

исследования: тенденции и перспективы: сб. ст. / ЧУДПО «НИОЦ»; под общ. ред. Е. А. Назарова. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2020. – С. 121–124.

12. Импортозамещение в Республике Беларусь: методы анализа и направления совершенствования: [монография] / Е. А. Червинский. — Мн.: Беларуская навука, 2015. — 196 с.

13. Карачевская, Е. В. Методологические основы концепции стратегического развития лекарственной отрасли Республики Беларусь / Е.В. Карачевская // Проблемы экономики: сб. научн. трудов / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, УО «Белорусская сельскохозяйственная академия». – 2019. – № 2. – С. 85–95.

14. Республика Беларусь на пути вхождения в мировой фармацевтический рынок / Крюкова Е. В., Хацкевич Г. А. (под ред. В. Ф. Медведева) – Мн.: МИУ, 2006. — 178 с.

15. Тимохова, И. А. Импортозамещение в фармацевтике: достижения и перспективы / И. Тимохова, С. Л. Флерко // Гермес: респ. науч.-попул. произв.-практ. журнал / учр. Министерство торговли Республики Беларусь. – 2018. – № 5. – С. 48–49.

16. Ткачев, С. Отечественная фармацевтика: заглянем в завтра / С. Ткачев // Экономическая газета / – 2019. – № 9 – Мн. – С. 1–3.

17. Флерко, С. А. Политика импортозамещения Республики Беларусь / С. Л. Флерко, И. А. Тимохова // Менеджмент и маркетинг: опыт и проблемы: сб. научн. трудов / Белорусский государственный экономический университет [и др.] – Минск, 2018. – С. 234–237.

18. Andreeva, E. L. Export potential assessment of Russian pharmaceutical clusters / E.L. Andreeva, E. V. Sapir, I. A. Karachev, D. A. Zherenkov // SGEM International Multidisciplinary Scientific Conference on Social sciences and Arts. – 2016. – Vol. 2, No. 5. – pp. 245–252.

19. Frolova, E. Assessment of the international development level of Kazakhstan national pharmaceutical complex / E. Frolova, E. Andreeva, Z. Abdurahmanova // D. Vrontis & Y. Weber & E. Tsoukatos (Eds.), Proceedings of the 10th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business. – Marseille: EuroMed Press. – 2017. – P. 624–637.

УДК: 666.972

М. А. Волков, Е. А. Карпова

Ижевский государственный технический университет им. М.Т.Калашникова,
Ижевск, РФ

САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ БЕТОНЫ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация. В ходе данного исследования были проведены эксперименты по модификации самоуплотняющейся бетонной (СУБ) смеси микрокремнеземом и техническим углеродом. Цель исследования состояла в установлении оптимального состава и оценке технологических параметров смеси. Была получена смесь оптимальной удобоукладываемости с сохраняемостью самоуплотняющихся свойств до 2 часов.

M. A. Volkov, E. A. Karpova
Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
Izhevsk, Russia

SELF-COMPACTING CONCRETE WITH INDUSTRIAL WASTE: PROBLEMS AND APPLICATION PROSPECTS

Abstract. In the course of this study, experiments on modification of self-compacting concrete with silica fume and carbon black were carried out. The purpose of the study was to establish the optimal mix design and evaluate the technological parameters of the mixture. The mixture of optimal workability with preservation of self-compacting properties up to 2 hours was obtained.

Самоуплотняющиеся бетоны (СУБ), впервые были разработаны японским ученым Х. Окамурой в конце 1980-х гг. СУБ представляет собой разновидность бетонов, которые способны уплотняться под действием собственного веса без применения технологий вибрирования [1]. Их применение перспективно для строительной отрасли, так как существенно облегчает технологию укладки бетонной смеси, снижает трудовые затраты, а также исключает получение дефектов в конструкциях, связанных с недостаточным или некачественным уплотнением. Высокая подвижность СУБ смесей способствует формированию качественной бетонной поверхности изделий и конструкций, не требующей дополнительной отделки, а также поверхностей, которые выполняются для реализации различных архитектурных концепций.

Несмотря на перспективность применения СУБ, данные бетоны нешироко распространены в строительной практике РФ. Это может быть объяснено рядом ограничивающих факторов, таких как качество сырьевых материалов, неизученность применимости сырьевых материалов регионов для СУБ смесей, неразвитость рынка химических добавок в бетон, недостаточность исследований в области применения СУБ, неразвитая нормативная база, неподготовленность производства к внедрению СУБ, отсутствие квалифицированных кадров.

Следует отметить, что СУБ требуют тщательного подбора компонентов, так как их технологические свойства в значительно большей степени зависимы от используемых компонентов в сравнении

с традиционными бетонами. При приготовлении СУБ одной из существенных проблем является водоотделение и сегрегация за счет введения в состав смеси большого количества суперпластифицирующих добавок для улучшения подвижности. Для решения проблем СУБ, связанных с сегрегацией и водоотделением в их состав вводятся наполнители, при этом в качестве наполнителей могут выступать отходы производства: микрокремнезем [2], метакраолин [3], зола уноса [4], доменный гранулированный шлак [5] и др. Применение отходов производства для приготовления СУБ смесей в комплексе со снижением энергозатрат на виброуплотнение позволит следовать концепции устойчивого развития.

В ходе данного исследования были проведены эксперименты по модификации СУБ смеси микрокремнеземом в сочетании с дисперсией технического углерода. Целью данного исследования являлось установление оптимального состава СУБ смеси и оценка ее технологических параметров, таких как подвижность и показатели стабильности.

В качестве вяжущего для приготовления СУБ применялся портландцемент марки ПЦ500Д0, соответствующий требованиям ГОСТ 31108-2020 производства АО «Мордовцемент» (р.п. Комсомольский, Чамзинский район, Республика Мордовия). Микрокремнезем МК-85 (ТУ 14-106-709–2004 «Микрокремнезем конденсированный»), являющийся техногенным продуктом металлургического производства, получаемый при выплавке ферросилиция, был применен при приготовлении исследуемых СУБ смесей в качестве наполнителя. Технический углерод вводился в виде дисперсии производства ООО "Новый дом", содержание сухого вещества – 34%, удельная поверхность частиц 65–100 м²/г. В качестве крупного заполнителя был использован щебень фракции 5-10 мм (ОАО «Высокогорский горно-обогатительный комбинат», г. Нижний Тагил), отвечающий требованиям СТО 57110-004-05778402-2015. В качестве мелкого заполнителя применялся песок, соответствующий ГОСТ 8736-2014 с Мк=2,0 (ООО «РПР», г. Воткинск).т Вода затворения соответствовала требованиям ГОСТ 23732-2011. В качестве пластифицирующей добавки применялся поликарбоксилатный суперпластификатор с эффектом замедления схватывания «Линамикс ПК» тип 2 (АО "ГК Полипласт").

На основе выше перечисленных компонентов были приготовлены бетонные смеси, составы которых приведены в Таблице 1.

Методики тестирования смесей были приняты согласно ГОСТ Р 59715-2022 «Смеси бетонные самоуплотняющиеся. Методы

исследования». Удобоукладываемость определялась по показателю расплыва нормального конуса, высотой 300 мм. Конус заполнялся смесью без какого-либо уплотнения, отстаивался не более 30 с и поднимался в течение 1-3 с. В момент, когда конус отрывался от базовой плиты, включался секундомер для определения времени t_{500} , за которое исследуемая смесь достигала отметки расплыва в 500 мм.

Таблица 1. Рабочие составы исследуемых СУБ смесей, м³

Состав	К	МК5	МК5 С0,05	МК5 С0,25	МК5 С0,5	МК5 С1,0	МК5 С2,0
Цемент	450	428	428	428	428	428	428
Песок	850	750	750	750	750	750	750
Щебень	1000	900	900	900	900	900	900
Микрокремнезем (МК)	-	23	23	23	23	23	23
Технический углерод (ТУ)	-	-	0,23	1,15	2,3	4,6	8,2
% ТУ	-	-	0,05	0,25	0,5	1,0	2,0
Суперпластификатор (СП)	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
% СП	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Вода	214	215	215	215	217	217	220
В/Т	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48

Показатели удобоукладываемости для разрабатываемых смесей представлены на Рис. 1.

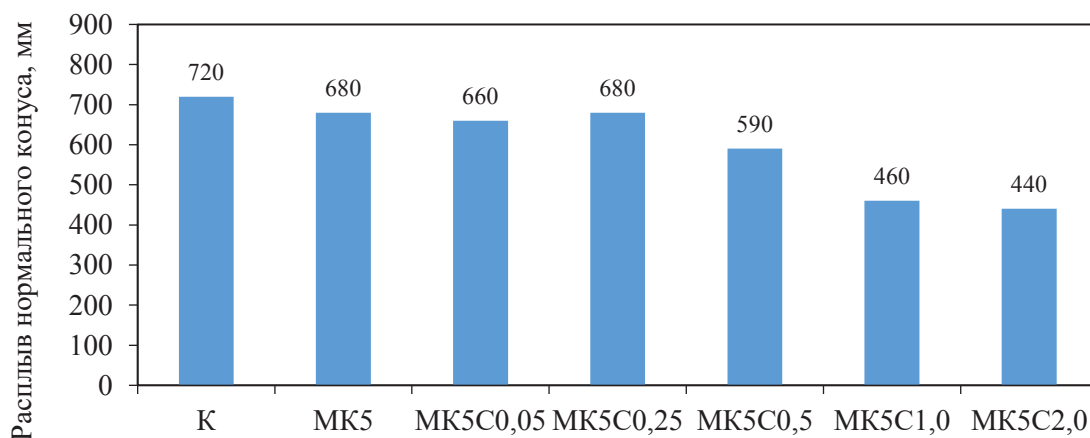


Рис. 1. Показатели удобоукладываемости исследуемых смесей

При введении добавки технического углерода в бетонную смесь в дозировке от 0 до 2,0 % от массы цемента наблюдается снижение

показателя удобоукладываемости смеси с 720 мм до 440 мм. Значения времени t_{500} , за которое исследуемая смесь достигала отметки расплыва в 500 мм, для исследуемых смесей представлено в Таблице 2. Как можно видеть из таблицы, показатель t_{500} увеличивается при добавлении микрокремнезема и технического углерода в состав бетонной смеси с 2,8 до 3,2 с.

Таблица 2. Показатель t_{500} для исследуемых СУБ смесей

Состав	К	МК5	МК5С0,05	МК5С0,25	МК5С0,5	МК5С1,0	МК5С2,0
t_{500} , с	2,8	3,0	3,1	3,1	3,2	-	-

Оценка раскраиваемости СУБ смесей по показателю раствооротделения на сите (Рис. 2) производилось в соответствии с ГОСТ Р 59715-2022.

При добавлении в смесь микрокремнезема в количестве 5% от массы цемента и технического углерода в количестве 0,25% от массы цемента, раствооротделение смеси снизилось с 15,61% до 11,46%. Увеличение дозировки технического углерода до 1,0% от массы цемента привело к снижению раствооротделения до 1,3%.

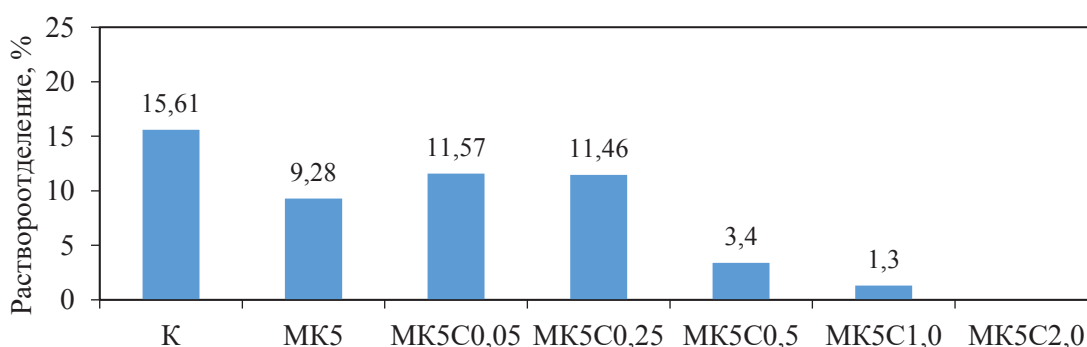


Рис. 2. Раствороотделение исследуемых смесей

На ряду с определением раствооротделения, производилась оценка водоотделения смеси в соответствии с ГОСТ 10181-2014. Результаты приведены Таблице 3.

Таблица 3. Визуальный индекс стабильности и водоотделение смесей

Состав	К	МК5	МК5С0,05	МК5С0,25	МК5С0,5	МК5С1,0	МК5С2,0
VSI	VSI1	VSI0	VSI0	VSI0	VSI0	-	-
P_b , %	6,8	2,1	1,5	-	-	-	-

В ходе данного исследования СУБ смеси исследовались с точки зрения сохраняемости свойств во времени. Удобоукладываемость смеси оценивалась после 60 и 120 мин от начала перемешивания. Результаты представлены на Рис. 3.

Из рисунка видно, что модификация СУБ смеси 5% микрокремнезема и 0,25% технического углерода от массы цемента, приводит к изменению расплыва конуса 680 до 510 мм, что свидетельствует о сохраняемости самоуплотняющихся свойств смеси во времени в течение 2 часов от начала перемешивания.

Таким образом, в ходе проведенного исследования был установлен оптимальный состав СУБ смеси, при содержании микрокремнезема в количестве 5% и технического углерода в количестве 0,25% от массы цемента. Для данной смеси были установлены следующие технологические характеристики: расплыв нормального конуса, равный 680 мм; $t_{500}=3,1$ с; раствороотделение 11,46 %; визуальный индекс стабильности – VSI0; отсутствие водоотделения; сохраняемость свойств в течение 120 мин от начала перемешивания смеси.

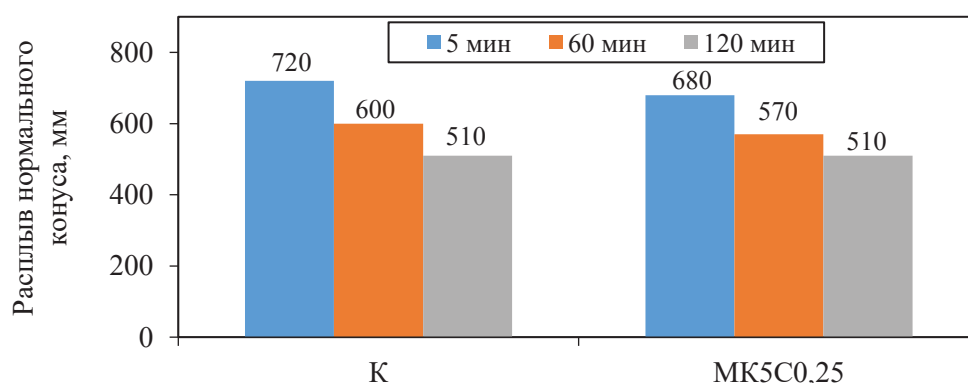


Рис. 3. Сохраняемость показателей удобоукладываемости для исследуемых смесей

Исследуемый состав самоуплотняющейся бетонной смеси, модифицированный техническим углеродом и микрокремнеземом, может найти применение в строительной отрасли для решения задач разной направленности, таких как бетонирование в стесненных условиях, бетонирование конструкций с густым армированием, применение для реализации различных архитектурных решений.

Список использованных источников

1. Okamura H., Ouchi M. Self-compacting concrete/ Journal of advanced concrete technology 1(1), 2003, p. 5-15.
2. Ha Thanh Le, Matthias Müller, Karsten Siewert, Horst-Michael Ludwig The mix design for self-compacting high performance concrete containing various mineral admixtures/Materials & Design №72, 2015, p. 51-62.
3. Harvinder Singh, Rafat Siddique Utilization of crushed recycled glass and metakaolin for development of self-compacting concrete/ Construction and Building Materials №348, 128659. 2019.
4. Abhishek Jain, Sandeep Chaudhary, Rajesh Gupta Mechanical and microstructural characterization of fly ash blended self-compacting concrete containing granite waste/ Construction and Building Materials 314, part A, 125480. 2022.
5. P. Abhishek, P. Ramachandra, P.S. Niranjana Use of recycled concrete aggregate and granulated blast furnace slag in self-compacting concrete/ Materials Today Proceedings 42(2), 2021, p. 479-486.

УДК 674.8:685.3

А.Н. Радюк

Витебский государственный технологический университет
Витебск, Республика Беларусь

ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В работе представлены технологии для получения материалов и изделий, отличающейся рецептурным составом, режимами переработки, технологической и аппаратурной оснащённостью. Разработанные технологии способствуют получению материалов с необходимым комплексом свойств, с целью чего проводится физико-химическое модифицирование материалов различной дисперсности.

A.N. Radyuk

Vitebsk State Technological University
Vitebsk, Republic of Belarus

IMPORT-SUBSTITUTING TECHNOLOGIES FOR OBTAINING NEW MATERIALS USING PRODUCTION WASTE