



## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ДОБАВКОЙ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА И СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА SIKА VISCOCRETE 5 NEW ST

**Н. М. Зайченко<sup>1</sup>, С. В. Лахтарина<sup>2</sup>, Е. В. Егорова<sup>3</sup>, В. Н. Губарь<sup>4</sup>, А. А. Соколова**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,*

*2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>zaichenko\_nikola@mail.ru, <sup>2</sup>s.v.lahtarina@donnasa.ru, <sup>3</sup>e.v.egorova@donnasa.ru,*

*<sup>4</sup>v.n.gubar@donnasa.ru*

*Получена 18 декабря 2017; принята 23 марта 2018.*

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние минеральной добавки агломерированного микрокремнезема мокрой газоочистки Стахановского завода ферросплавов и суперпластификатора Sika ViscoCrete 5 New ST на подвижность цементных паст и прочность цементного камня. Оптимизация состава вяжущего выполнена с использованием полного трехфакторного эксперимента. Получены оптимальные составы вяжущего, обеспечивающие получение цементных паст с диаметром расплыва не менее 350 мм и цементного камня с пределом прочности при сжатии в проектном возрасте не менее 60 МПа.

**Ключевые слова:** цементный камень, суперпластификатор, минеральная добавка, микрокремнезем, оптимизация состава вяжущего.

## ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ З ДОБАВКОЮ МІКРОКРЕМНЕЗЕМУ І СУПЕРПЛАСТИФІКАТОРА SIKА VISCOCRETE 5 NEW ST

**М. М. Зайченко<sup>1</sup>, С. В. Лахтарина<sup>2</sup>, О. В. Егорова<sup>3</sup>, В. М. Губарь<sup>4</sup>, Г. О. Соколова**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,*

*2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>zaichenko\_nikola@mail.ru, <sup>2</sup>s.v.lahtarina@donnasa.ru, <sup>3</sup>e.v.egorova@donnasa.ru,*

*<sup>4</sup>v.n.gubar@donnasa.ru*

*Отримана 18 грудня 2017; прийнята 23 березня 2018.*

**Анотація.** У роботі розглянуто вплив мінеральної добавки агломерованого мікрокремнезему мокрої газоочистки Стахановського заводу феросплавів і суперпластифікатора Sika ViscoCrete 5 New ST на рухливість цементних паст і міцність цементного каменю. Оптимізація складу в'язучого виконана з використанням повного трифакторного експерименту. Отримано оптимальні склади в'язучого, щоб забезпечити отримання цементних паст з діаметром розпливу не менше 350 мм і цементного каменю з межею міцності при стиску в проектному віці не менше 60 МПа.

**Ключові слова:** цементний камінь, суперпластифікатор, мінеральна добавка, мікрокремнезем, оптимізація складу в'язучого.

## OPTIMIZATION OF CEMENT STONE COMPOSITION WITH MICROSILICA SUSPENSION ADDITIVE AND SIKA VISCOCRETE SUPERPLASSIFIER 5 NEW ST

**Mykola Zaichenko<sup>1</sup>, Sergey Lakhtaryina<sup>2</sup>, Olena Yegorova<sup>3</sup>, Viktor Gubar<sup>4</sup>,  
Anna Sokolova**

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

*E-mail: <sup>1</sup>zaichenko\_nikola@mail.ru, <sup>2</sup>s.v.lakhtarina@donnasa.ru, <sup>3</sup>e.v.egorova@donnasa.ru,  
<sup>4</sup>v.n.gubar@donnasa.ru*

*Received 18 Desember 2017; accepted 23 March 2018.*

**Abstract.** The influence of the mineral additive of agglomerated silicafume of wet scrubbing of the Stakhanov ferroalloy plant and superplasticizer Sika ViscoCrete 5 New ST on the flowability of cement pastes and the strength of cement is considered. Optimization of the binder composition was performed by using a full three-factor experiment. Optimum binders composition were obtained ensuring the production of cement pastes with a diameter of slump at least 350 mm and cement with a compressive strength at the design age of at least 60 MPa.

**Keywords:** cement stone, superplasticizer, mineral additive, silicafume, optimization of astringent composition.

### Формулировка проблемы

Анализ реализации целого ряда уникальных проектов последних лет, реализованных в зданиях и сооружениях различного назначения, свидетельствует об устойчивой тенденции повышения прочности бетона. Особая роль в повышении прочностных характеристик бетонов принадлежит стремительно развивающейся промышленности строительной химии. Появление на строительном рынке современных химических и минеральных модификаторов привело к практическому внедрению высокофункциональных бетонов нового поколения в конструкциях ряда уникальных проектов в Германии (виадук Кохер), Дании (мост Great Belt), Канады (Hibernia Offshore Platform), Малайзии (здание бизнес центра «Petronas Twin Towers»), Норвегии (нефтедобывающие платформы в Северном море), Португалии (мост Vasco da Gama), России (ММДЦ «Москва-Сити»), США (небоскреб Union Plaza), Франции (туннель под Ла-Маншем, мост Elorn), Японии (Roppongi Hills Mori Tower, мост Akashi Kaikyo) ОАЭ (Бурдж Халифа – небоскреб высотой 828 метров в Дубае, самое высокое сооружение в мире) [1].

Высокофункциональные бетоны (High Performance Concrete – НРС) характеризуются высокой прочностью и низкой газо-, паро- и водо-

проницаемостью, что делает такие бетоны незаменимыми при изготовлении конструкций, применяемых в условиях, где ключевым вопросом является обеспечение долговечности.

Многочисленные исследования установили, что в технологии НРС обязательно выполнение требований, обеспечивающих получение бетонов с заданным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств [2], таких как:

- применение высококачественных цементов, чистого фракционированного щебня и классифицированного песка со стабильным гранулометрическим составом;
- проектирование составов бетонных смесей с оптимальными соотношениями между расходом цемента, песка, щебня и воды;
- предельно низкое водоцементное отношение, обеспечивающее высокую первоначальную плотность структуры;
- применение сильных разжижителей бетонных смесей – супер- и гиперпластификаторов, а также комплексных добавок для управления процессом структурообразования;
- использование высокодисперсных минеральных добавок и микронаполнителей для повышения плотности и тонкозернистости структуры цементного камня и бетона;

- введение наноэлементов для улучшения межфазного взаимодействия и упрочнения контактной зоны;
- снижение дефектности структуры бетона, создание в нем благоприятных условий для совместной работы структурных элементов и компонентов вплоть до разрушения.

Особая роль в экспериментальных исследованиях высокофункциональных бетонов отечественных и зарубежных ученых уделена повышению прочности и долговечности цементного камня за счет введения химических и минеральных модификаторов [3].

Тем не менее было обнаружено, что эффект от использования больших объемов минеральных модификаторов приводит к уменьшению показателей как ранней, так и поздней прочности бетонов при сжатии [4, 5].

Установлено, что зола-уноса (ЗУ) тепловых электростанций в бетоне уменьшает тепловыделение при гидратации цемента, оказывает минимальное влияние на модуль упругости бетона, снижает проницаемость и диффузионную способность хлоридов и, следовательно, увеличивает удельное сопротивление бетона воздействию ионов хлора, тем самым повышая его долговечность для обеспечения работоспособности и производительности на протяжении всего срока службы конструкции [6]. Исследования [7] показывают, что бетон, содержащий от 4 до 6 % вовлеченного воздуха, при замене цемента золой-уноса класса С в количестве 20 %, характеризуется более высокой морозостойкостью. Однако дальнейшее увеличение содержания золы-уноса класса С от 35 до 50 % приводит к снижению морозостойкости бетона.

С другой стороны, использование золы-уноса класса С может привести к повышению предела прочности бетона при сжатии в возрасте 28 и 91 суток и к более высокой прочности при изгибе в течение 7 и 28 суток при относительно низком содержании цемента по сравнению с бетоном, не содержащим добавки золы [8].

Согласно [9] стойкость к истиранию выше у бетона с заменой цемента на 35 % золой-уноса класса С по сравнению с бетоном с аналогичной заменой цемента золой-уноса класса F. В то же время было установлено, что замена цемента на 40 % золой-уноса класса С существенно не повышает сопротивление истиранию бетона [10].

В мировой практике принято считать, что высокофункциональные бетоны – это, как правило, бетоны, изготовленные с содержанием микрокремнезема как активной минеральной добавки [11].

Микрокремнезем (МК) – очень реакционноспособный пуццолановый материал, который делает его очень эффективным при увеличении прочности бетона, особенно в раннем возрасте [12–14].

Многочисленными исследованиями доказано, что введение микрокремнезема в состав бетонной смеси приводит к увеличению прочностных показателей бетона на 30–100 % в зависимости от количества и вида цемента, количества микрокремнезема, вида и дозировки суперпластификаторов, вида заполнителей и режимов твердения [2, 5]. Wong и Razak изучили прочность бетона при сжатии, содержащего 0–15 % микрокремнезема при В/В отношении 0,27, 0,30 и 0,33. Они отметили, что МК не давал улучшения прочности до 7 суток. Однако через 90 суток при введении 10 % МК произошло повышение прочности на 17 % [16]. В исследованиях [17] отмечается, что при 6 % замене цемента микрокремнеземом существенно снижается коэффициент диффузии ионов хлорида, что повышает долговечность таких бетонов.

Введение микрокремнезема в состав бетона существенно повышает его стойкость к истиранию. Такие бетоны находят особое применение в конструкциях водосбросов, бассейнов, а также для бетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов, подверженных сильному абразивному воздействию [18].

Анализ литературных данных свидетельствует о большом диапазоне содержания микрокремнезема для повышения прочностных характеристик цементного камня, в пределах 5–35 %, при этом однозначной зависимости повышения прочностных свойств цементного камня с увеличением содержания микрокремнезема установлено не было. В то же время стоимость микрокремнезема на строительном рынке зачастую превышает стоимость портландцемента.

## Основной материал

Оптимизация состава вяжущего с минеральной добавкой агломерированного микрокремнезема

мокрой газоочистки Стахановского завода ферросплавов и суперпластификатором Sika ViscoCrete 5 New ST выполнена с использованием полного трехфакторного эксперимента с уровнями варьирования  $-1, 0, +1$ . Параметры оптимизации и значение факторов варьирования приведены соответственно в табл. 1 и 2. Регрессионный анализ математических моделей, построение поверхностей функции отклика осуществлено на ПЭВМ с использованием программы «MatchCAD».

В качестве вяжущего вещества применяли портландцемент ПЦ I-500 Амвросиевского цементного завода ОАО «Донцемент» (активность  $R_{II} = 51,5$  МПа).

Химическая добавка Sika ViscoCrete 5 New ST предоставлена филиалом ООО «Зика» (Sika Russia) в г. Краснодар (РФ), в рамках договора о сотрудничестве и совместной деятельности №1 от 04.05.2016.

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

**Таблица 1.** Параметры оптимизации состава цементной пасты и их граничные значения

Код параметра оптимизации	Физический смысл параметра оптимизации	Единица измерения	Граничное значение функции отклика
$Y_1$	Предел прочности при сжатии образцов цементного камня в возрасте 28 суток нормального твердения	МПа	Не менее 60
$Y_2$	Диаметр расплыва цементного теста	мм	Не менее 350

**Таблица 2.** Значение факторов варьирования

Код фактора	Физический смысл фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни фактора		
				-1	0	+1
$X_1$	Содержание добавки суперпластификатора (% от массы вяжущего)	%	0,25	0,75	1,00	1,25
$X_2$	Содержание микрокремнезема	%	5	5	10	15
$X_3$	Водовяжущее отношение		0,02	0,28	0,30	0,32

**Таблица 3.** Матрица планирования и результаты эксперимента

№	Кодированное значение факторов			Натуральное значение факторов			Расход компонентов, кг				$Y_1$ , МПа	$Y_2$ , мм
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	ПЦ	СП	МК	В		
1	+1	+1	+1	1,25	15	0,32	680	31	120	225	64,71	421
2	+1	+1	-1	1,25	15	0,28	680	31	120	193	70,72	412
3	+1	-1	+1	1,25	5	0,32	760	31	40	225	62,32	470
4	+1	-1	-1	1,25	5	0,28	760	31	40	193	53,80	461
5	-1	+1	+1	0,75	15	0,32	680	19	120	237	64,37	366
6	-1	+1	-1	0,75	15	0,28	680	19	120	205	70,75	385
7	-1	-1	+1	0,75	5	0,32	760	19	40	237	52,31	503
8	-1	-1	-1	0,75	5	0,28	760	19	40	205	72,82	420
9	0	0	0	1,00	10	0,30	720	25	80	215	74,56	431
К	-	-	0	-	-	0,30	800	-	-	240	52,73	147

Уравнения регрессии аппроксимированы полиномами первой степени:

$$Y_1 = 63,97 + 3,66X_2 + 3,79X_3 - 3,58X_1X_2X_3, \quad (1)$$

$$Y_2 = 429,38 + 11,38X_1 - 33,75X_2 + 10,38X_3 + 9,25X_1X_2 - 5,63X_1X_3 - 12,75X_2X_3 + 12,75X_1X_2X_3. \quad (2)$$

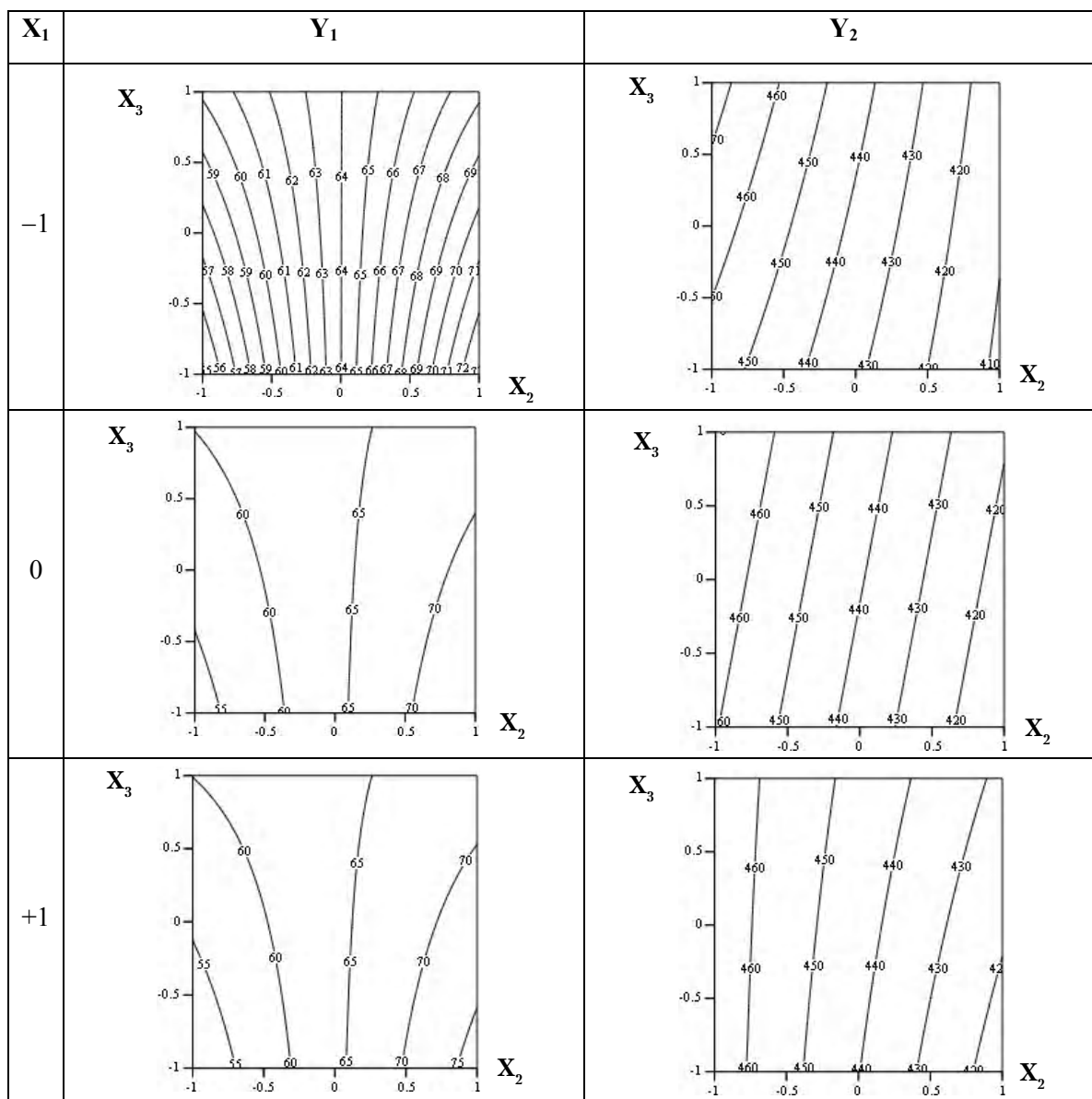
Формулы перехода от кодированных значений к натуральным:

$$X_1 = \frac{X_1 - 1}{0,25}; X_2 = \frac{X_2 - 10}{5}; X_3 = \frac{X_3 - 0,3}{0,02}. \quad (3-5)$$

Графическая интерпретация уравнений регрессии (1) и (2), характеризующих соответственно изменение предела прочности при сжатии цементного камня, МПа, и диаметра распыла цементного теста, мм, от действующих факторов ( $X_1, X_2, X_3$ ), представлена на рисунке.

**Результаты экспериментов и выводы**

Получены оптимальные составы вяжущего, обеспечивающие получение цементных паст с диаметром распыла не менее 350 мкм и цементного



**Рисунок.** Графическая интерпретация уравнений регрессии (1) и (2), характеризующих соответственно изменение предела прочности при сжатии цементного камня, МПа, и диаметра распыла цементного теста, мм, от действующих факторов ( $X_1, X_2, X_3$ ).

камня с пределом прочности при сжатии в проектном возрасте не менее 60 МПа.

Показано, что на показатель прочности цементного камня наибольшее влияние оказывают факторы  $X_2$  и  $X_3$ . Увеличение расхода микрокремнезема, как частичной замены портландцемента, с повышением водовязущего отношения существенно повышает предел прочности при сжатии цементного камня. Это, вероятнее всего, объясняется более высокой степенью гидратации цементного камня и образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа С–S–Н.

С другой стороны, увеличение содержания микрокремнезема приводит к снижению пока-

зателей подвижности цементных паст в связи с увеличением удельной поверхности твердой фазы.

Относительно невысокое влияние фактора  $X_3$  на показатели прочности объясняется достаточно узким интервалом его варьирования. Несмотря на это, даже небольшое колебание водовязущего отношения приводит к существенному изменению диаметра расплыва цементных паст.

Фактор  $X_1$  не оказывает существенного влияния на показатель прочности цементного камня. Однако расход суперпластификатора оказывает существенное влияние на изменение диаметра расплыва цементных паст.

## Литература

1. New Generation Cement Concretes [Текст]. Ideas, Design, Technology and Applications 3 / Jacek Śliwiński, Izabela Hager, Tomasz Tracz [et al.]. – Cracow : Cracow University of Technology, 2010. – 189 p. – ISBN 978-83-7242-531-7.
2. Зайченко, Н. М. Модифицированные цементные бетоны для устойчивого развития [Текст] : учебно-справочное пособие / Н. М. Зайченко. – Донецк : Цифровая типография, 2017. – 401 с.
3. Mehta, P. K. Advancements in Concrete Technology [Текст] / P. K. Mehta // Concrete International. 1999. Vol. 96 (4). P. 69–76.
4. Malhotra, V. M. Fly ash in concrete [Текст] / V. M. Malhotra, A. A. Ramezani pour. – 2nd Edition. – Ottawa, Canada : CANMET, 1994. – 307 p.
5. Mehta, P. K. Pozzolanic and cementitious by-products in concrete – another look [Текст] / P. K. Mehta // Proceedings of the Third International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Trondheim, Norway, ACI SP 114, Vol. 1 / edited by V. M. Malhotra. – Detroit : American Concrete Institute, 1989. – P. 1–44.
6. Masad, E. Implementation of High Performance Concrete in Washington State [Текст] : WA-RD 530.1 / E. Masad, L. James ; Washington State Department of Transportation. – Washington, 2001. – 130 p.
7. Nasser, K. W. Resistance of Fly Ash Concrete to Freezing and Thawing [Текст] / K. W. Nasser, P. S. H. Lai // Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete : Proceedings Fourth International Conference Istanbul, Turkey, May 1992, ACI SP 132. Vol. 1 / edited by V. M. Malhotra. – Detroit, Michigan : American Concrete Institute, 1993. – P. 205–226.
8. Tikalsky, P. J. Strength and Durability Considerations Affecting Mix Proportioning of Concrete Containing Fly Ash [Текст] / P. J. Tikalsky, P. M. Carrasquillo, R. L. Carrasquillo // American

## References

1. Śliwiński, Jacek; Hager, Izabela; Tracz, Tomasz; Zdeb, Tomasz; Zych, Teresa; Hela, Rudolf; Bodnárová, Lenka; Sičáková, Alena. New Generation Cement Concretes. Ideas, Design, Technology and Applications 3. Cracow: Cracow University of Technology, 2010. 189 p. ISBN 978-83-7242-531-7.
2. Zaichenko, N. M. Modified concrete for sustainable development. Donetsk: Digital Printing, 2017. 401 p. (in Russian)
3. Mehta, P. K. Advancements in Concrete Technology. In: *Concrete International*, 1999, Vol. 96 (4), pp. 69–76.
4. Malhotra, V. M.; Ramezani pour, A. A. Fly ash in concrete. 2nd Edition. Ottawa, Canada: CANMET, 1994. 307 p.
5. Mehta, P. K. Pozzolanic and cementitious by-products in concrete – another look. In: *Malhotra, V. M. (Ed.). Proceedings of the Third International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Trondheim, Norway, ACI SP 114, Vol. 1*. Detroit: American Concrete Institute, 1989, pp. 1–44.
6. Masad, E.; James, L.; Washington State Department of Transportation. Implementation of High Performance Concrete in Washington State: WA-RD 530.1. Washington, 2001. 130 p.
7. Nasser, K. W.; Lai, P. S. H. Resistance of Fly Ash Concrete to Freezing and Thawing. In: *Malhotra, V. M. (Ed.). Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete: Proceedings Fourth International Conference Istanbul, Turkey, May 1992, ACI SP 132. Vol. 1*. Detroit, Michigan: American Concrete Institute, 1993, pp. 205–226.
8. Tikalsky, P. J.; Carrasquillo, P. M.; Carrasquillo, R. L. Strength and Durability Considerations Affecting Mix Proportioning of Concrete Containing Fly Ash. In: *American Concrete Institute Materials Journal*, 1988, Vol. 85(6), pp. 505–511.
9. Naik, T. R.; Singh, S. S.; Hossain, M. M. Abrasion Resistance of Concrete as Influenced by Inclusion

- Concrete Institute Materials Journal. Vol. 85(6). 1988. P. 505–511.
9. Naik, T. R. Abrasion Resistance of Concrete as Influenced by Inclusion of Fly Ash [Текст] / T. R. Naik, S. S. Singh, M. M. Hossain // Cement and Concrete Research. 1994. Vol. 24(2). P. 303–312.
  10. Naik, T. R. Effect of Source of Fly Ash on Abrasion Resistance of Concrete [Текст] / T. R. Naik, S. S. Singh, B. W. Ramme // Journal of Materials in Civil Engineering. 2002. Vol. 14(5). P. 417–426.
  11. Aïtcin, P. C. Binders for durable and sustainable concrete [Текст] / P. C. Aïtcin. – First Edition. – New York : Taylor and Francis Group Ltd, 2008. – 500 p.
  12. Erdem, T. K. Use of Binary and Ternary Blends in High Strength Concrete [Текст] / T. K. Erdem, O. Kirca // Construction and Building Materials. 2008. Vol. 22. P. 1477–1483.
  13. Shehata, M. H. Use of Ternary Bends Containing Silica Fume and Fly to Suppress Expansion due to Alkali-Silica Reaction in Concrete [Текст] / M. H. Shehata, M. D. A. Thomas // Cement and Concrete Research. 2002. Vol. 32 (3). P. 341–349.
  14. Geiker, M. Assessment of Rapid Chloride Permeability Test of Concrete with and without Mineral Admixtures [Текст] / M. Geiker, N. Thaulow, P. J. Andersen // Durability of Building Materials and Components : Proceedings of the Fifth International Conference: held Nov. 7–9 1990. Brighton. UK / Ed. by J. M. Baker, P. J. Nixon, A. J. Majumdar and H. Davies. – London : E & FN Spon, 1991. – P. 493–502.
  15. An Estimation of the Diffusivity of Silica Fume Concrete [Текст] / Ha-Won Song, Jong-Chul Jang, Velu Saraswathy, Keun-Joo Byun // Building and Environment. 2007. Vol. 42(3). P. 1358–1367.
  16. Wong, H. S. Efficiency of calcined kaolin and silica fume as cement replacement material for strength performance [Текст] / H. S. Wong, H. A. Razak // Cement and Concrete Research. 2005. Vol. 34(4). P. 696–702.
  17. Whiting, D. Silica Fume Concrete for Bridge Decks [Текст] : NCHRP Report 410 / D. Whiting, R. Detwiler. – Washington, D. C. : Transportation Research Board, 1998. – 107 p.
  18. Holland, T. C. Silica Fume User's Manual [Текст] / T. C. Holland. – Washington : Federal Highway Administration, 2005. – 194 p.
  - of Fly Ash. In: *Cement and Concrete Research*, 1994, Vol. 24(2), pp. 303–312.
  10. Naik, T. R.; Singh, S. S.; Ramme, B. W. Effect of Source of Fly Ash on Abrasion Resistance of Concrete. In: *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2002, Vol. 14(5), pp. 417–426.
  11. Aïtcin, P. C. Binders for durable and sustainable concrete. First Edition. New York: Taylor and Francis Group Ltd., 2008. 500 p.
  12. Erdem, T. K.; Kirca, O. Use of Binary and Ternary Blends in High Strength Concrete. In: *Construction and Building Materials*, 2008, Vol. 22, pp. 1477–1483.
  13. Shehata, M. H.; Thomas, M. D. A. Use of Ternary Bends Containing Silica Fume and Fly to Suppress Expansion due to Alkali-Silica Reaction in Concrete. In: *Cement and Concrete Research*, 2002, Vol. 32 (3), pp. 341–349.
  14. Geiker, M.; Thaulow, N.; Andersen, P. J. Assessment of Rapid Chloride Permeability Test of Concrete with and without Mineral Admixtures. In: *Ed. by Baker, J. M.; Nixon, P. J.; Majumdar, A. J.; Davies, H. Durability of Building Materials and Components: Proceedings of the Fifth International Conference: held Nov. 7–9 1990*. Brighton. UK. London: E & FN Spon, 1991, pp. 493–502.
  15. Song, Ha-Won; Jang, Jong-Chul; Saraswathy, Velu; Byun, Keun-Joo. An Estimation of the Diffusivity of Silica Fume Concrete. In: *Building and Environment*, 2007, Vol. 42(3), pp. 1358–1367.
  16. Wong, H. S.; Razak, H. A. Efficiency of calcined kaolin and silica fume as cement replacement material for strength performance. In: *Cement and Concrete Research*, 2005, Vol. 34(4), pp. 696–702.
  17. Whiting, D.; Detwiler, R. Silica Fume Concrete for Bridge Decks: NCHRP Report 410. Washington, D. C.: Transportation Research Board, 1998. 107 p.
  18. Holland, T. C. Silica Fume User's Manual. Washington: Federal Highway Administration, 2005. 194 p.

**Зайченко Николай Михайлович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: высокопрочные и особо высокопрочные бетоны на основе модифицированных дисперсных компонентов бетона.

**Ляхтарина 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.

**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.

**Губарь Виктор Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование отходов промышленности Донбасса в бетонах.

**Соколова Анна Александровна** – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны с высокими эксплуатационными характеристиками.

**Зайченко Микола Михайлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: високоміцні і надвисокоміцні бетони на основі модифікованих дисперсних компонентів бетону.

**Лахтарина 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.

**Егорова Олена Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: самоущільнювальні бетони.

**Губарь Виктор Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання відходів промисловості Донбасу в бетонах.

**Соколова Ганна Олександрівна** – магистрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони з високими експлуатаційними характеристиками.

**Zaichenko Mykola** – D.Sc (Engineering), Professor; Head of the Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high strength and highperformance concretes on the base of modified fillers.

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

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

**Gubar Viktor** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of waste products of the Donbas industry in concretes.

**Sokolova Anna** – Master's student; Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes with high performance characteristics.