

УДК 691.327

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА С ОТСЕВАМИ ДРОБЛЕНИЯ

Л. И. Касторных, Д. Н. Мелихов

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

В статье описаны разработанные авторами статьи технологические решения по изготовлению малых архитектурных форм из мелкозернистых самоуплотняющихся смесей с отсевами дробления. Для комплексного использования отсевов дробления требуется предварительная сухая воздушная классификация с применением каскадно-гравитационных классификаторов. Проектное решение предусматривает мобильное производство железобетонных изделий в условиях открытого полигона, оборудованного автобетононасосом и автокраном. Для ритмичного производства железобетонных изделий необходимо интенсифицировать процесс твердения бетона в низкозаглубленных камерах ямного типа, оборудованных теплогенераторами автономного типа.

Ключевые слова: малые архитектурные формы, отсевы дробления, мелкозернистые самоуплотняющиеся смеси, мобильный завод железобетонных изделий.

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS FROM FINE-GRAINED SELF-COMPACTING CONCRETE WITH CRUSHING SCREENINGS

L. I. Kastornykh, D. N. Melikhov

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

The paper describes technological solutions for the production of small architectural forms from fine-grained self-compacting mixtures with crushing screenings. For the complex use of crushing screenings, a preliminary dry air classification with the use of cascade-gravity classifiers will be required. The design solution provides for the mobile production of reinforced concrete products in open ground using a concrete pump and a crane. For smooth production of reinforced concrete products, it is necessary to intensify the process of concrete hardening in low-depth pit-type chambers equipped with autonomous heat generators.

Keywords: small architectural forms, crushing screenings, fine-grained self-compacting mixtures, mobile plant of reinforced concrete products

Введение. В целевую программу «Устойчивое развитие сельских территорий», как части государственной программы развития сельского хозяйства, включена задача по обеспечению комфортных условий граждан, проживающих в сельской местности, в том числе молодых семей и специалистов. Для реализации задачи благоустройства сельских поселений с целью создания привлекательных условий проживания, сохранения культурных традиций, развития этнотуризма и формирования неповторимого облика станиц и поселков Донского региона требуются различные дизайнерские объекты — малые архитектурные формы.

Малые архитектурные формы по назначению подразделяются на три типа: утилитарные (урны, фонари, ограждения, нестандартно оформленные скамейки, парковочные ограничители), декоративные (арт-объекты, фонтаны, цветочные композиции, искусственные водоемы), оздоровительные (объекты спортивных комплексов). Несмотря на многообразие, все изделия

должны быть едиными по стилю. Заполняя пространство и находясь в поле зрения человека, они формируют эстетический вкус и способствуют гармоничному сосуществованию с окружающей средой [1, 2].

Традиционно малые архитектурные формы изготавливают из металла, дерева, стеклопластика и бетона. Последний является одним из самых прочных и долговечных материалов, позволяющим легко воплотить творческий замысел дизайнера (рис. 1).



Рис. 1. Сборные железобетонные изделия для благоустройства населенных мест

При проектировании малых архитектурных форм должны учитываться природный ландшафт и климатические условия их эксплуатации. Поэтому к бетонам для архитектурных форм, используемых в основном для организации открытых пространств, предъявляются дополнительные требования, существенно отличающиеся от рядовых бетонов [3]. Помимо высоких показателей по долговечности (морозостойкости, водонепроницаемости, трещиностойкости), бетон должен отвечать требованиям эстетичности по качеству лицевой поверхности, внешнему виду и художественной выразительности [4].

Учитывая небольшие размеры и сложные геометрические формы малых архитектурных форм, применение традиционных способов их изготовления на основе бетонных смесей с крупным заполнителем затруднительно и неэффективно. Наиболее рациональным методом производства изделий является безвибрационная технология из мелкозернистого самоуплотняющегося бетона. В качестве мелкого заполнителя для бетонных смесей целесообразно использовать отсеvy дробления горных пород на щебень, являющиеся альтернативой природным пескам. Обоснованием для их применения в бетонных смесях является ГОСТ 31 424–2010 «Материалы строительные нерудные из отсеvов дробления плотных горных пород при производстве щебня».

Опыт использования отсеvов дробления в промышленности строительных материалов. Развитие отечественной и зарубежной строительной индустрии показывает, что использование отсеvов дробления горных пород на щебень является эффективным направлением комплексного применения природных ресурсов [5–7]. В дорожном строительстве отсеvy камнедробления успешно применяются в качестве заполнителя для оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов, а пылевидная составляющая — в качестве минерального порошка. Отсеvy дробления изверженных и метаморфических горных пород, обладая декоративными свойствами, зависящими от цвета и текстуры исходной породы, широко

используются в архитектурном бетоне, а также в качестве крупнозернистой посыпки мягких кровельных материалов. Отсевы дробления осадочных, метаморфических и изверженных горных пород находят применение в качестве компонента шихты при производстве тонкой и грубой керамики, огнеупорных материалов. Практика строительства и научный опыт показывают, что наиболее перспективной областью комплексного использования отсевов дробления, совместно с эффективными модифицирующими добавками, является производство тяжелого, мелкозернистого и ячеистого бетона [8–10]. По мнению многих исследователей оптимальные составы бетонов, растворов, сухих строительных смесей с отсевами дробления должны базироваться только на фракционированных материалах [11–13].

Целью настоящей работы явились исследования по разработке технологических решений производства железобетонных изделий из мелкозернистого самоуплотняющегося бетона с комплексным использованием отсевов дробления горных пород Донского региона. Эти исследования позволят выявить основы проектирования технологии железобетонных изделий в соответствии с критериями бережливого производства [14].

Технологические решения производства железобетонных изделий из мелкозернистого самоуплотняющегося бетона с комплексным использованием отсевов дробления. В Донском регионе дробильно-сортировочные заводы, расположенные в северо-западной части в районе Донецкого каменноугольного бассейна, производят щебень для строительных работ из песчаника и известняка. На территории этих предприятий, находящихся в сельской местности, целесообразно организовать производство бетонных и железобетонных изделий с комплексным использованием отсевов дробления.

Ранее выполненными исследованиями установлено, что производство сборных железобетонных изделий из мелкозернистых самоуплотняющихся бетонов с отсевами камнедробления горных пород Донского региона технически достижимо и экономически оправдано [13, 15]. Комплексное использование отсевов дробления позволит снизить расход природного песка, стоимость которого в 3–4 раза превышает стоимость дробленого сырья, и, следовательно, уменьшит себестоимость мелкозернистого бетона [16].

Изготовление железобетонных изделий из мелкозернистых самоуплотняющихся бетонов с отсевами дробления рационально организовать на территории дробильно-сортировочных заводов или в непосредственной близости от предприятий, так как они размещаются в сельской местности, где проживают основные потребители продукции. В настоящей работе разработана компоновочная схема технологической линии по изготовлению железобетонных изделий из мелкозернистых самоуплотняющихся смесей с отсевами дробления (рис. 2). Проектное решение, ориентируясь на сезонный сбыт продукции, предусматривает мобильное производство бетонных и железобетонных изделий в условиях открытого полигона, оборудованного автобетононасосом и автокраном.

Накопленный опыт переработки отсевов камнедробления в Российской Федерации показывает, что для их комплексного использования требуется предварительная сухая воздушная классификация с применением каскадно-гравитационных классификаторов. В таких установках за счет действия силы восходящего воздушного потока и силы гравитации, действующей на частицы исходного материала, реализуется способ разделения мелкозернистых материалов по крупности, плотности и форме частиц [7]. После разделения на фракции продукты классификации должны транспортироваться на бетоносмесительный узел и дозироваться в количестве, установленном при подборе составов бетона. В состав БСУ должны включаться не менее пяти закрытых бункеров для отсевов дробления фракций: 0,16–0,315 мм; 0,315–0,63 мм; 0,63–1,25 мм; 1,25–2,5 мм и 2,5–5,0 мм.

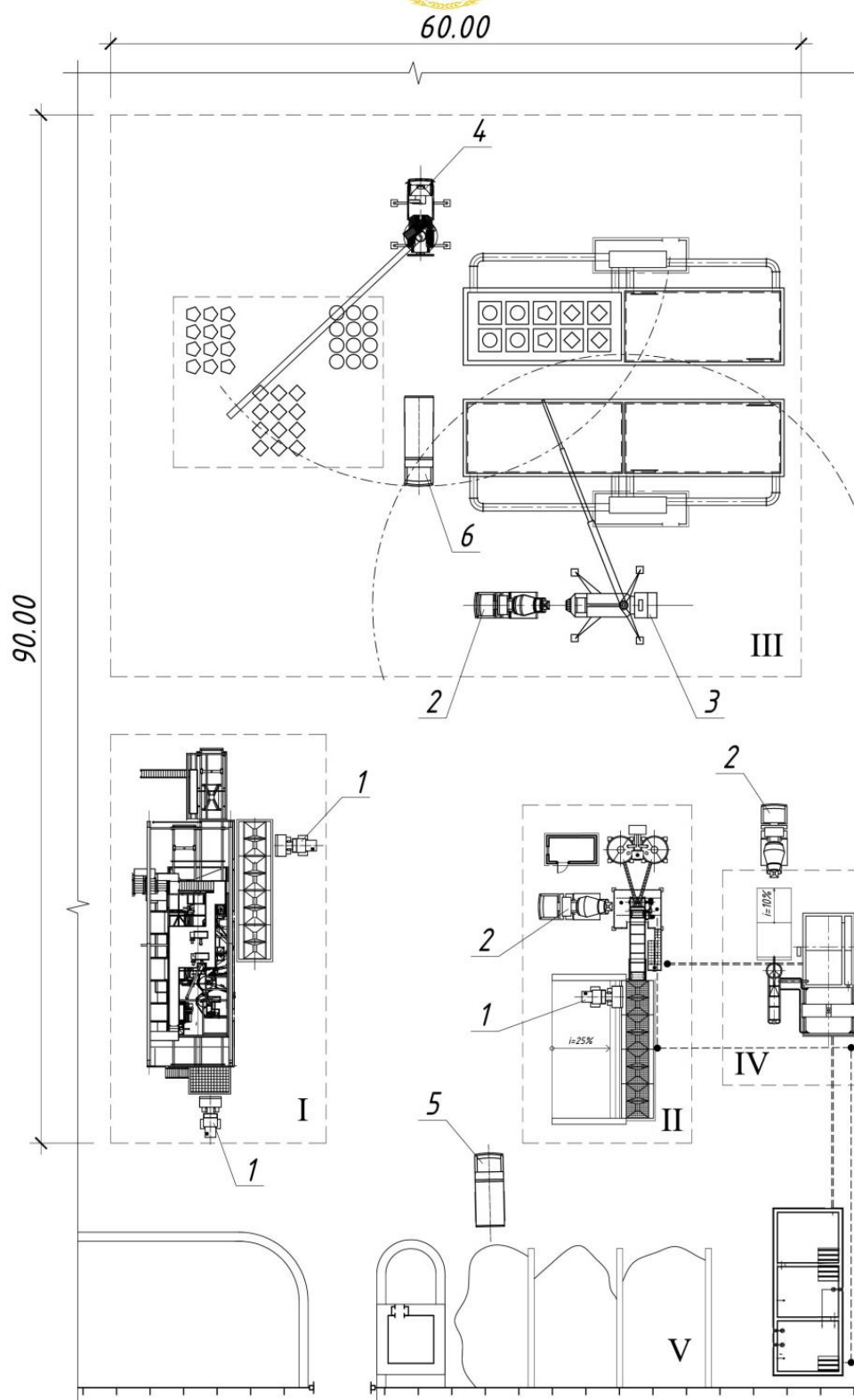


Рис. 2. Компонировочная схема мобильного завода по производству ЖБИ с комплексным использованием отсевов камнедробления I — участок фракционирования отсевов дробления, II — участок приготовления бетонных смесей, III — полигон по производству ЖБИ, IV — сооружения системы рециклинга, V — складирование заполнителей, 1 — ковшовый погрузчик, 2 — автобетоносмеситель, 3 — автобетононасос с бетонораспределительной стрелой, 4 — автомобильный кран, 5 — автосамосвал, 6 — грузовой автомобиль.

Пылевидную фракцию отсевов дробления размерами менее 0,16 мм, используемую в качестве минерального наполнителя, необходимо загружать в один из бункеров склада цемента.

Для ритмичного производства железобетонных изделий требуется интенсификация твердения бетона. Выполненные ранее исследования показали [15], что набор прочности самоуплотняющихся бетонов с эффективными модификаторами на основе поликарбосилатов на начальном этапе идет медленно, что свидетельствует о замедляющем действии добавок на процессы схватывания цемента и твердения бетона. Прочность, морозостойкость, водонепроницаемость и ряд других показателей бетона напрямую зависят от правильности назначения температуры и длительности теплового воздействия. Поэтому при изготовлении железобетонных изделий в заводских условиях для ускоренного твердения и формирования мелкопористой малодефектной структуры мелкозернистых самоуплотняющихся бетонов с отсевами дробления потребуется использование низкотемпературных режимов тепловой обработки [17]. При организации производства железобетонных изделий в низкозаглубленных камерах ямного типа, оборудованных теплогенераторами автономного типа, длительность предварительного выдерживания бетона должна быть не менее 5 ч, скорость подъема температуры — не более 10 °С/ч, а максимальная температура обогрева не может превышать 60 °С. Такой режим работы технологической линии с оборотом в одни сутки обеспечит ритмичный выпуск железобетонных изделий требуемого количества и качества.

Проектное решение мобильного завода по производству ЖБИ с комплексным использованием отсевов камнедробления предусматривает сооружение объектов системы рециклинга. Использование систем рециклинга в настоящее время особенно актуально, так как отвечает требованиям по предотвращению возможного негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду [18, 19]. Вовлечение в повторный оборот заполнителя и промывочной воды будет отвечать критериям бережливого производства, а также позволит снизить себестоимость мелкозернистой бетонной смеси.

Заключение. По итогам анализа проведенных исследований установлено, что производство железобетонных изделий целесообразно организовать по безвибрационной технологии из мелкозернистых самоуплотняющихся смесей с отсевами камнедробления. Для комплексного использования отсевов дробления горных пород Донского региона мобильный завод по производству ЖБИ следует размещать на территории дробильно-сортировочных заводов. Подбор и оптимизацию составов мелкозернистых бетонных смесей с отсевами дробления необходимо осуществлять отдельно для каждой фракции заполнителя.

Библиографический список

1. 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 Vol. I, Munich, December 18th–19th, 2012 / Publishing office Vela Verlag Waldkraiburg, Munich, Germany, 2012. — pp. 639–643.
2. Lesovik, R. V. Green composites in architecture and building material science / Ruslan V. Lesovik, Yury V. Degtev, Mahmud Shakarna and Anastasiya A. Levchenko // Modern Applied Science, 2015. — Vol. 9. — No.1. — pp. 45–50.
3. Денисова, Ю. В. Использование малых архитектурных форм для благоустройства городской застройки / Ю. В. Денисова // Научно-технологические инновации: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 2016. — С. 45–51.

4. 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. [10.31659/0585-430X-2020-779-3-4-11](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-779-3-4-11)

5. Лазуткин, А. В. Использование отсевов дробления — важный фактор экономического роста предприятий нерудной промышленности / А. В. Лазуткин, В. И. Эйрих, В. П. Жуков // Строительные материалы. — 2003. — № 11. — С. 6–7.

6. Использование отходов переработки горных пород при производстве нерудных строительных материалов / О. Е. Харо, Н. С. Левкова, М. И. Лопатников, Т. А. Горностаева // Строительные материалы. — 2003. — № 9. — С. 18–19.

7. Артамонов, В. А. Опыт переработки отсевов дробления / В. А. Артамонов, В. В. Воробьев, В. С. Свитов // Строительные материалы. — 2003. — № 6. — С. 28–29.

8. Строительные материалы: учебно-справ. пособ. / Г. А. Айрапетов, О. К. Безродный, А. Л. Жолобов [и др.]. — 3-е издание, переработанное и дополненное. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. — 620 с.

9. Применение отсевов дробления щебня в самоуплотняющихся бетонах / Н. М. Морозов, В. И. Авксентьев, И. В. Боровских, В. Г. Хозин // Инженерно-строительный журнал. — 2013. — № 7(42). — С. 26–31. [10.5862/MCE.42.4](https://doi.org/10.5862/MCE.42.4)

10. Беднев, Д. С. Применение пылевидной фракции отсевов камнедробления для самоуплотняющихся бетонов / Д. С. Беднев, А. С. Добродеева, А. И. Макеев // Студент и наука. — 2020. — № 1(12). — С. 99–105.

11. Касторных, Л. И. Влияние отсева камнедробления и минерального наполнителя на характеристики мелкозернистых самоуплотняющихся бетонов / Л. И. Касторных, А. Г. Тароян, Л. М. Усепян // Инженерный вестник Дона. — 2017. — № 3(46). — С. 107.

12. Боровских, И. В. Оптимизация гранулометрического состава песка для получения высокопрочного тонкозернистого бетона / И. В. Боровских, Н. М. Морозов, В. Г. Хозин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. — 2008. — № 2(10). — С. 121–124.

13. Касторных, Л. И. Оптимизация зернового состава заполнителя для мелкозернистого самоуплотняющегося бетона / Л. И. Касторных, В. Д. Черепанов, В. Э. Березовой // Молодой исследователь Дона: [сайт]. — 2020. — № 5(26). — С. 40–48. — URL : https://mid-journal.ru/upload/iblock/eb6/8_1185-Kastornykh_40_48.pdf (дата обращения 01.11.2021).

14. Касторных, Л. И. Технологические решения для организации бережливого производства на предприятиях сборного железобетона / Л. И. Касторных, А. В. Каклюгин, В. Д. Черепанов // Инженерный вестник Дона: [сайт]. — 2020. — № 8(68). — С. 175–187. — URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2020/6563> (дата обращения 01.11.2021).

15. 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: [сайт]. — 2020. — № 4(25). — С. 46–55. — URL: http://mid-journal.ru/upload/iblock/fcf/9_1157-Kastornykh_46_55.pdf. (дата обращения 01.11.2021).

16. Трищенко, И. В. Об оценке эффективности инвестиций на стадии внедрения результатов научно-исследовательских работ / И. В. Трищенко, А. В. Каклюгин, Л. И. Касторных // Инженерный вестник Дона: [сайт] — 2019. — № 2(53). — С. 71. — URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_75_Trishchenko_Kaklyugin_Kastornykh.pdf_cff5762305.pdf (дата обращения 01.11.2021).

17. Heat curing efficiency estimation of concrete with superplasticizers on polycarboxylates basis / L. I. Kastornykh, I. V. Trischenko, A. V. Kakljugin, D. R. Shershen // Materials Science Forum. — 2020. — Vol. 974 MSF. — P. 231–236. [10.4028/www.scientific.net/MSF.974.231](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.974.231)

18. Оценка эффективности инвестиционного проекта реконструкции предприятий крупнопанельного домостроения / И. В. Трищенко, Л. И. Касторных, Ю. С. Фоминых, М. А. Гикало // Жилищное строительство. — 2018. — № 10. — С. 39–43.

19. 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.

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

Мелихов Денис Николаевич, магистрант кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), melikhov.denis.98@mail.ru

About the Authors:

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

Melikhov, Denis N., Master's degree student, Department of Technology and Engineering Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), melikhov.denis.98@mail.ru