



ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, СТОЙКИХ К СЕГРЕГАЦИИ, И БЕТОНОВ НА ИХ ОСНОВЕ

М. Н. Водолад¹, Е. В. Егорова², С. В. Лахтарина³, И. Ю. Петрик⁴, А. М. Ченченко⁵

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹vodolad.m.n-smiku-49@donnasa.ru, ²e.v.egorova@donnasa.ru, ³s.v.lahtarina@donnasa.ru,
⁴i.y.petrik@donnasa.ru, ⁵chenchenko.a.m-psmik-50@donnasa.ru

Получена 05 сентября 2022; принята 23 сентября 2022.

Аннотация. В работе рассмотрено влияние минеральной добавки золошлаковой смеси Зуевской ТЭС, модификатора вязкости SCC-10 и суперпластификатора Sika ViscoCrete 5-600 N PL на подвижность, текучесть самоуплотняющихся бетонных смесей и прочность бетона в раннем и проектном возрасте. Оптимизация состава бетонных смесей выполнена с использованием полного трехфакторного эксперимента. Определены области оптимальных составов бетонных смесей по содержанию минеральной и химических добавок, обеспечивающие получение бетонных смесей с показателем подвижности по диаметру расплыва конуса 588 мм (класс SF1), а также бетонов с пределом прочности при сжатии в проектном возрасте 38 МПа. Исследованные составы самоуплотняющихся бетонных смесей рекомендовано использовать для неармированных или малоармированных бетонных конструкций – плит перекрытий, трубопроводов, облицовки туннелей, фундаментов, к которым предъявляются высокие требования по качеству поверхности и которые не требуют дополнительной обработки.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, отходы промышленности Донбасса, модификатор вязкости, суперпластификатор, оптимизация состава бетона.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ, ЩО САМОУЩІЛЬНЮЮТЬСЯ, СТІЙКИХ ДО СЕГРЕГАЦІЇ, І БЕТОНІВ НА ЇХ ОСНОВІ

М. М. Водолад¹, О. В. Єгорова², С. В. Лахтарина³, І. Ю. Петрик⁴, А. М. Ченченко⁵

ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹vodolad.m.n-smiku-49@donnasa.ru, ²e.v.egorova@donnasa.ru, ³s.v.lahtarina@donnasa.ru,
⁴i.y.petrik@donnasa.ru, ⁵chenchenko.a.m-psmik-50@donnasa.ru

Отримана 05 вересня 2022; прийнята 23 вересня 2022.

Анотація. У роботі розглянуто вплив мінеральної добавки золошлакової суміші Зуївської ТЕС, модифікатора в'язкості SCC-10 та суперпластифікатора Sika ViscoCrete 5-600 N PL на рухливість, текучість бетонних сумішей, що самоущільнюються, і міцність бетону в ранньому та проектному віці. Оптимізація складу бетонних сумішей виконана з використанням повного трьохфакторного експерименту. Визначено області оптимальних складів бетонних сумішей за вмістом мінеральної та хімічних добавок, що забезпечують отримання бетонних сумішей з показником рухливості за діаметром розпливу конуса 588 мм (клас SF1), а також бетону з межею міцності при стиску в проектному віці 38 МПа. Досліджені склади бетонних сумішей, що самоущільнюються, рекомендовано використовувати для



неармованих або малоармованих бетонних конструкцій – плит перекриттів, трубопроводів, облицювання тунелів, фундаментів, до яких пред'являються високі вимоги щодо якості поверхні і які не потребують додаткової обробки.

Ключові слова: бетон, що самоущільнюється, відходи промисловості Донбасу, модифікатор в'язкості, суперпластифікатор, оптимізація складу бетону.

OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF SEGREGATION-RESISTANT SELF-COMPACTING CONCRETE MIXTURES AND THEIR BASED CONCRETE

Maxim Vodolad¹, Elena Yegorova², Sergey Lakhtarina³, Irina Petrik⁴,
Anastasia Chenchenko⁵

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: ¹vodolad.m.n-smiku-49@donnasa.ru, ²e.v.egorova@donnasa.ru, ³s.v.lakhtarina@donnasa.ru,
⁴i.y.petrik@donnasa.ru, ⁵chenchenko.a.m-psmik-50@donnasa.ru*

Received 05 September 2022; accepted 23 September 2022.

Abstract. The article considers the influence of the mineral additive of the Zuevskaya TPP ash and slag mixture, the viscosity modifier SCC-10 and the superplasticizer Sika ViscoCrete 5-600 N PL on the slump, fluidity of self-compacting concrete mixtures and the strength of concrete at an early and design age. Optimization of the composition of concrete mixes was performed using a full three-factor experiment. The areas of optimal compositions of concrete mixtures were determined by the content of mineral and chemical additives, which ensure the production of concrete mixtures with a slump index for the cone flow diameter of 588 mm (class SF1), as well as concrete with a compressive strength at the design age of 38 MPa. The studied compositions of self-compacting concrete mixes are recommended to be used for non-reinforced or low-reinforced concrete structures – floor slabs, pipelines, tunnel linings, foundations, which are subject to high requirements for surface quality and do not require additional processing.

Key words: self-compacting concrete, industrial wastes of Donbass, viscosity modifier, superplasticizer, optimization of concrete composition.

Актуальность темы

Самоуплотняющийся бетон способен без воздействия на него дополнительной внешней уплотняющей энергии самостоятельно под действием собственной массы растекаться, освободиться от содержащегося в нем воздуха и полностью заполнять пространство между арматурными стержнями и опалубкой. Может содержать остаточный объем пор точно так же, как и традиционный тяжелый бетон, уплотненный вибрированием [1].

С учетом современного акцента на устойчивое развитие в области промышленного и гражданского строительства необходимо разрабатывать такие строительные материалы, которые учитывают разумные траты на их производство и снижают негативное воздействие на окружающую среду, а именно сокращают выбросы угле-

кислого газа в цементной промышленности в целом и при производстве бетона в частности [2].

Известно, что при разработке составов самоуплотняющихся бетонов желательно использовать различные типы отходов, особенно отходов промышленности, как для улучшения основных характеристик бетонных смесей и бетонов, так и для решения экологических проблем. Применение отходов промышленности может обеспечить улучшенные технологические решения и создать дополнительную экономическую выгоду в будущем для отраслей региональной промышленности. Кроме того, необходимо интегрировать законы и нормативные акты местных органов власти и предоставить промышленным предприятиям и исследователям более широкие возможности для сотрудничества в области минимизации и утилизации отходов [3].

Для обеспечения стойкости к расслоению самоуплотняющихся бетонных смесей в их состав вводят либо добавки-стабилизаторы (модификаторы вязкости), либо тонкодисперсные минеральные добавки (наполнители). Модификаторы вязкости – это, как правило, полисахариды, которые включают производные целлюлозы (метилцеллюлоза) и акриловые полимеры. Механизм их действия в каждом случае различный. Некоторые добавки адсорбируются на частицах цемента и повышают вязкость за счет усиления межчастичного притяжения. Бетонная смесь, содержащая модификатор вязкости, проявляет эффект разжижения, в результате чего кажущаяся вязкость смеси уменьшается с увеличением скорости сдвига [4, 5]. При этом модифицирующее действие органических стабилизирующих добавок исчерпывается на стадии бетонных смесей.

Тонкодисперсные минеральные добавки в этом смысле имеют преимущества перед органическими добавками-загустителями, так как наряду с улучшением реологических свойств бетонных смесей обеспечивают повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик бетона. Сочетание минеральных добавок с суперпластификаторами при оптимизации гранулометрического состава заполнителей позволяет получить также высокопрочные бетоны (предел прочности при сжатии не менее 70 МПа) из самовыравнивающихся смесей [6–12].

Введение минеральных добавок может оказать благоприятное влияние на различные свойства бетона, что связано либо с физическим эффектом, который проявляется в том, что мелкие частицы обычно имеют более тонкий гранулометрический состав, чем портландцемент, либо с пуццолановой реакцией активных гидравлических составляющих. Минеральные добавки могут оказывать влияние на реологические свойства бетонной смеси, изменять кинетику степени гидратации портландцемента, повышают физико-механические свойства затвердевшего бетона, сопротивление трещинообразованию при тепловой обработке, уменьшают воздействия различных щелочей на кремнезем, а также сопротивление при воздействии сульфатной агрессивной среды [13].

Также одним из основных условий получения самоуплотняющихся бетонов является при-

менение суперпластификаторов с относительно высоким содержанием дисперсных материалов в виде портландцемента, минеральных добавок, молотых наполнителей и/или очень мелкого песка [14]. Исследования показали, что применение гиперпластификаторов на основе сложных эфиров поликарбоксилата (РСЕ) позволяет поддерживать подвижность (обрабатываемость) бетонной смеси в течение 2 часов с момента ее изготовления [15].

Цель исследования

Изучение возможности использования отходов промышленности Донбасса, в частности золошлаковых отходов ТЭС, в качестве минеральной добавки для замены части портландцемента в составе самоуплотняющихся бетонных смесей и бетонов, содержащих также комплекс химических добавок.

Основной материал

Оптимизация состава бетонных смесей, содержащих в своем составе минеральную добавку золошлаковой смеси Зуевской ТЭС (ЗШС), модификатор вязкости (МВ) SCC-10 и суперпластификатор (СП) Sika ViscoCrete 5-600 N PL выполнена с использованием полного трехфакторного эксперимента с уровнями варьирования –1, 0, +1. Параметры оптимизации и значение факторов варьирования приведены соответственно в таблицах 1 и 2. Регрессионный анализ математических моделей, построение поверхностей функции отклика осуществлено на ПЭВМ с использованием программы «MatchCAD».

В качестве вяжущего вещества для приготовления бетонных смесей применяли портландцемент ЦЕМ I 52,5 Н Амвросиевского цементного завода ООО «ПИК-Цемент» (активность $R_c = 52,5$ МПа).

В качестве заполнителей применяли:

- песок кварцевый (П) Ясиноватского карьера с $M_k = 1,3$ (содержание ПИГ = 3 %, насыпная плотность = 1 207 кг/м³);
- щебень гранитный (Щ) Тельмановского месторождения (фракции 5...10 мм, 10...20 мм; марка по дробимости Др1000).

Химические добавки SCC-10 и Sika ViscoCrete 5-600 N PL предоставлены филиалом ООО «Зика» (Sika Russia, г. Краснодар, РФ), в рамках

Таблица 1. Параметры оптимизации состава бетонной смеси и их граничные значения

Код параметра оптимизации	Физический смысл параметра оптимизации	Единица измерения	Граничное значение функции отклика
Y_1	Диаметр расплыва бетонной смеси	мм	не менее 550
Y_2	Предел прочности при сжатии образцов бетона в возрасте 3 суток нормального твердения	МПа	не менее 10
Y_3	Предел прочности при сжатии образцов бетона в возрасте 28 суток нормального твердения	МПа	не менее 35
Y_4	Текучесть бетонной смеси (T_{500})	сек	не более 4

Таблица 2. Кодирование факторов ПФЭ-3^k

№ п/п	Код фактора	Физический смысл фактора	Ед. изм.	Интервал варьирования	Уровни фактора		
					-1	0	+1
1	X_1	Содержание модификатора вязкости SCC-10 от массы цемента	%	0,50	0,50	1,00	1,50
2	X_2	Содержание золошлаковой смеси в составе вяжущего	%	10	10	20	30
3	X_3	Содержание суперпластификатора Sika ViscoCrete 5-600 N PL от массы цемента	%	0,25	0,50	0,75	1,00

договора №18/6-12 от 23 октября 2018 г. о сотрудничестве и совместной деятельности, заключенного между Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» и филиалом ООО «Зика».

В качестве минеральной составляющей использована молотая отвальная золошлаковая смесь Зуевской ТЭС. Предварительно смесь высушивали и механоактивировали измельчением до тонкости помола, сравнимого с тонкостью помола цементного клинкера, при помощи лабораторной шаровой мельницы.

Технологические свойства самоуплотняющихся бетонных смесей определены в соответствии с Европейскими и Американскими директивами по самоуплотняющимся бетонам [16–17]. Показателями технологических свойств самоуплотняющихся бетонных смесей служат такие характеристики, как подвижность (текучесть), выражаемая диаметром расплыва стандартного конуса (Flowspread S, мм) и временем растекания бетонной смеси конуса до достижения диаметра 500 мм (Slumpflowtime, T_{500} , с). При определении показателей подвиж-

ности смесей использовали мини-конус с размерами: диаметр нижнего основания 140 мм, диаметр верхнего основания 70 мм, высота 200 мм, объем 2 л. Результаты, полученные с применением мини-конуса, приведены к стандартным значениям с помощью поправочных коэффициентов.

Прочностные показатели бетонов определяли на образцах – кубах с размерами 10,1×10,1×10,1 см, твердеющих в нормальных условиях.

Матрица планирования, составы и результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Уравнения регрессии аппроксимированы полиномами первой степени:

$$Y_1 = 571,13 + 2,88 \cdot x_1 + 4,38 \cdot x_2 + 7,38 \cdot x_3 + 0,63 \cdot x_1 \cdot x_2 - 1,38 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,13 \cdot x_3 \cdot x_2 + 1,88 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 9,9 + 0,24 \cdot x_1 - 0,25 \cdot x_2 + 0,17 \cdot x_3 - 0,25 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,1 \cdot x_1 \cdot x_3 \quad (2)$$

$$Y_3 = 36,89 + 0,76 \cdot x_1 - 0,51 \cdot x_2 + 1,08 \cdot x_3 + 0,64 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (3)$$

$$Y_4 = 3,00 + 0,25 \cdot x_1 - 0,25 \cdot x_2 - 0,75 \cdot x_3 + 9,25 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,75 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (4)$$

Таблица 3. Матрица планирования и результаты эксперимента

№ п/п	Кодирование переменных			Натуральные значения переменных, кг/м ³			Y ₁ мм	Y ₂ МПа	Y ₃ МПа	Y ₄ сек
	X ₁	X ₂	X ₃	МВ	ЗПС	СП				
1	+	+	+	6,63	132,9	4,42	588	8,94	38,82	2
2	-	+	+	2,21	132,9	4,42	580	9,12	36,00	2
3	+	-	+	6,63	44,3	4,42	572	10,1	38,70	3
4	+	+	-	6,63	132,9	2,21	570	9,00	35,50	4
5	+	-	-	6,63	44,3	2,21	566	9,70	37,20	4
6	-	+	-	2,21	132,9	2,21	564	8,70	35,80	3
7	-	-	+	2,21	44,3	4,42	574	9,32	38,80	2
8	-	-	-	2,21	44,3	2,21	555	8,80	35,90	4
9	0	0	0	4,42	88,6	3,32	550	9,56	37,0	3

Графическая интерпретация уравнений регрессии (1–4), характеризующих соответственно диаметр расплыва бетонной смеси, изменение предела прочности при сжатии бетона (МПа) в возрасте 3 и 28 суток нормального твердения и текучести бетонной смеси (с), от действующих факторов (X₁, X₂, X₃), представлена на рисунке 1.

Выводы

Определены области оптимальных составов бетонных смесей по содержанию минеральной и химических добавок, обеспечивающие получение бетонных смесей с показателем подвижности по диаметру расплыва конуса 588 мм (класс SF1), а также бетона с пределом прочности при сжатии в проектном возрасте 38 МПа.

Показано, что на показатель прочности бетона наибольшее влияние оказывают факторы X₁ и X₃. Увеличение количества суперпластификатора от 0,75 до 1 % от массы вяжущего существен-

но повышает предел прочности при сжатии бетона как в раннем, так и в проектном возрасте нормального твердения.

На показатели подвижности и текучести бетонных смесей все факторы в большинстве случаев влияют положительно. Кроме того, присутствие в составе бетонных смесей модификатора вязкости позволяет получить их однородными по составу, т. е. стойкими к сегрегации.

Содержание минеральной добавки даже в максимальном количестве в 30 % взамен части портландцемента также оказывает положительное влияние на исследуемые параметры.

Разработанные составы самоуплотняющихся бетонных смесей рекомендовано использовать для неармированных или малоармированных бетонных конструкции – плит перекрытий, трубопроводов, облицовки туннелей, фундаментов, к которым предъявляются высокие требования по качеству поверхности и которые не требуют дополнительной обработки.

Литература

1. Виноградов, М. В. Самоуплотняющийся бетон, история появления / М. В. Виноградов, И. А. Тарасевич, В. А. Цымбал. – Текст : непосредственный // Наука в России: перспективные исследования и разработки : сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции, 31 октября – 30 ноября 2017 г. – Ставрополь : ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет. – 2017. – № 6. – С. 107–109.
2. Experimental investigation on effects of calcined bentonite on fresh, strength and durability properties of sustainable self-compacting concrete /

Reference

1. Vinogradov, M. V.; Tarasevich, I. A.; Tsymbal, V. A. Self-compacting concrete, history of appearance. – Text : direct. – In: *Science in Russia: advanced research and development : collection of materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference*. – Stavropol : North Caucasian Federal University. – 2017. – № 6. – P. 107–109. (in Russian)
2. Laidani, Zine El-Abidine; Benabed, Benchaa; Abousnina, Rajab [et. al.]. Experimental investigation on effects of calcined bentonite on fresh, strength and durability properties of sustainable self-compacting concrete. – Text : direct. – In: *Construction and*

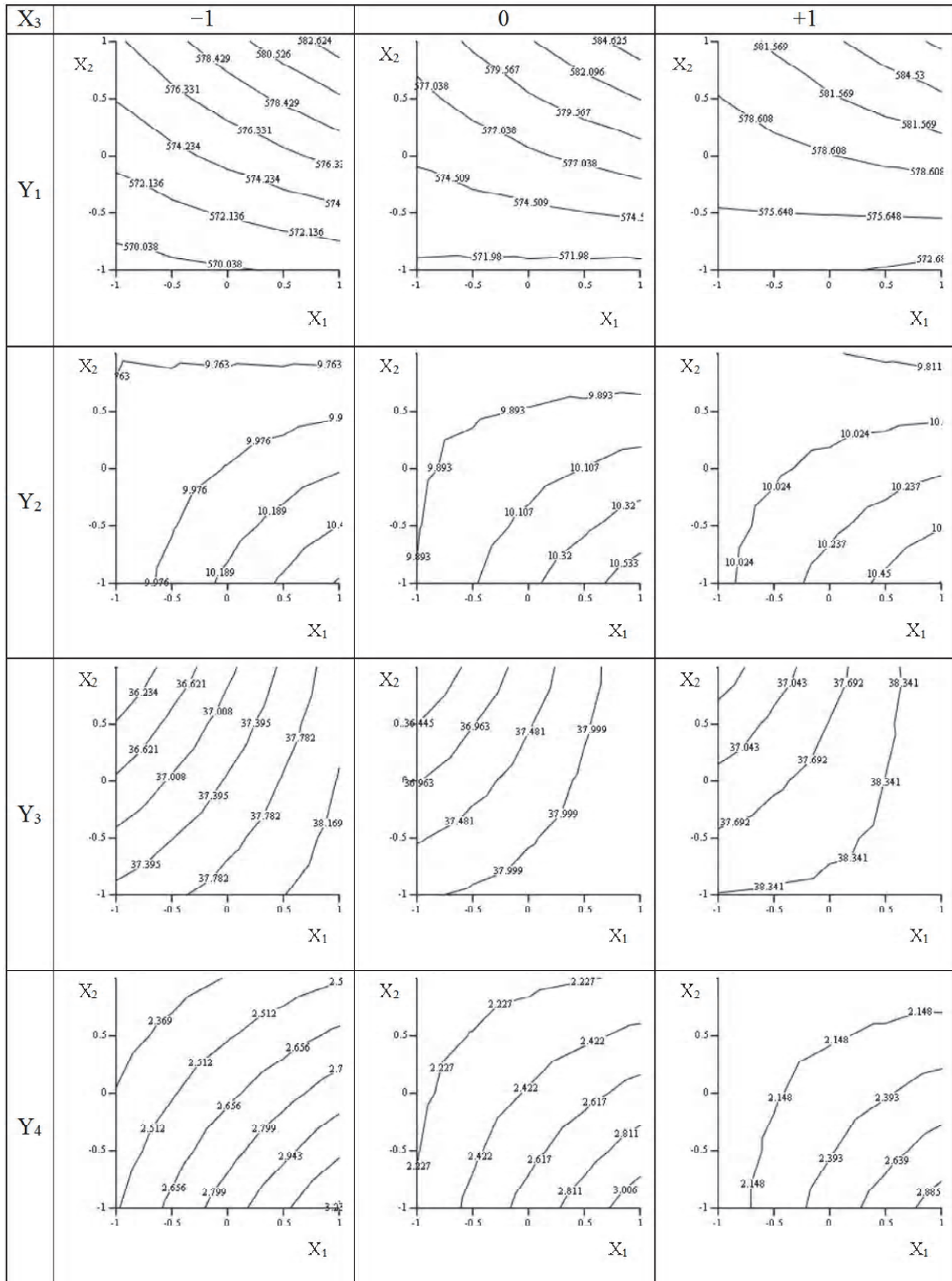


Рисунок 1. Графическая интерпретация уравнений регрессии (1–4).

- Zine El-Abidine Laidani, Benchaa Benabed, Rajab Abousnina [et. al.]. – Текст : непосредственный // *Construction and Building Materials*. – 2020. – № 230. – P. 115–117.
3. Shahidan, S. A Review on Waste Minimization by Adopting in Self Compacting Concrete / S. Shahidan, I. Isham, N. Jamaluddin. – Текст : электронный // *MATEC Web of Conferences : EDP Sciences*. – 2016. – № 95. – P. 66–74. – URL: https://www.researchgate.net/publication/299575564_A_Review_on_Waste_Minimization_by_Adopting_in_Self_Compacting_Concrete (дата обращения: 24.06.2022).
 4. Łazniewska-Piekarczyk, B. The influence of selected new generation admix-tures on the workability, air-voids parameters and frost-resistance of self compacting concrete / B. Łazniewska-Piekarczyk. – Текст : непосредственный // *Construction and Building Materials*. – 2012. – Volume 31. – P. 310–319.
 5. Раев, А. С. Влияние вида цемента на сохраняемость свойств самоуплотняющихся бетонов / А. С. Раев, Л. И. Касторных. – Текст : непосредственный // *Молодой исследователь Дона*. – 2017. – № 4 (7). – С. 9–16.
 6. Батудаева, А. В. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей / А. В. Батудаева, Г. С. Кардумян, С. С. Каприелов. – Текст : непосредственный // *Бетон и железобетон*. – 2005. – № 4. – С. 14–18.
 7. Phan, T. H. Influence of organic admixtures on the rheological behavior of cement pastes / T. H. Phan, M. Chaouche, M. Moranville. – Текст : непосредственный // *Cement and Concrete Research*. – 2006. – Volume 36, № 10. – P. 1807–1813.
 8. Ушеров-Маршак, А. В. Современный бетон и его технологии / А. В. Ушеров-Маршак. – Текст : непосредственный // *Бетон и железобетон*. – 2009. – Выпуск 2. – С. 20–25.
 9. Split Tensile Strength on Self-compacting Concrete Containing Coal Bottom Ash / M. H. WanIbrahim, A. F. Hamzah, N. Jamaluddin [et. al.]. – Текст : непосредственный // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2015. – № 195. – P. 2280–2289.
 10. The properties of the self-compacting concrete with fly ash and ground granulated blast furnace slag mineral admixtures / Hui Zhao, Wei Sun, Xiaoming Wu [et. al.]. – Текст : непосредственный // *Journal of Cleaner Production*. – 2015. – № 95. – P. 66–74.
 11. Jain, A. Sustainable development of self-compacting concrete by using granite waste and fly ash / A. Jain, R. Gupta, S. Chaudhary. – Текст : непосредственный // *Construction and Building Materials*. – 2020. – № 262. – P. 120–125.
 12. Navdeep, Singh M. E. Carbonation resistance and microstructural analysis of Low and High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete containing Recycled Concrete Aggregates / Navdeep Singh M. E., S. P. Singh. – Текст : непосредственный // *Building Materials*. – 2020. – № 230. – P. 115–117. (in English)
 3. Shahidan, S.; Isham, I.; Jamaluddin, N. A Review on Waste Minimization by Adopting in Self Compacting Concrete. – Text : electronic. – In: *MATEC Web of Conferences : EDP Sciences*. – 2016. – № 95. – P. 66–74. – URL: https://www.researchgate.net/publication/299575564_A_Review_on_Waste_Minimization_by_Adopting_in_Self_Compacting_Concrete (date of the application: 24.06.2022). (in English)
 4. Łazniewska-Piekarczyk, B. The influence of selected new generation admix-tures on the workability, air-voids parameters and frost-resistance of self compacting concrete. – Text : direct. – In: *Construction and Building Materials*. – 2012. – Volume 31. – P. 310–319. (in English)
 5. Raev, A. S.; Kastornykh, L. I. Influence of the type of cement on the persistence of the properties of self-compacting concrete. – Text : direct. – In: *Don's young explorer*. – 2017. – № 4 (7). – P. 9–16. (in Russian)
 6. Batudaeva, A. V.; Kardumian, G. S.; Kaprielov, S. S. High-strength modified concretes from self-levelling mixes. – Text : direct. – In: *Concrete and reinforced concrete*. – 2005. – № 4. – P. 14–18. (in Russian)
 7. Phan, T. H.; Chaouche, M.; Moranville, M. Influence of organic admixtures on the rheological behavior of cement pastes. – Text : direct. – In: *Cement and Concrete Research*. – 2006. – Volume 36, № 10. – P. 1807–1813. (in English)
 8. Usherov-Marshak, A. V. Modern concrete and its technologies. – Text : direct. – In: *Concrete and reinforced concrete*. – 2009. – Issue 2. – P. 20–25. (in Russian)
 9. WanIbrahim, M. H.; Hamzah, A. F.; Jamaluddin, N. [et. al.]. Split Tensile Strength on Self-compacting Concrete Containing Coal Bottom Ash. – Text : direct. – In: *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2015. – № 195. – P. 2280–2289. (in English)
 10. Zhao, Hui; Sun, Wei; Wu, Xiaoming [et. al.]. The properties of the self-compacting concrete with fly ash and ground granulated blast furnace slag mineral admixtures. – Text : direct. – In: *Journal of Cleaner Production*. – 2015. – № 95. – P. 66–74. (in English)
 11. Jain, A.; Gupta, R.; Chaudhary, S. Sustainable development of self-compacting concrete by using granite waste and fly ash. – Text : direct. – In: *Construction and Building Materials*. – 2020. – № 262. – P. 120–125. (in English)
 12. Navdeep, Singh M. E.; Singh, S. P. Carbonation resistance and microstructural analysis of Low and High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete containing Recycled Concrete Aggregates. – Text : direct. – In: *Construction and Building Materials*. – 2016. – № 127. – P. 828–842. (in English)
 13. Usherov-Marshak, A. V. Additives in concrete: progress and problems. – Text : direct. – In: *Construction Materials*. – 2006. – № 10. – P. 8–12. (in Russian)

- Construction and Building Materials*. – 2016. – № 127. – P. 828–842.
13. Ушеров-Маршак, А. В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы / А. В. Ушеров-Маршак. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 8–12.
 14. Collepardi, M. Innovative Concretes for Civil Engineering Structures: SCC, HPC and RPC / M. Collepardi. – Текст : непосредственный // Proceedings of the Workshop on New Technologies and Materials in Civil Engineering. – 2003. – P. 1–8.
 15. Study of the influence of fine fillers from technogenic waste and chemical additives on the properties of self-compacting concrete / Yelbek Uteпов, Daniyar Akhmetov, Inur Akhmatshaeva [et. al.]. – Текст : электронный // Комплексное использование минерального сырья. – 2019. – № 4 (311). – С. 64–73. – URL: https://www.researchgate.net/publication/337546582_Study_of_the_influence_of_fine_fillers_from_technogenic_waste_and_chemical_additives_on_the_properties_of_self-compacting_concrete (дата обращения: 23.06.2022)
 16. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use / SCC European Project Group. – [S. l.] : [S. n.], 2005. – 63 p. – Текст : непосредственный.
 17. ACI 237R-07 Self-Consolidating Concrete / American Concrete Institute. – Farmington Hills : [S. n.], 2007. – 33 p. – Текст : непосредственный.
 14. Collepardi, M. Innovative Concretes for Civil Engineering Structures: SCC, HPC and RPC. – Text : direct. – In: *Proceedings of the Workshop on New Technologies and Materials in Civil Engineering*. – 2003. – P. 1–8. (in English)
 15. Uteпов, Yelbek; Akhmetov, Daniyar; Akhmatshaeva, Inur [et. al.]. Study of the influence of fine fillers from technogenic waste and chemical additives on the properties of self-compacting concrete. – Text : electronic. – In: *Integrated use of mineral raw materials*. – 2019. – № 4 (311). – P. 64–73. – URL: https://www.researchgate.net/publication/337546582_Study_of_the_influence_of_fine_fillers_from_technogenic_waste_and_chemical_additives_on_the_properties_of_self-compacting_concrete (date of the application: 23.06.2022). (in English)
 16. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use / SCC European Project Group. – [S. l.] : [S. n.], 2005. – 63 p. – Text : direct. (in English)
 17. ACI 237R-07 Self-Consolidating Concrete / American Concrete Institute. – Farmington Hills : [S. n.], 2007. – 33 p. – Text : direct. (in English)

Водолад Максим Николаевич – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: самоуплотняющиеся бетонные смеси, стойкие к сегрегации, и бетоны на их основе.

Егорова Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны.

Лахтарина Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: легкие высокопрочные бетоны.

Петрик Ирина Юрьевна – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны с обогащенной золой-уноса ТЭС.

Ченченко Анастасия Максимовна – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны с применением отходов промышленности Донбасса.

Водолад Максим Миколайович – магистрант кафедры технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетонні суміші, що самоупільнюються, стійкі до сегрегації, та бетоны на їх основі.

Егорова Елена Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетоны, що самоупільнюються.

Лактарина Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: легкі високоміцні бетони.

Петрик Ірина Юрїївна – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони із збагаченою золою-віднесення ТЕС.

Ченченко Анастасія Максимівна – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони із застосуванням відходів промисловості Донбасу.

Vodolad Maxim – Master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: self-compacting concrete mixtures resistant to segregation and concretes based on them.

Yegorova Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: self-compacting concretes.

Lakhtarina Sergey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: lightweight highstrength concrete.

Petrik Irina – Assistant, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: Concrete with enriched fly ash from TPP.

Chenchenko Anastasia – Master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes using industrial waste Donbas.