

УДК 691.3

## МАЛЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ФОРМЫ ДЛЯ ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНА ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

*Л. И. Касторных, В. В. Косенко, М. Г. Холодняк, А. А. Федорченко*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Разработаны малые архитектурные формы для ландшафтного дизайна и благоустройства городских и сельских поселений Донского региона в стилистике речных мотивов и народного творчества казаков. В качестве материала для изготовления малых архитектурных форм выбран декоративный самоуплотняющийся бетон с минеральными красителями и заполнителями из строительных отходов. Отмечено, что при рациональном содержании цементного теста и создании «плавающей» структуры крупного заполнителя наличие дробленых зерен с остроугольной и шероховатой поверхностью не снижает текучесть бетонных смесей. Установлено, что дозировка минеральных красителей в составе декоративных самоуплотняющихся смесей не должна превышать 3 %, так как дальнейшее увеличение расхода пигмента снижает прочность декоративного бетона. Применение суперводоредуцирующей добавки MasterPolyHeed 3545 на основе эфиров полиарила и поликарбоксилатов для декоративных самоуплотняющихся смесей является решающим технологическим фактором, обеспечивающим высокий потенциал вяжущего при минимальном расходе.

**Ключевые слова:** ландшафтный дизайн, малые архитектурные формы, декоративный бетон, самоуплотняющийся бетон, минеральный пигмент, суперводоредуцирующая добавка, рециклинг строительных отходов.

## SMALL ARCHITECTURAL FORMS FOR LANDSCAPE DESIGN OF URBAN AND RURAL SETTLEMENTS

*L. I. Kastornykh, V. V. Kosenko, M. G. Kholodnyak, A. A. Fedorchenko*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Small architectural forms have been developed for landscape design and landscaping of urban and rural settlements of the Don region in the style of river motifs and folk art of the Cossacks. Decorative self-compacting concrete with mineral dyes and aggregates from construction waste was chosen as a material for the manufacture of small architectural forms. It is noted that with a rational content of cement paste and the creation of a "floating" structure of a large aggregate, the presence of crushed grains with a sharp-angled and rough surface does not reduce the fluidity of concrete mixtures. The performed studies have established that the content of mineral dyes in the composition of decorative self-compacting mixtures should not exceed 3%, since a further increase in the consumption of pigment reduces the strength of decorative concrete. The use of MasterPolyHeed 3545 super-water-reducing additive based on the esters of polyaryl and polycarboxylates for decorative self-compacting mixtures is a decisive technological factor that ensures a high binder potential with minimal consumption.

**Keywords:** landscape design, small architectural forms, decorative concrete, self-compacting concrete, mineral pigment, super-water-reducing additive, recycling of construction waste.

**Введение.** Строительство, являясь локомотивом развития любой отрасли экономики, отражает общее социально-экономическое положение страны. В Российской Федерации строительная отрасль, развиваясь динамично, способствует устойчивому развитию

промышленного, жилищного и общественно-культурного секторов. В области градостроительства значительная роль в сфере комфортной среды проживания отводится благоустройству территорий [1]. Вопросами формирования и организации открытых пространств занимается ландшафтный дизайн, призванный создавать гармонию между архитектурными сооружениями и природной средой в сочетании с удобствами использования инфраструктуры объектов. При проектировании пространственной среды необходимо учитывать специфику рельефа местности, растительности, водоемов, а также культурные традиции народа, проживающего на данной территории [2–4]. Особенно актуальным является благоустройство поселений в контексте развития этнического внутреннего и международного туризма.

**Основная часть.** В Донском регионе культурные предпочтения народа тесно связаны с казачеством и великой русской рекой, поэтому композиционные решения ландшафтного дизайна следует подчинять речной стилистике. Для благоустройства поселений Донского края авторами настоящей статьи разработаны эскизы художественно-декоративных объектов — малых архитектурных форм (МАФ) из декоративного бетона. Предлагается для организации общественного пространства в зоне отдыха уличную мебель выполнить в форме рыб, вазоны для цветов, деревьев и урны — в виде предметов быта, а для разграничения территории предусмотреть декоративные объекты в форме сказочных персонажей (рис. 1).

Выбор декоративного бетона для производства малых архитектурных форм обоснован доступностью и простотой изготовления из него легких, долговечных и выразительных по форме, цвету и фактуре изделий. Требования к бетонам для МАФ существенно отличаются от требований для бетонов общестроительного назначения [5]. Бетон для декоративных объектов должен отвечать критериям эстетичности по внешнему виду (качеству лицевой поверхности, художественной выразительности).



Рис. 1. Малые архитектурные формы для ландшафтного дизайна поселений Донского региона

При организации производства МАФ из-за небольших размеров и сложной геометрической формы изделий применение традиционной вибрационной технологии из бетонных смесей с крупным заполнителем затруднительно [6]. Поэтому в заводских условиях для изготовления МАФ целесообразно применять безвибрационную технологию из высокоподвижных и самоуплотняющихся смесей, а в качестве минерального сырья использовать строительные отходы

— мелкий и крупный заполнители из дробленого бетона [7]. Безвибрационная технология изготовления изделий имеет хорошие перспективы внедрения на заводах сборного железобетона благодаря наличию современного оборудования по приготовлению и доставке самоуплотняющихся смесей [8].

Рециклинг строительных отходов при изготовлении бетонных и железобетонных изделий является актуальным и своевременным, так как снижает негативное воздействие на окружающую среду в сфере строительного производства [9]. В настоящее время применение строительных отходов экономически целесообразно и технически обосновано Российским стандартом ГОСТ 32 495–2013 «Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия». Накоплен достаточный опыт использования строительных отходов в качестве минерального сырья для растворных и бетонных смесей, включая самоуплотняющиеся [10–12].

МАФ должны обладать художественной выразительностью, поэтому в состав бетонной смеси вводят пигменты различного происхождения. Красители, помимо формирования эстетических свойств, могут оказывать существенное влияние и на физико-механические характеристики бетона [13, 14]. Исследования в области декоративного самоуплотняющегося бетона с минеральными красителями и заполнителями из дробленых материалов проведены недостаточно, поэтому весьма актуальны. Целью настоящей работы явилась оценка влияния пигментов и заполнителей из дробленого бетона на показатели качества декоративного самоуплотняющегося бетона для малых архитектурных форм.

**Материалы и методика исследований.** Для приготовления декоративных смесей светлых тонов в качестве вяжущего использовали иранский белый портландцемент класса СЕМІ 42.5N, а для бетонных смесей с черным и красно-коричневым пигментами — российский серый сульфатостойкий портландцемент класса ЦЕМІІ/А-П 42.5Н СС. Основные технические характеристики цемента представлены в таблице 1, а минералогический состав — в таблице 2.

Таблица 1

Основные характеристики портландцементов

| Показатель, единица измерения              | Белый цемент<br>СЕМІ 42.5N | Серый цемент<br>ЦЕМІІ/А-П 42.5Н СС |
|--|----------------------------|------------------------------------|
| Прочность на сжатие в возрасте 28 сут, МПа | 53,7                       | 50,2                               |
| Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг   | 405,0                      | 401,5                              |
| Нормальная плотность цементного теста, %   | 28,0                       | 27,50                              |
| Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>      | 3100                       | 3150                               |
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>      | 1100                       | 1170                               |
| Сроки схватывания, час-мин: начало/конец   | 2-00 / 2-30                | 1-45 / 2-50                        |
| Коэффициент отражения света, %             | 85,0                       | -                                  |

Таблица 2

Минералогический состав портландцементов

| Вид и класс цемента      | Состав, %        |                  |                  |                   |                 |      |                  |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|------|------------------|
|                          | C <sub>3</sub> S | C <sub>2</sub> S | C <sub>3</sub> A | C <sub>4</sub> AF | SO <sub>3</sub> | MgO  | R <sub>2</sub> O |
| Белый СЕМІ 42.5N         | 74,0             | 11,5             | 11,3             | 0,3               | 2,1             | 0,32 | 0,39             |
| Серый ЦЕМІІ/А-П 42.5Н СС | 65,0             | 12,0             | 4,0              | 13,0              | 2,8             | 0,41 | 0,46             |

В качестве заполнителей в процессе приготовления самоуплотняющихся смесей использовали материалы из дроблёного бетона по ГОСТ 32 495. Крупный заполнитель — монофракционный щебень 5–10 мм (истинная плотность — 2 650 кг/м<sup>3</sup>, насыпная плотность — 1 400 кг/м<sup>3</sup>, межзерновая пустотность — 47,2 %). Для мелкого заполнителя применяли песок из дробленого бетона двух фракций, представленный частицами растворной составляющей с размерами зерен 1,25–5,0 мм (истинная плотность — 2 650 кг/м<sup>3</sup>, насыпная плотность — 1 420 кг/м<sup>3</sup>, межзерновая пустотность — 46,4 %).

В самоуплотняющихся бетонных смесях при использовании дробленых материалов возникает технологическое противоречие: увеличение доли зерен с развитой шероховатой поверхностью способствует повышению прочности бетона, но при этом растекаемость смеси и её способность к самоуплотнению снижаются [15, 16]. Поэтому в настоящей работе для обеспечения требуемой текучести в состав декоративных смесей помимо дробленого песка вводили природный кварцевый песок с зернами окатанной поверхности по ГОСТ 8 736 (истинная плотность — 2 650 кг/м<sup>3</sup>, насыпная плотность — 1 413 кг/м<sup>3</sup>, модуль крупности — 1,61, межзерновая пустотность — 46,7 %).

В работе для оценки влияния красителей на основные свойства декоративных самоуплотняющихся бетонов с дозировкой от 3 до 5 % массы вяжущего применяли следующие пигменты:

- оранжевый пигмент Baufertrox 960 ( $\gamma$ - $FeOOH$ );
- черный пигмент Baufertrox 360 ( $Fe_3O_4$ );
- красно-коричневый пигмент Baufertrox 180 ( $\alpha$ - $Fe_2O_3$ ).

Для усиления интенсивности цвета красителей использовали белый пигмент Tongchem TD-R950 — диоксид титана рутильной формы ( $TiO_2$ ) с дозировкой 2 % от массы всей смеси минеральных компонентов.

Для самоуплотняющихся бетонных смесей выбор суперпластификатора играет важную роль [17, 18]. В наших исследованиях поиск химического модификатора был продиктован не только необходимостью высокой текучести смеси, но и отсутствием влияния на изменение цвета декоративного бетона. Ранее проведенными исследованиями выявлено, что высокой разжижающей способностью обладают добавки последнего поколения — суперпластификаторы на основе эфиров полиарила и поликарбоксилата [19]. Поэтому для регулирования свойств декоративных самоуплотняющихся смесей использовали добавку MasterPolyHeed 3545 (МРН 3545) в форме бесцветной жидкости, соответствующей требованиям ГОСТ 24 211 для суперводоредуцирующих и суперпластифицирующих добавок. Дозировка добавки варьировалась в пределах 1,6–1,8 % массы вяжущего.

Декоративные самоуплотняющиеся смеси готовили в четыре этапа. На первом этапе перемешивали минеральные заполнители и пигменты в сухом виде, на втором добавляли вяжущее, на третьем перемешивание выполняли с частью воды затворения в количестве 60 %, а на четвертом в смесь вводили модификатор МРН 3545 с оставшейся водой. Такой способ приготовления смеси позволяет в максимальной степени реализовать разжижающий эффект суперводоредуцирующей добавки.

Растекаемость декоративных самоуплотняющихся смесей устанавливали по диаметру расплыва бетонного конуса по методике ГОСТ Р 59 715. Диаметр расплыва смеси вычисляли как среднеарифметическое значение результатов двух определений из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 3,0 см. Среднюю плотность бетонных смесей определяли по методике ГОСТ 10 181.

Для оценки физико-механических характеристик декоративного бетона из бетонной смеси каждого состава готовили контрольные образцы-кубы с номинальным размером ребра 100 мм. Хранение и испытание контрольных образцов бетона выполняли по методике ГОСТ 10 180.

Водоредуцирующую способность химического модификатора и эффективность состава декоративного самоуплотняющегося бетона оценивали по коэффициенту использования вяжущего  $K_{ц}$  — удельному расходу цемента на единицу прочности бетона в проектном возрасте:

$$K_{ц} = C/R_{28}, \quad (1)$$

где  $C$  — расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона, кг,  $R_{28}$  — прочность бетона на сжатие в проектном возрасте, МПа.

**Оценка влияния технологических факторов на свойства самоуплотняющихся смесей и показатели качества декоративного бетона.** В настоящей работе были приготовлены смеси одинаковой удобоукладываемости марки РК1 (диаметр расплыва 55–65 см) с номинальным расходом вяжущего 435 кг/м<sup>3</sup>. Состав и характеристики декоративных СУБ на белом цементе приведены в таблице 3, а бетонов на сером цементе — в таблице 4.

Таблица 3

Состав и характеристики декоративных СУБ на белом цементе

| Состав | Расход материалов, кг/м <sup>3</sup> |  |   |                                  |                                 |                                 |                  | Диаметр расплыва смеси, см | Средняя плотность смеси, кг/м <sup>3</sup> | Объем цементного теста, л |
|--------|--------------------------------------|--|---|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------|--|---------------------------|
|        | белый цемент СЕМІ 42.5N              | песок природный смеси фракций 0,16–1,25 мм | песок дробленый смеси фракций 1,25–5,0 мм | щебень дробленый фракции 5–10 мм | диоксид титана TiO <sub>2</sub> | оранжевый пигмент Bayferrox 960 | добавка МРН 3545 |                            |  |                           |
| 1Б     | 442                                  | 456  | 304                                       | 887                              | 42                              | –                               | 7,1              | 55,0                       | 2370                                       | 373                       |
| 2Б     | 440                                  | 464  | 290                                       | 880                              | 42                              | 13,2                            | 7,0              | 56,0                       | 2364                                       | 371                       |
| 3Б     | 436                                  | 448  | 299                                       | 872                              | 42                              | 21,8                            | 7,0              | 55,0                       | 2368                                       | 380                       |

Состав и характеристики декоративных СУБ на сером цементе

| Состав | Расход материалов, кг/м <sup>3</sup> |  |   |                                  |                              |   |                  | Диаметр распыла смеси, см | Средняя плотность смеси, кг/м <sup>3</sup> | Объем цементного теста, л |
|--------|--------------------------------------|--|---|----------------------------------|------------------------------|---|------------------|---------------------------|--|---------------------------|
|        | серый цемент СЕМП/А-Р 42.5N SR       | песок природный смеси фракций 0,16–1,25 мм | песок дробленый смеси фракций 1,25–5,0 мм | щебень дробленый фракции 5–10 мм | черный пигмент Bayferrox 360 | красно-коричневый пигмент Bayferrox 180 | добавка МРН 3545 |                           |  |                           |
| 4С     | 428                                  | 485  | 323                                       | 906                              | 12,8                         | –                                       | 6,8              | 60,0                      | 2392                                       | 368                       |
| 5С     | 432                                  | 478  | 318                                       | 894                              | 21,6                         | –                                       | 6,9              | 58,0                      | 2384                                       | 372                       |
| 6С     | 436                                  | 464  | 310                                       | 914                              | –                            | 13,1                                    | 7,0              | 58,0                      | 2378                                       | 373                       |
| 7С     | 442                                  | 457  | 305                                       | 902                              | –                            | 22,1                                    | 7,1              | 56,0                      | 2370                                       | 376                       |

При использовании заполнителей из дробленого бетона форма зерен которых характеризуется развитой шероховатой поверхностью, требуется оптимизация их зернового состава [15]. Поэтому в работе подбор гранулометрического состава заполнителей проводили на основе результатов ранее выполненных исследований: доля мелкого заполнителя в общей смеси заполнителей составляла 0,46, а доля дробленых зерен в смеси мелкого заполнителя — 0,4 [20].

В процессе проведения исследований установлено, что для обеспечения требуемой растекаемости бетонных смесей объем цементного теста должен находиться в пределах 360–380 л. Увеличение раздвижки зерен заполнителя и создание «плавающей» структуры крупного заполнителя придает смесям высокую текучесть и реологическую стабильность даже при содержании 40 % дробленых зерен в составе мелкого заполнителя.

Анализ физико-механических характеристик декоративного бетона свидетельствует о значительном влиянии вида и дозировки пигментов на процессы структурообразования и формирование механической прочности затвердевшего композита (таблица 5).

При увеличении расхода красителя Bayferrox 960 свыше 3 % (составы 2Б и 3Б) происходит незначительное усиление цвета, но при этом прочность бетона снижается на 8 %. Такой же характер изменения прочности наблюдается для декоративных СУБ на сером цементе с черным (составы 4С и 5С) и красно-коричневым пигментами (составы 6С и 7С). Повышение дозировки этих красителей до 5 % приводит к падению прочности бетона в проектном возрасте на 10–30 %.

Физико-механические характеристики декоративных СУБ

| Состав | Цементно-водное отношение | Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> | Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут. |      |      | Коэффициент использования цемента $K_{ц}$ , кг/МПа |
|--------|---------------------------|--------------------------------------|--|------|------|--|
|        |                           |                                      | 7  | 14   | 28   |  |
| 1Б     | 1,93                      | 2290                                 | 43,2   | 46,0 | 52,3 | 8,4  |
| 2Б     | 1,92                      | 2305                                 | 41,7   | 45,4 | 53,5 | 8,2  |
| 3Б     | 1,82                      | 2283                                 | 38,5   | 43,4 | 49,5 | 8,8  |
| 4С     | 1,88                      | 2325                                 | 30,0   | 38,4 | 49,2 | 8,7  |
| 5С     | 1,84                      | 2321                                 | 23,2   | 28,5 | 43,8 | 9,9  |
| 6С     | 1,89                      | 2315                                 | 26,7   | 31,6 | 48,6 | 9,0  |
| 7С     | 1,81                      | 2312                                 | 20,2   | 24,5 | 34,5 | 12,8   |

Это объясняется тем, что на начальной стадии частицы инертного высокодисперсного красителя, размещаясь в межзерновом пространстве цемента в большом количестве, продолжительное время удерживают на поверхности химически несвязанную воду. Это нарушает монолитность кристаллического сростка, приводит к формированию крупнопористой структуры цементной матрицы и снижает её прочность.

Оценка эффективности составов декоративных самоуплотняющихся бетонов по коэффициенту использования цемента  $K_{ц}$  (таблица 5) показала, что благодаря реологической совместимости химического модификатора МРН 3545 с цементами получение бетонных смесей с минимально допустимым расходом вяжущего практически достижимо. При оптимальном расходе суперводоредуцирующей добавки и пигментов получены декоративные СУБ высокой прочности с минимальным удельным расходом цемента (составы 2Б, 4С, 6С).

**Заключение.** Для ландшафтного дизайна и благоустройства городских и сельских поселений Донского региона разработаны эскизы малых архитектурных форм в стилистике речных мотивов и народного творчества казаков. Для изготовления МАФ выбран декоративный самоуплотняющийся бетон с минеральными красителями и заполнителями из строительных отходов. Установлено, что при рациональном содержании цементного теста и создании «плавающей» структуры крупного заполнителя наличие дробленых зерен с остроугольной и шероховатой поверхностью не снижает текучесть бетонных смесей. Выявлено, что при производстве МАФ из декоративных самоуплотняющихся смесей дозировка минеральных красителей не должна превышать 3 %, так как дальнейшее увеличение расхода пигмента негативно отражается на механической прочности декоративного бетона.

Отмечено, что решающим технологическим фактором для декоративных самоуплотняющихся смесей является использование суперводоредуцирующей добавки MasterPolyNeed 3545 на основе эфиров полиарила и поликарбоксилатов. Благодаря реологической совместимости добавки с цементами реализуется высокий потенциал химического модификатора, обеспечивающий получение бетонных смесей с минимально допустимым расходом вяжущего.

#### Библиографический список

1. Сборщиков, С. Б. Организационные аспекты развития территорий и застройки / С. Б. Сборщиков, П. А. Журавлев // Вестник Томского государственного архитектурно-

строительного университета. — 2021. — Т. 23. — № 3. — С. 58–70. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2021-23-3-58-70>

2. Public open space, physical activity, urban design and public health: Concepts, methods and research agenda / M.J. Koohsari, S. Mavoa, K. Villanueva et al. // *Health & Place*. — 2015. — Vol. 33. — P. 75–82.

3. Capodaglio, A. G. New paradigms in urban water management for conservation and sustainability / A. G. Capodaglio, P. Ghilardi, J. Boguniewicz-Zablocka // *Water Practice and Technology*. — 2016. — Vol.11. — No.1. — P. 176–186.

4. Шафрай, Е. С. Городской дизайн пространства у воды: реконструкция с использованием нового городского ландшафта на нескольких примерах / Е. С. Шафрай // *Региональные архитектурно-художественные школы*. — 2019. — № 1. — С. 14–18.

5. Lesovik, V. S. Small architectural forms in architectural geonic / V. S. Lesovik, Yu. V. Degtev // «Science and Education»: materials of the II International research and practice conference. — Munich, Germany: Publishing office Vela Vertag Waldkraiburg, 2012. — Vol. I — P. 639-643.

6. Устинова, А. А. Модификация бетона для малых архитектурных форм / А. А. Устинова, Е. Н. Потапова, А. Ю. Коняшкина // *Успехи в химии и химической технологии*. — 2017. — Том XXXI, № 3. — С. 114–116.

7. Modani, P. O. Self-compacting concrete with recycled aggregate: a solution for sustainable development / P. O. Modani, V. Mohitkar // *International Journal of Civil Structural Engineering*. — 2014. — No. 4. — P. 430–440.

8. Особенности состава бетонных смесей для бетононасосной технологии / Л. И. Касторных., А. В. Каклюгин, М. А. Гикало, И. В. Трищенко // *Строительные материалы*. — 2020. — № 3. — С. 4–11. <https://doi.org/10.1080/24701394.2018.1467409>

9. Касторных, Л. И. Эффективность системы рециклинга на заводах товарного бетона и сборного железобетона / Л. И. Касторных., И. В. Трищенко, М. А. Гикало // *Строительные материалы*. — 2016. — № 3. — С. 36–39.

10. Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // *Инженерный вестник Дона*. — 2015 — №3. <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090>

11. Ларсен, О. А. Технология переработки бетонного лома с целью получения самоуплотняющегося бетона / О. А. Ларсен, В. В. Наруть, В. В. Воронин // *Строительство и реконструкция*. — 2020. — №2 (88). — С. 61–66. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-88-2-61-66>

12. Применение отсевов дробления щебня в самоуплотняющихся бетонах / Н. М. Морозов, В. И. Авксентьев, И. В. Боровских, В. Г. Хозин // *Инженерно-строительный журнал*. — 2013. — №7. — С. 26–31.

13. Носков, А. С. Влияние железоксидных пигментов на физико-механические свойства бетона / А. С. Носков, В. А. Руднов, В. А. Беляков // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. — 2013. — № 2. — С. 82–85.



14. Лукашевич, О. Д. Получение цветного бетона с использованием пигментов из железосодержащих шламов водоподготовки / О. Д. Лукашевич // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2015. — № 5 (52). — С. 127–137.

15. Technology of small architectural forms for the improvement of rural settlements / L. Kastornykh, A. Kaklyugin, M. Kholodnyak [et al.] // XIV International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness - INTERAGROMASH 2021”. — E3S Web of Conferences 273. — 2021. — 06003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127306003>

16. Fiber Concrete on the Basis of Composite Binder and Technogenic Raw Materials / S. Klyuev, T. Khezhev, Yu. Pukharenko, A. Klyuev // Materials Science Forum. — 2018. — 931. — P. 603–607. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.603>

17. Nesvetaev, G. To the problem of the methodology for evaluating the effectiveness of the use of superplasticizers in concretes / G. Nesvetaev, Y. Koryanova, I. Korchagin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019. — Sevastopol, 2020. — 044056. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/709/4/044056>

18. Ivanov, I.M. Influence of Superplasticizer-Microsilica Complex on Cement Hydration, Structure and Properties of Cement Stone / I.M. Ivanov, L.Ya. Kramar, A.A. Orlov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety 2017, ICCATS 2017. — Chelyabinsk, 2017. — 262. — 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/262/1/012028>

19. Касторных, Л. И. Влияние суперпластифицирующей добавки MasterPolyHeed на основные свойства тяжелого и мелкозернистого бетона / Л. И. Касторных, В. В. Хартанович, Д. Р. Шершень // Молодой исследователь Дона. — 2020. — №4(25) — С. 46–55. [http://mid-journal.ru/upload/iblock/fcf/9\\_1157-Kastornykh\\_46\\_55.pdf](http://mid-journal.ru/upload/iblock/fcf/9_1157-Kastornykh_46_55.pdf)

20. Касторных, Л. И. Оптимизация зернового состава заполнителя для мелкозернистого самоуплотняющегося бетона / Л. И. Касторных, В. Д. Черепанов, В. Э. Березовой // Молодой исследователь Дона. — 2020. — №5(26). — С. 40–48. [http://mid-journal.ru/upload/iblock/eb6/8\\_1185-Kastornykh\\_40\\_48.pdf](http://mid-journal.ru/upload/iblock/eb6/8_1185-Kastornykh_40_48.pdf).

*Об авторах:*

**Касторных Любовь Ивановна**, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8968-2543>, [likas9@mail.ru](mailto:likas9@mail.ru)

**Косенко Вера Викторовна**, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3312-2771>, [kosenko\\_verav@mail.ru](mailto:kosenko_verav@mail.ru)

**Холодняк Михаил Геннадиевич**, преподаватель кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3560-7067>, [xolodniak@yandex.ru](mailto:xolodniak@yandex.ru)



**Федорченко Ангелина Андреевна**, магистрант кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5432-0251>, [fedorchenko.lina@bk.ru](mailto:fedorchenko.lina@bk.ru)

*About the Authors:*

**Kastornykh, Lyubov I.**, Associate professor, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sci., Associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8968-2543>, [likas9@mail.ru](mailto:likas9@mail.ru)

**Kosenko, Vera V.**, Associate professor, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand.Sci., Associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3312-2771>, [kosenko\\_verav@mail.ru](mailto:kosenko_verav@mail.ru)

**Kholodnyak, Mikhail G.**, Lecturer, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand.Sci., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3560-7067>, [xolodniak@yandex.ru](mailto:xolodniak@yandex.ru)

**Fedorchenko, Angelina A.**, Master's degree student, Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5432-0251>, [fedorchenko.lina@bk.ru](mailto:fedorchenko.lina@bk.ru)