 5,8%; Рсж = 84,4 МПа	
148.	Портландцементный клинкер Твердый модификатор Наполнители (гипс и пигменты) Заполнители Функциональные добавки	–	Бетон Рсж = 30,0 МПа Класс бетона 30В Морозостойкость 200 циклов Водопоглощение до 5%	[26]
149.	Портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н (ПЦ) Песок (П) Суперпластификатор «Реламикс» (СП) Золь нанокремнезема (ЗН) Микрокремнезем (М) Белая сажа (БС) Глауконитовый песок (ГП) Суперпластификатор С-3 Наномодифицирующая добавка, содержащая золь кремниевой кислоты (НД) Портландцемент общестроительного класса ЦЕМ I 52,5 Н (марки ПЦ 500-Д0-Н) (Ц) Природный речной кварцевый песок (П) Мк=2,65, ри=2,64 г/м ³ , ри=1,55 г/м ³ Добавка ЛинамиксПК.(Л) Микрокремнезем - средним размером 0,1 мкм и удельной поверхностью 16-22 м ² /г.(М) Золь нанокремнезема SiO ₂ :SiO ₂ - 22,5%, ρ=1,14 г/см ³ . Минимальный размер составил 45 нм и средний размер 60 нм.(З) Белая сажа марки с массовой долей оксида кремния SiO ₂ не менее 76% (БС)	Бетон ПЦ = 24,7 мас.%; П = 65,3725 мас.%; СП = 0,2 мас.%; ЗН = 0,0025 мас.%; М = 1,3 мас.%; БС = 0,025 мас.%; В = 8,4 мас.%	Бетон Рсж = 30,9 МПа; Водопоглощение 2,4 %	[27]
150.		ПЦ = 18,65-22,93 мас.%; С-3 = 0,18 – 0,23 мас.%; ГП = 74,53 – 68,8 мас.%; НД = 0,005-0,02 мас.%	Рсж = 54,8 МПа; Водопоглощение 2,2 %	
151.		Ц = 22,12 мас.%; В = 5,76 мас.%; З = 0,345 мас.%; М = 1,991 мас.%; БС = 0,044 мас.%; Л = 3,384 мас.%; П = 66,36 мас.%	Подвижность смеси 12,4 см; Рсж = 82,3 МПа; Пористость = 4,3 %; Водопоглощение 2,1 %	
152.	Серый портландцемент стандарта EN197 – 1/2000 (Ц) Белый цемент Амман, Йордания (БЦ) Смесь мелкого известняка и природного кварцевого песка (СИ) Крупнозернистый известняк макс.фр. 19 мм (КИ) Поликарбонированный эфир HRWR Structo-W450 (СП)	Бетон В/Ц = 0,45; Ц = 450 кг/м ³ ; СИ = 850 кг/м ³ ; КИ = 743 кг/м ³ ; В = 203 кг/м ³ ; СП = 5,4 кг/м ³	Бетон Рсж = 58,0 МПа; Расплав конуса от 68 до 70 см	[28]
153.		В/Ц = 0,45; Ц = 405 кг/м ³ ; БЦ = 45 кг/м ³ ; СИ = 850 кг/м ³ ; КИ = 743 кг/м ³ ; В = 203 кг/м ³ ; СП = 6 кг/м ³	Рсж = 51,8 МПа; Расплав конуса от 68 до 70 см	
154.		В/Ц = 0,45; Ц = 383 кг/м ³ ; БЦ = 67 кг/м ³ ; СИ = 850 кг/м ³ ; КИ = 743 кг/м ³ ; В = 203 кг/м ³ ; СП = 6,5 кг/м ³	Рсж = 42,4 МПа; Расплав конуса от 68 до 70 см	
155.		В/Ц = 0,45; Ц = 360 кг/м ³ ; БЦ = 90 кг/м ³ ; СИ = 850 кг/м ³ ; КИ = 743 кг/м ³ ; В = 203 кг/м ³ ; СП = 7 кг/м ³	Рсж = 41,8 МПа; Расплав конуса от 68 до 70 см	
156.		В/Ц = 0,45; Ц = 337 кг/м ³ ; БЦ = 113 кг/м ³ ; СИ = 850 кг/м ³ ; КИ = 743 кг/м ³ ; В = 203 кг/м ³ ; СП = 11,25 кг/м ³	Рсж = 39,5 МПа; Расплав конуса от 68 до 70 см Ом-м	
157.	Белый портландцемент (БЦ) Молотый гранулированный доменной шлак (Ш) Химический активатор Na ₂ SO ₄ с 4% связующим (50 АСВ) Модифицированный карбонированный эфир (П) Мелкий заполнитель из речного песка (З)	Бетон В/Ц = 0,42; БЦ = 415 кг/м ³ ; З = 706 кг/м ³ ; БЗ = 1038 кг/м ³ ; П = 0,33	Бетон Рсж = 47,2 МПа; Электрическое сопротивление = 107,8 Ом-м	[29]
158.		В/Ц = 0,42; БЦ = 208 кг/м ³ ; Ш = 208 кг/м ³ ; З = 696 кг/м ³ ; БЗ = 1042 кг/м ³ ; П = 0,27	Рсж = 38,2 МПа; Электрическое сопротивление = 442,2 Ом-м	
159.		В/Ц = 0,42; БЦ = 125 кг/м ³ ; Ш = 292 кг/м ³ ; З = 693 кг/м ³ ; БЗ = 1043 кг/м ³ ; П = 0,29	Рсж = 48,4 МПа; Электрическое сопротивление = 782,5 Ом-м	

	Крупный базальтовый заполнитель (БЗ)			
160.	Белый портландцемент типа ВР142,5 (БП) Известняковый дробленый наполнитель (И)	Бетон БЦ = 500 кг/м³; СП = 8,9 кг/м³; В = 155 кг/м³; К1 = 800 кг/м³; К2 = 100 кг/м³; П1 = 400 кг/м³; П2 = 400 кг/м³	Бетон Расплав конуса 720 мм; Рсж = 72,6 МПа	[30]
161.	Микрокремнезем (М) Крупный заполнитель двух фракций (К1 и К20)	БЦ = 476 кг/м³; И = 24 кг/м³; СП = 8,5кг/м³; В = 158кг/м³; К1 = 800 кг/м³; К2 = 100 кг/м³; П1 = 395кг/м³; П2 = 395 кг/м³	Расплав конуса 700 мм; Рсж = 70,3 МПа	
162.	Природный кремнеземистый песок (П1 и П2) двух разных фракций	БЦ = 416 кг/м³; И = 84 кг/м³; СП = 7,4 кг/м³; В = 161 кг/м³; К1 = 800 кг/м³; К2 = 95 кг/м³; П1 = 390 кг/м³; П2 = 390 кг/м³	Расплав конуса 690 мм; Рсж = 66,9 МПа	
163.	Суперпластификаторполикарбоксилатного типа (СП)	БЦ = 476 кг/м³; М = 24 кг/м³; СП = 12,5 кг/м³; В = 175 кг/м³; К1 = 800 кг/м³; К2 = 76 кг/м³; П1 = 375 кг/м³; П2 = 375 кг/м³	Расплав конуса 710 мм; Рсж = 81,4 МПа	
3. Состав и свойства композиционных вяжущих, применение которых возможно для производства МАФ				
164.	“Лежалый” фосфогипс (Ф) Негашеная известь СаО (И) Песок Базарно-Карабулакского месторождения с низким модулем крупности Мкр= 1,13, с насыпной плотностью 1310 кг/м³, содержанием глинистых частиц 0,9 % (П) Жидкое натриевое стекло использовали как модифицирующую добавку (ЖС) Базальтовое волокно с диаметром нити 9–17 мкм, плотностью 2800–3000 кг/м³, Рраст. 2600–3200 МПа. (БВ)	Вяжущее Ф к И = 2:1; П 10%; В 2:1	Вяжущее Рсж = 13,2 МПа; Риз = 3,0 МПа	[31]
165.		Ф к И = 2:1; П 10%; В 2:1; ЖС 10%	Рсж = 19,6 МПа; Риз = 2,9 МПа	
166.		Ф к И = 2:1; П 10%; В 2:1; ЖС 5%; БВ 1%	Рсж = 16,4 МПа; Риз = 2,9 МПа	
167.	Портландцемент серый и белый (ПЦс и ПЦб) Мел (М) Отсев дробления кварцпесчанника (КВП) Суперпластификатор (СП)	Вяжущее ПЦс = 80%; КВП = 20% ; В/Ц = 0,37	Вяжущее Проводился подбор оптимальной дозировки пластификатора	[32]
168.		ПЦб = 80% ;КВП = 20% ; В/Ц = 0,37	СП = 0,58%; Расплав конуса = 170 мм	
169.		ПЦс = 80%; М = 20%; В/Ц = 0,37	СП = 0,80%;Расплав конуса = 180 мм	
170.		ПЦб = 80%; М = 20%; В/Ц = 0,37	СП = 0,82%; Расплав конуса = 187 мм	
171.		ПЦс = 60%; КВП = 40%; В/Ц = 0,37	СП = 0,48%; Расплав конуса = 145 мм	
172.		ПЦс = 60%; КВП = 20%; М = 20%; В/Ц = 0,37	СП = 0,62%; Расплав конуса = 182 мм	
173.		ПЦб = 60%; КВП = 20%; М = 20%; В/Ц = 0,37	СП = 0,80%; Расплав конуса = 185 мм	
174.		ПЦб = 60%; М = 40%; В/Ц = 0,37	СП = 0,60%; Расплав конуса = 175 мм	
175.	Белый клинкер ОАО «Щуровский цемент» (Ц) Суперпластификатор нафталинового ряда С-3	Вяжущее В/Ц = 0,24; С-3 = 2%; Рецептура портландцементов цветных (ППЦ) – Желудь.Коричневый	Вяжущее Проход через сито №008 = 99,0 %; Расплав стандартного конуса 112 мм; Удельная поверхность 630 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 51,0 МПа; Риз28 = 6,54 МПа	[33] [34] [35]
176.		В/Ц = 0,24; С-3 = 2%; Рецептура портландцементов цветных (ППЦ) – Гладиолус. Красно-терракотовый	Проход через сито №008 = 99,6 %; Расплав стандартного конуса 108 мм; Удельная поверхность 404 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,5%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 54,0 МПа; Риз28 = 6,66 МПа	
177.		В/Ц = 0,25; С-3 = 2%; Рецептура портландцементов цветных (ППЦ) – Чайная роза. Ярко-красный	Проход через сито №008 = 100,0 %; Расплав стандартного конуса 115 мм; Удельная поверхность 689 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 51,4 МПа; Риз28 = 6,57 МПа	
178.		В/Ц = 0,24; С-3 = 2%; Рецептура портландцементов цветных (ППЦ) – Георгин.Красный	Проход через сито №008 = 99,2 %; Расплав стандартного конуса 109 мм; Удельная поверхность 480 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 52,2 МПа; Риз28 = 8,80 МПа	
179.		В/Ц = 0,25; С-3 = 2%; Рецептура портландцементов цветных (ППЦ) – Подсолнух. Охристо-желтый	Проход через сито №008 = 99,6 %; Расплав стандартного конуса 107 мм; Удельная поверхность 667 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 18,5%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 50,7 МПа; Риз28 = 6,52 МПа	
180.		В/Ц = 0,24; С-3 = 2%; Рецептура портландцементов цветных (ППЦ) – Золотые шары. Желтый	Проход через сито №008 = 98,7 %; Расплав стандартного конуса 115 мм; Удельная поверхность 653 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 51,0 МПа; Риз28 = 8,03 МПа	
181.		В/Ц = 0,23; С-3 = 2%; ППЦ– Зеленый сад. Темно-зеленый	Проход через сито №008 = 100,0 % ; Расплав стандартного конуса 114 мм Удельная поверхность 679 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0% Сроки схватывания, час-минута начало 0-35, конец 0-55 Рсж28 = 51,9 МПа; Риз28 = 6,57 МПа	
182.		В/Ц = 0,23; С-3 = 2%; ППЦ– Весенняя листва. Ярко-зеленый	Проход через сито №008 = 100,0 %; Расплав стандартного конуса 115 мм; Удельная поверхность 763 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 50,8 МПа; Риз28 = 9,21 МПа	
183.		В/Ц = 0,23; С-3 = 2%; ППЦ– Фиروزа. Бирюзовый	Проход через сито №008 = 98,0 %; Расплав стандартного конуса 115 мм; Удельная поверхность 478 м²/кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45	

184.		В/Ц = 0,24; С-3 = 2%; ППЦ– Василек. Ярко-голубой	Рсж28 = 54,1 МПа; Рнз28 = 8,68 МПа Проход через сито №008 = 98,0 %; Расплав стандартного конуса 115 мм; Удельная поверхность 489 м ² /кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,5%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 52,0 МПа; Рнз28 = 6,96 МПа	
185.		В/Ц = 0,25; С-3 = 2%; ППЦ– Сирень махровая. Фиолетовый.	Проход через сито №008 = 99,8 %; Расплав стандартного конуса 115 мм; Удельная поверхность 610 м ² /кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,0%4 Сроки схватывания, час-минута начало 0-30, конец 0-45 Рсж28 = 50,8 МПа; Рнз28 = 6,53 МПа	
186.		В/Ц = 0,24; С-3 = 2%; ППЦ– Черная ночь. Черный	Проход через сито №008 = 99,0 %; Расплав стандартного конуса 110 мм; Удельная поверхность 645 м ² /кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,5%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-35, конец 0-55 Рсж28 = 52,5 МПа; Рнз28 = 6,6 МПа	
187.		В/Ц = 0,24; С-3 = 2%; ППЦ– Хризантема. Белый окрашенный	Проход через сито №008 = 99,2 %; Расплав стандартного конуса 110 мм; Удельная поверхность 480 м ² /кг ПСХ-2; Н.Г. = 17,5%; Сроки схватывания, час-минута начало 0-35, конец 0-55 Рсж28 = 56,1 МПа; Рнз28 = 9,58 МПа	
188.	Белый цемент TX Millenium (БЦ) Белый метакралин (со специальным компатибилизирующим агентом) (БМ) Дробленый мрамор d20 мм (ДМ) Акриловый суперпластификатор – раствор 30%, сухой экстракт (СП)	Вязущее БЦ = 380 кг/м ³ БМ = 38,7 кг/м ³ ДМ = 1850 кг/м ³ СП = 10,5 кг/м ³ В = 160 л/м ³	Вязущее Рсж = 86,2 МПа Рнз = 10,4 МПа Косвенная прочность на растяжение = 7,0 МПа Един = 44,6 Гпа Естат = 41,0 Гпа	[36]
189.	Белый портландцемент (БЦ)	Вязущее БЦ = 117,6 кг/м ³ ; Д20 = 68,7 кг/м ³ ; Д40 = 386,6 кг/м ³ ; Д80 = 106,4 кг/м ³ ; В = 319,0 кг/м ³	Вязущее Изменение цвета растворов после 41 месяца испытаний (после промывки) Различие яркости цвета в начале экспозиции и через 41 месяц ΔL = значимое различие в восприятии цвета к восприятию яркости Различие насыщенности цвета в начале экспозиции и через 41 месяц Δa = существенных различий в восприятии цвета к насыщенности не отмечается	[37]
190.	Доломит №20 (Д20) Доломит №40 (Д40) Доломит №80 (Д80) Добавка n-TiO ₂ (Д)			
191.		БЦ = 116,1 кг/м ³ ; Д20 = 67,9 кг/м ³ ; Д40 = 381,8 кг/м ³ ; Д80 = 105,0 кг/м ³ ; В = 322,1 кг/м ³ ; Д = 1% = 5,4 кг/м ³	ΔL = менее значимое различие в восприятии цвета к восприятию яркости Δa = существенных различий в восприятии цвета к насыщенности не отмечается	
192.		БЦ = 106,9 кг/м ³ ; Д20 = 62,5 кг/м ³ ; Д40 = 351,5 кг/м ³ ; Д80 = 96,7 кг/м ³ ; В = 355,9 кг/м ³ ; Д = 5% = 25,0 кг/м ³	ΔL = существенное различие в восприятии цвета к восприятию яркости Δa = существенных различий в восприятии цвета к насыщенности не отмечается	
193.		БЦ = 99,2 кг/м ³ ; Д20 = 58,0 кг/м ³ ; Д40 = 326,1 кг/м ³ ; Д80 = 89,7 кг/м ³ ; В = 379,2 кг/м ³ ; Д = 10% = 46,3 кг/м ³	ΔL = существенное различие в восприятии цвета к восприятию яркости Δa = существенных различий в восприятии цвета к насыщенности не отмечается	
194.	Белый цемент I 52,5 R (БЦ) Песок фракции 0,1 мм (П) Микрокремнезем (М) Волокна Поливинилового спирта тонкого и среднего помола (ПСт и ПСс) Суперпластификатор (СП)	Вязущее В/Ц = 0,25; БЦ = 850 кг/м ³ ; П = 1150 кг/м ³ ; М = 140 кг/м ³ ; ПСт = 2 кг/м ³ ; ПСс = 3 кг/м ³ ; В = 210 кг/м ³ ; СП = 20 кг/м ³	Вязущее Механические и физические свойства бетонных композиций определяли в возрасте 50 суток: Рсж = 133,0 МПа; Морозостойкость = 500 циклов; Поверхностное поглощение = 3,4 г/дм ²	[38]
195.	Доменной шлак (ДШ) Гипс (Г) Отходы обогащения (О)	Вязущее ДШ = 28 мас. %; Г = 4 мас. %; О = 12 мас. %; Ш = 56 мас. %	Вязущее Рсж = 61,1 МПа; Рнз = 11,0 МПа; Морозостойкость 350 циклов	[39]
196.	Шлак от выплавки феррохрома (Ш)	ДШ = 35 мас. %; Г = 3 мас. %; О = 8 мас. %; Ш = 56 мас. %	Рсж = 72,1 МПа; Рнз = 12,0 МПа; Морозостойкость 360 циклов	
197.		ДШ = 39 мас. %; Г = 5 мас. %; О = 5 мас. %; Ш = 51 мас. %	Рсж = 72,1 МПа; Рнз = 12,3 МПа; Морозостойкость 360 циклов	
198.		ДШ = 3 мас. %; Г = 4 мас. %; О = 12 мас. %; Ш = 51 мас. %	Рсж = 58,3 МПа; Рнз = 8,0 МПа; Морозостойкость 300 циклов	
199.		ДШ = 33 мас. %; Г = 4 мас. %; О = 12 мас. %; Ш = 51 мас. %	Рсж = 62,0 МПа; Рнз = 8,1 МПа; Морозостойкость 330 циклов	
200.		ДШ = 33 мас. %; Г = 4 мас. %; О = 12 мас. %; Ш = 51 мас. %	Рсж = 60,0 МПа; Рнз = 8,1 МПа; Морозостойкость 340 циклов	
201.		ДШ = 39 мас. %; Г = 4 мас. %; О = 8 мас. %; Ш = 49 мас. %	Рсж = 43,9 МПа; Рнз = 7,7 МПа; Морозостойкость 280 циклов	
202.	Цемент М-400 (Ц) Красный железо-окислый пигмент (КЖО) Синий фталоциановый (СФ)	Вязущее Ц = 90 мас.%; Пигмент/кол-во = КЖО/10; Режим обработки в виброцентробежной мельнице: g = 15; Заполнение шарами = 50%; Время помола 2 мин.	Вязущее Суд = 7800 см ² /кг; Рсж = 480 МПа; Повышение интенсивности цвета по отношению к смешанным цементам 125 %	[40]
203.		Ц = 90 мас.%; Пигмент/кол-во = КЖО/10; Режим обработки в виброцентробежной мельнице: g = 35; Заполнение шарами = 50%; Время помола 2 мин.	Суд = 8700 см ² /кг; Рсж = 490 МПа; Повышение интенсивности цвета по отношению к смешанным цементам 135 %	
204.		Ц = 90 мас.%; Пигмент/кол-во = КЖО/10; Режим обработки в виброцентробежной мельнице:	Суд = 9800 см ² /кг; Рсж = 475 МПа; Повышение интенсивности цвета по отношению к смешанным цементам 145 %	

		g = 40; Заполнение шарами = 65%; Время по-мола 3 мин.	
205.		Ц = 90 мас.%; Пигмент/кол-во = КЖО/10; Режим обработки в виброцентробежной мельнице: g = 50; Заполнение шарами = 75%; Время по-мола 4 мин.	Суд = 10800 см ² /кг; Rсж = 480 МПа; Повышение интенсивности цвета по отношению к смешанным цементам 155 %
206.		Ц = 90 мас.%; Пигмент/кол-во = СФ/1; Режим обработки в виброцентробежной мельнице: g = 15; Заполнение шарами = 50%; Время по-мола 2 мин.	Суд = 7700 см ² /кг; Rсж = 480 МПа; Повышение интенсивности цвета по отношению к смешанным цементам 120 %
207.		Ц = 90 мас.%; Пигмент/кол-во = СФ/1; Режим обработки в виброцентробежной мельнице: g = 40; Заполнение шарами = 50%; Время по-мола 2 мин.	Суд = 9500 см ² /кг; Rсж = 470 МПа; Повышение интенсивности цвета по отношению к смешанным цементам 150 %

*Полужирным начертанием выделены составы, указанные в публикациях как оптимальные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженова О.Ю., Фетисова А.А., Щербенева О.А. Мелкозернистые бетоны для архитектурных деталей и малых форм // Инновации и инвестиции. 2020. № 7. С. 144–147.

2. Баранова А.А., Боброва А.А., Рудых К.Н. Мелкодисперсный бетон для производства малых архитектурных форм // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2017. Т. 1. С. 108–109.

3. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Голиков В.Г., Фоменко Ю.В. Мелкозернистые бетоны для малых архитектурных форм // Строительные материалы. 2005. № 11. С. 66–68.

4. Лесовик В.С., Дегтев Ю.В., Воронов В.В. Вяжущие для малых архитектурных форм из самоуплотняющихся бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 85–89.

5. Пат. 2217304, Российская Федерация, МПК В 28 В21/80. Способ изготовления архитектурно-строительных тел вращения из бетона / И.В. Автономов, А.В. Ришес, А.Г. Зайцев, С.М. Молоков, В.Л. Свиридов, В.И. Меселов; заявитель и патентообладатель ООО "Поиск". № 2002113152/03; заявл. 18.05.2002; опубл. 27.11.2003, Бюл. №33.

6. Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Хорунжий Т.М. Модифицированный декоративный мелкозернистый бетон с добавкой пластификатором и наполнителем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 13–19.

7. Щеткова Е.А., Кашеvarова Г.Г. Исследование свойств модифицированного мелкозернистого декоративного бетона // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 3 (27). С. 143–151.

8. Мороз М.Н., Калашников В.И., Суздальцев О.В. Классификационные критерии формирования поверхности архитектурно-декоративных бетонов // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 10 (66). С. 114–117.

9. Голова Т.А., Магеррамова И.А., Давтян А.Р. Исследование свойств композиционных материалов на основе фосфогипса // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2017. Т. 17. № 12. С. 77–79.

10. Ди Марино М., Нильсен Э.П., Би Ч.Ц. Сверхвысокопрочный бетон нового поколения Aalborg extreme на основе белого цемента // Цемент и его применение. 2019. № 4. С. 96–101.

11. Mansour G., Elyas Asadi Sh., Khodabakhshian A., Sourmeh F., de Brito J. Self-compacting architectural concrete production using red mud // Construction and Building Materials. 2019. № 226. Pp. 418–427.

12. Tamayo-García B., Albareda-Valls A., Rivera-Rogel A., Cornado C. Mechanical Characterization of a New Architectural Concrete with Glass-Recycled Aggregate // Buildings. 2019. №9(6). Pp. 1–11.

13. Hospodarova V., Junak J., Stevulova N. Color Pigments In Concrete And Their Properties // Pollack Periodica. 2015. №10(3). Pp.143–151.

14. Hamad B. Investigations of chemical and physical properties of white cement concrete // Advanced cement base materials. 2000. №2(4). Pp. 161–167.

15. Temiz H., M. Kose M., Murat Genc H. Mechanical Behavior of White Concrete // TEM Journal. 2013. №2. Pp.73–79.

16. Gots V., Gelevera A., Petropavlovsky O., Rogozina N., Smeshko V. Influence of whitening additives on the properties of decorative slag-alkaline cements // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. №907. 012033. Pp. 1–7.

17. Мейрамов Д.Д. Изготовление архитектурных деталей из декоративных бетонов // Жилищное строительство. 2005. № 11. С. 16–17.

18. Грызлов В.С., Фоменко А.И. Использование отходов производства при изготовлении цветных бетонов // Строительные материалы. 2004. № 12. С. 36–37.

19. Осокин А.П., Энтин З.Б., Феднер Л.А., Ефимов С.Н., Самохвалов А.Б. Бетоны на специальных цементах // *Строительные материалы*. 2001. № 9. С. 9–12.
20. Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Тараканов О.В. Техничко-экономическая эффективность внедрения архитектурно-декоративных порошково-активированных карбонатных песчаных бетонов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2016. № 6 (690). С. 39–46.
21. Калашников В.И., Суздальцев О.В., Мороз М.Н., Пауск В.В. Морозостойкость окрашенных архитектурно-декоративных порошково-активированных песчаных бетонов // *Строительные материалы*. 2015. № 3. С. 16–19.
22. Гончарова М.А., Ивашкин А.Н., Каширская О.А. Оценка качества лицевой поверхности изделий из многокомпонентных декоративных бетонов // *Жилищное строительство*. 2014. № 12. С. 19–22.
23. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э. Светящиеся декоративные бетоны с использованием отходов камнедробления горных пород // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2020. № 12. С. 8–16.
24. Лукашевич О.Д. Получение цветного бетона с использованием пигментов из железосодержащих шламов водоподготовки // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. № 5 (52). С. 127–137.
25. Пат. 2245784, Российская Федерация, МПК В 28 В1/14. Способ изготовления декоративных фасадных изделий из архитектурного бетона и форма для его осуществления / А.И Звездов, В.Р. Фаликман, Ю.В. Сорокин, В.В. Денискин; заявитель и патентообладатель ООО "Партнеры НИИЖБ". № 2003106001/03; заявл. 04.03.2003; опубл. 10.02.2005, Бюл. №4.
26. Пат. 2476312, Российская Федерация, МПК В 28 В3/00. Способ изготовления изделий из цветного архитектурного бетона и изделие, полученное этим способом / Н.Н. Щербин, А.А. Боблак, М.В. Малюкова; заявитель и патентообладатель ООО "БЗ АрБет". № 2011139350/03; заявл. 27.09.2011; опубл. 27.02.2013, Бюл. №6.
27. Пат. 2559269, Российская Федерация, МПК С 04 В28/04. Наномодифицированный бетон и способ его получения / Е.Н. Прудков, А.Н. Гордеева, М.С. Закуражнов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ТулГУ. № 2013155156/03; заявл. 11.12.2013; опубл. 10.08.2015, Бюл. №22.
28. Ashteyata A., Haddadb R., Obaidatb Y. Case study on production of self-compacting concrete using white cement by pass dust // *Case Studies in Construction Materials*. 2018. № 9. Pp. 1–11.
29. Lübeck A., Gastaldini A., Barin D., Siqueira H. Compressive strength and electrical properties of concrete with white Portland cement and blast-furnace slag // *Cement & Concrete Composites*. 2012. №34. Pp. 392–399.
30. Dias N., Júlio E., Lourenço J., da Silva M. Design and Characterization of White Self-Compacting Concrete // *Conference: XXXI IAHS World Congress at: Montreal, Canada*. 2003. Pp. 1–7.
31. Голова Т.А., Давтян А.Р. Исследование композиционных вяжущих на основе фосфогипса для производства малых архитектурных форм // *Вестник Кыргызско-Российского университета*. 2016. Т.16. С. 97–100.
32. Лесовик В.С., Дегтев Ю.В., Воронов В.В. Вяжущие для малых архитектурных форм из самоуплотняющихся бетонов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2014. № 5. С. 85–89.
33. Кузьмина В.П. Цветные цементы // *Технологии бетонов*. 2020. №9–10. С. 57–66.
34. Кузьмина В.П. Механоактивированные цветные цементы // *Строительные материалы*. 2006. № 7. С. 25–27.
35. Кузьмина В.П. Применение пигментов и цветных цементов в технологии производства сухих декоративных строительных смесей // *Строительные материалы*. 2000. № 5. С. 15–17.
36. Cassar L., Pepe C., Tognon G., Guerrini G., Amadelli R. White cement for architectural concrete, possessing photocatalytic properties // *11th Int. Congr. on the Chemistry of Cement*. 2003. Pp. 1–11.
37. Dantas S., Vittorino F. Photocatalytic Performance of White Cement Mortars Exposed in Urban Atmosphere // *Global Journal of Researches in Engineering*. 2019. №19(2). Pp. 1–13.
38. Sahmenkoa G., Aispursb S., Krasnikovsa A. The Use of High Performance Cement Composite in Renovation and Restoration of Architectural Elements of Buildings Facades // *Procedia Engineering*. 2015. №117. Pp. 317–324.
39. Пат. 2452702, Российская Федерация, МПК С 04 В7/153. Вяжущее и способ его приготовления для производства декоративного бетона / В.В.Сенкус, А.П. Коробейников, Б.М. Стефанюк, В.В. Сенкус, Н.И. Конакова, А.И. Карпова, В.В. Барыльников, В.В. Пискаленко; заявитель и патентообладатель В.В.Сенкус, А.П. Коробейников, Б.М. Стефанюк, В.В. Сенкус, Н.И. Конакова, А.И. Карпова, В.В. Барыльников, В.В. Пискаленко. № 2010140333/03; заявл. 01.10.2010; опубл. 10.06.2012, Бюл. №16.

40. Пат. 2168474, Российская Федерация, МПК С 04 В7/52. Способ получения цветных цементов / С.В. Дугуев, В.Б. Иванова, К.А. Прида-

чин, Л.М. Сулименко. заявитель и патентообладатель С.В. Дугуев, В.Б. Иванова, К.А. Придачин. № 2000125648/03; заявл. 12.10.2000; опубл. 10.06.2001, Бюл. №16.

Информация об авторах

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: vvstrokova@gmail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Хмара Наталия Олеговна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов, ассистент кафедры архитектурных конструкций. E-mail: nataly26071992@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Нелюбова Виктория Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: nelubova@list.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Шаповалов Николай Афанасьевич, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной химии. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 10.09.2021 г.

© Строкова В.В., Хмара Н.О., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А., 2021

Strokova V.V., *Khmara N.O., Nelyubova V.V., Shapovalov N.A.

Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov

**E-mail: nataly26071992@mail.ru*

SMALL ARCHITECTURAL FORMS: COMPOSITION AND PROPERTIES OF CONCRETE FOR THEIR PRODUCTION

Abstract. *The work is the result of a multi parameter analysis of scientific publications affecting the study of the properties and characteristics of composite binders and concretes based on them, used in the design and production of small architectural forms. General assessment of the prospects for the use of composite binders in this type of buildings and structures is given. All publications and experimental materials on this topic are summarized according to the following parameters: bibliometric indicators of articles for the period from 2000 to 2020, types of concrete used for small architectural forms, types of binders, aggregates, fillers and additives used, physical and mechanical properties and controlled parameters of concrete. It is shown that in most of the studies under consideration, fine-grained concrete based on white, general construction and non-ferrous cement was used. At the same time, to increase the efficiency of finished products in terms of the formation of a developed shape and ensure their weather resistance, high-quality cements are used, the water-cement ratio decreases, including due to the use of additives for various purposes. It is substantiated that designing of concrete for small architectural forms should be carried out based on the specified requirements for this type of structures. The production of high-workability mixtures should be considered to ensure the specified castability in order to form products of various configurations and standard sizes while maintaining architectural expressiveness and compliance with the modern landscape of urban space.*

Keywords: *small architectural forms, composite binders, fine-grained concrete, architectural concrete, decorative concrete, white cement, pigmented cement.*

REFERENCES

1. Bazhenova O.Yu., Fetisova A.A., Shcherbeneva O.A. Fine-grained concrete for architectural details and small forms [Melkozernistye betony dlya arhitekturnykh detalej i malyh form]. Innovation and investment. 2020. No. 7. Pp. 144–147. (rus)
2. Baranova A.A., Bobrova A.A., Rudykh K.N. Fine concrete for the production of small architec-

tural forms [Melkodispersnyj beton dlya proizvodstva malyh arhitekturnykh form]. Modern technologies and scientific and technological progress. 2017. Vol. 1. Pp. 108–109. (rus)

3. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Golikov V.G., Fomenko Yu.V. Fine-grained concrete for small architectural forms [Melkozernistye betony dlya malyh arhitekturnykh form]. Construction Materials. 2005. No. 11. Pp. 66–67. (rus)

4. Lesovik V.S., Degtev Yu.V., Voronov V.V. Binders for small architectural forms from self-compacting concrete [Vyazhushchie dlya malyh arhitekturnykh form iz samouplotnyayushchihsya betonov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 5. Pp. 85–89. (rus)
5. Avtonomov I.V., Rishes A.V., Zaitsev A.G., Molokov S.M., Sviridov V.L., Meselov V.I. Method of manufacturing architectural and construction rotary bodies made of concrete. Patent RF, no. 2002113152/03, 2002.
6. Baranov E. V., Shelkovich T.I., Horunzhiy T.M. Decorative fine-grained modified concrete with plastizing additive and filler [Modificirovannyj dekorativnyj melkozernistyj beton s dobavkoj plastifikatorom i napolnitelem]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 4. Pp. 13–19. (rus)
7. Shchetkova E.A., Kashevarova G.G. Investigation of properties of modified fine-grained decorative concrete [Issledovanie svojstv modificirovannogo melkozernistogo dekorativnogo betona]. PNRPU Bulletin, Applied ecology. Urban development. 2017. No. 3 (27). Pp. 143–151. (rus)
8. Moroz M.N., Kalashnikov V.I., Suzdaltsev O.V. Classification criteria for the formation of the surface of architectural and decorative concretes [Klassifikacionnye kriterii formirovaniya poverhnosti arhitekturno-dekorativnykh betonov]. Modern scientific researches and innovations. 2016. No. 10 (66). Pp. 114–117. (rus)
9. Golova T.A., Magerramova I.A., Davtian A.R. Research of the phosphogypsum-based composite materials [Issledovanie svojstv kompozitsionnykh materialov na osnove fosfogipsa]. Herald of KRSU. 2017. Vol. 17. No. 12. Pp. 77–79. (rus)
10. Di Marino M., Nielsen E.P., Bi Zhuo Qin. Aalborg Extreme Next Generation Ultra High-Performance Concrete Based on White Cement [Sverhvysokoprochnyj beton novogo pokoleniya Aalborg extreme na osnove belogo cementa]. Cement and its Applications. 2019. No 4. Pp. 96–101. (rus)
11. Mansour G., Elyas Asadi Sh., Khodabakhshian A., Sourmeh F., de Brito J. Self-compacting architectural concrete production using red mud. Construction and Building Materials. 2019. No. 226. Pp. 418–427.
12. Tamayo-García B., Albareda-Valls A., Rivera-Rogel A., Cornado C. Mechanical Characterization of a New Architectural Concrete with Glass-Recycled Aggregate. Buildings. 2019. No. 9(6). Pp. 1–11.
13. Hospodarova V., Junak J., Stevulova N. Color Pigments In Concrete And Their Properties. Pollack Periodica. 2015. No. 10(3). Pp.143–151.
14. Hamad B. Investigations of chemical and physical properties of white cement concrete. Advanced cement base materials. 2000. No. 2(4). Pp. 161–167.
15. Temiz H., M. Kose M., Murat Genc H. Mechanical Behavior of White Concrete. TEM Journal. 2013. No. 2. Pp.73–79.
16. Gots V., Gelevera A., Petropavlovsky O., Rogozina N., Smeshko V. Influence of whitening additives on the properties of decorative slag-alkaline cements. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. No. 907. 012033. Pp.1–7.
17. Meiramov D.D. Manufacturing of architectural details from decorative concrete [Izgotovlenie arhitekturnykh detalej iz dekorativnykh betonov]. Housing construction. 2005. No. 11. Pp. 16–17. (rus)
18. Gryzlov V.S., Fomenko A.I. Use of industrial waste in the manufacture of colored concrete [Ispol'zovanie othodov proizvodstva pri izgotovlenii cvetnykh betonov]. Construction Materials. 2004. No. 12. Pp. 36–37. (rus)
19. Osokin A.P., Entin Z.B., Fedner L.A., Efimov S.N., Samokhvalov A.B. Concretes based on special cements [Betony na special'nykh cementah]. Construction Materials. 2001. No. 9. Pp. 9–12. (rus)
20. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Tarakanov O.V. Technical-economic efficiency of implementation of architecture and decorative powder-activated carbonate sand concretes [Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' vnedreniya arhitekturno-dekorativnykh poroshkovo-aktivirovannykh karbonatnykh peschanykh betonov]. News of higher educational institutions. Construction. 2016. No. 6 (690). Pp. 39–46. (rus)
21. Kalashnikov V.I., Suzdaltsev O.V., Moroz M.N., Pausk V.V. Frost Resistance of Coloured Architectural-Decorative Powder-Activated Sand Concretes [Morozostojkost' okrashennykh arhitekturno-dekorativnykh poroshkovo-aktivirovannykh peschanykh betonov]. Construction Materials. 2015. No. 3. Pp. 16–19. (rus)
22. Goncharova M.A., Ivashkin A.N., Kashirskaya O.A. Assessment of products front surface quality from multicomponent decorative concrete [Ocenka kachestva licevoj poverhnosti izdelij iz mnogokomponentnykh dekorativnykh betonov]. Housing construction. 2014. No. 12. Pp. 19–22. (rus)
23. Suleymanova L.A., Malyukova M.V., Ryabchevskiy I.S., Koryakina A.A., Levshina D.E. Illuminated concrete using rock crushing waste [Svetyashchiesya dekorativnye betony s ispol'zovaniem othodov kamnedrobleniya gornykh porod]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 8–16. (rus)
24. Lukashevich O.D. Concrete pigmented with iron-oxide pigments obtained from sewage sludge

[Poluchenie cvetnogo betona s ispol'zovaniem pigmentov iz zhelezosoderzhashchih shlamov vodopodgotovki]. Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Building. 2015. No. 5 (52). Pp. 127–137. (rus)

25. Zvezdov A.I., Falikman V.R., Sorokin Ju.V., Denisikin V.V. Method of production of decorative facade made out of architectural concrete and a form for its realization. Patent RF, no. 2003106001/03, 2003.

26. Shcherbin N.N., Boblak A.A., Maljukova M.V. Method of making articles from colored architectural concrete and article thus made Patent RF, no. 2011139350/03, 2011.

27. Prudkov E.N., Gordeeva A.N., Zakurazhnov M.S. Nanomodified concrete and method for production thereof. Patent RF, no. 2013155156/03, 2013.

28. Ashteyata A., Haddadb R., Obaidatb Y. Case study on production of self-compacting concrete using white cement by pass dust. Case Studies in Construction Materials. 2018. No. 9. Pp. 1–11.

29. Lübeck A., Gastaldini A., Barin D., Siqueira H. Compressive strength and electrical properties of concrete with white Portland cement and blast-furnace slag. Cement & Concrete Composites. 2012. No. 34. Pp. 392–399.

30. Dias N., Júlio E., Lourenço J., da Silva M. Design and Characterization of White Self-Compacting Concrete. Conference: XXXI IAHS World Congress at: Montreal, Canada. 2003. Pp. 1–7.

31. Golova T.A., Davtian A.R. Research of the phosphogypsum-based composite materials used for the production of landscape products [Issledovanie kompozicionnyh vyazhushchih na osnove fosfogipsa dlya proizvodstva malyh arhitekturnyh form]. Herald of KRSU. 2016. Vol. 16. No. 9. Pp. 97–100. (rus)

32. Lesovik V.S., Degtev Yu.V., Voronov V.V. Binders for small architectural forms from self-compacting concrete [Vyazhushchie dlya malyh

arhitekturnyh form iz samouplotnyayushchihnya betonov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 5. Pp. 85–89. (rus)

33. Kuzmina V.P. Colored cements [Cvetnoj cement]. Technology of concrete. 2020. No. 9-10. Pp. 57–66. (rus)

34. Kuzmina V.P. Mechanically activated colored cements [Mekhanoaktivirovannye cvetnye cementy]. Construction Materials. 2006. No. 7. Pp. 25–27. (rus)

35. Kuzmina V.P. Application of pigments and colored cements in the technology of production of dry decorative building mixtures [Primenenie pigmentov i cvetnyh cementov v tekhnologii proizvodstva suhikh dekorativnykh stroitel'nykh smesey]. Construction Materials. 2000. No. 5. Pp. 15–17. (rus)

36. Cassar L., Pepe C., Tognon G., Guerrini G., Amadelli R. White cement for architectural concrete, possessing photocatalytic properties. 11th Int. Congr. Chemistry of Cement. 2003. Pp. 1–11.

37. Dantas S., Vittorino F. Photocatalytic Performance of White Cement Mortars Exposed in Urban Atmosphere. Global Journal of Researches in Engineering. 2019. No. 19(2). Pp. 1–13.

38. Sahmenkoa G., Aispursb S., Krasnikovsa A. The Use of High Performance Cement Composite in Renovation and Restoration of Architectural Elements of Buildings Facades. Procedia Engineering. 2015. No. 117. Pp. 317–324.

39. Senkus V.V., Korobejnikov A.P., Stefanjuk B.M., Senkus V.V., Konakova N.I., Karpova A.I., Baryl'nikov V.V., Piskalenko V.V. Binder and method of its preparation for production of decorative concrete. Patent RF, no. 2010140333/03, 2010.

40. Duguev S.V., Ivanova V.B., Pridachin K.A., Sulimenko L.M. Method of producing colored cement. Patent RF, no. 2000125648/03, 2000.

Information about the authors

Strokova, Valeria V. Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: vvstrokova@gmail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Khmara, Natalia O. Postgraduate student, Assistant. E-mail: nataly26071992@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Nelubova, Viktoria V. Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Materials Science and Technology of Materials. E-mail: nelubova@list.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shapovalov, Nikolaj A. Doctor of Technical Sciences, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received 10.09.2021

Для цитирования:

Строкова В.В., Хмара Н.О., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А. Малые архитектурные формы: состав и свойства бетонов для их получения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 8–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-8-31

For citation:

Strokova V.V., Khmara N.O., Nelyubova V.V., Shapovalov N.A. Small architectural forms: composition and properties of concrete for their production. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 11. Pp. 8–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-8-31