



ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ ИЗ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ

А. Н. Ефремов, А. Н. Лищенко, О. Б. Конев

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

E-mail: tsk_donnasa@mail.ru

Получена 10 ноября 2017; принята 24 ноября 2017.

Аннотация. Изучены физико-механические свойства, химический и минералогический составы пылеватой песчаной и щебенистой фракций сталеплавильных шлаков завода «Донецксталь» с целью их применения для тяжелых бетонов. Установлено, что после дробления и отсева шлаковый щебень может использоваться для бетонов классов В15–В30. Шлаковый песок относится к крупным, содержит до 20–25 % пылеватой фракции и возможность его использования в качестве мелкого заполнителя бетонов требует проверки на конкретных композициях.

Ключевые слова: сталеплавильные шлаки, заполнители бетонов, химико-минералогический состав, физико-механические свойства.

ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ БЕТОНІВ З СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ШЛАКІВ

О. М. Єфремов, Г. М. Ліщенко, О. Б. Конєв

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

E-mail: tsk_donnasa@mail.ru

Отримана 10 листопада 2017; прийнята 24 листопада 2017.

Анотація. Вивчено фізико-механічні властивості, хімічний та мінералогічний склади пиловатої, пісчаної та щебеневої фракцій сталеплавильних шлаків заводу «Донецьксталь» з метою їх використання для важких бетонів. Встановлено, що після подрібнення та розсіву шлаковий щебень може застосовуватись для бетонів класів В15–В30. Шлаковий пісок відноситься до крупних, містить до 20–25 % пиловатої фракції, і можливість його використання як дрібного заповнювача бетонів потребує перевірки на конкретних композиціях.

Ключові слова: сталеплавильні шлаки, заповнювачі бетонів, хіміко-мінералогічний склад, фізико-механічні властивості.

FILLERS FOR CONCRETE OF STEEL-SMELTING SLAGS

Alexander Yefremov, Anna Lishchenko, Oleg Konev

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: ts_k_donnasa@mail.ru

Received 10 November 2017; accepted 28 November 2017.

Abstract. Physic and mechanical properties, chemical and the mineralogical structures of dusty sandy and crushed stone fractions of steel-smelting slags of the «Donetskstal» plant for the purpose of their application for heavy concrete are studied. It is established that after crushing and a screening of slag crushed stone can be used for concrete of the classes B15–B30. Slag sand belongs to large, contains up to 20–25 % of dusty fraction and the possibility of his use as small filler of concrete demands check on concrete compositions.

Keywords: steel-smelting slags, fillers of concrete, chemical and mineralogical structure, physic and mechanical properties.

Введение

В черной металлургии с целью извлечения металла и утилизации приступили к широкой переработке отвальных сталеплавильных шлаков. Технология переработки включает дробление, магнитную сепарацию металлизированных составляющих, рассев шлака на фракции. При этом, например, на заводе «Донецксталь» отвальные шлаки перерабатываются в три вида продукции: песчано-щебенистая смесь фракции 0–8 (10), щебень фракций 8 (10)–60 и 60–250 мм. Согласно [1, 2] и действующим на заводе техническим требованиям ТТ 234-ШП-03-2009, разработанным с нашим участием, указанная шлаковая продукция используется: для устройства оснований под полы зданий, для насыпей автомобильных и железных дорог, при строительстве автомобильных дорог в конструктивных слоях дорожной одежды (оснований и других слоев), при выполнении обратных засыпок, для планировки территории и других общестроительных работ. В то же время стандартом России и Украины [3] аналогичную шлаковую продукцию допускается применять для бетонов в качестве заполнителей и компонентов вяжущих. Необходимый для этого набор технических показателей шлаков завода «Донецксталь» после дробления и фракционирования на дробильно-сортировочном комплексе «АМКМ» не изучен.

Цель настоящей работы – исследовать физико-механические свойства отвальных шлаков пес-

чаной и щебенистых фракций завода «Донецксталь», в том числе после дополнительного дробления.

Объекты и методы исследований

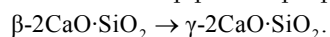
В настоящей статье приведены результаты исследований восьми представительных проб шлаковой продукции: пылевидной, песчаной и щебенистой фракций, которые могут использоваться соответственно как минеральная дисперсная добавка (наполнитель) к цементам, в качестве мелкого и крупного заполнителей бетонов.

Исследования технических показателей шлаков проводились по стандартным методикам [4, 5]. Химический анализ проводился по методикам [6]. Минералогический состав изучался методом рентгенофазового анализа на установке ДРОН-3. Расшифровка минералогического состава шлаков проводилась сравнением полученных данных с характеристиками природных и искусственных минералов, приведенными в литературе [7–9].

Анализ результатов исследований

Основными качественными показателями шлаковых заполнителей для бетонов являются: стойкость против распада, гранулометрический состав, прочность зерен (дробимость), морозостойкость и др. Сталеплавильные шлаки, в отличие от отвальных доменных, отличаются повышен-

ной основностью и склонностью к различным видам распада. В основном распад отвальных доменных и сталеплавильных шлаков происходит в результате полиморфного превращения:



В равновесных условиях это превращение происходит при охлаждении в температурном интервале 600–700 °С, сопровождается увеличением объема и превращением материала в порошок [10, 11]. Чем выше основность шлаков, тем выше вероятность образования и модификационного превращения двухкальциевого силиката.

Быстрое охлаждение шлакового расплава при сливе в отвал замедляет распад затвердевшего шлака и он может идти при обычной температуре в течение длительного времени, практически полностью завершаясь к году хранения в отвалах, увлажнение ускоряет силикатный распад до 3–6 месяцев [12, 13]. В отдельных зернах камневидного шлака $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (белит) может стабилизироваться примесями (в основном фосфатами) или сжатием стабильных водонепроницаемых окаймляющих слоев шлака [10]. Такие зерна могут распадаться значительно позже, в том числе при вскрытии в результате дробления [12, 13].

Исследование химического и гранулометрического составов шлаков (таблицы 1 и 2) показало их однозначную взаимосвязь. Содержание песчаной и, особенно, пылевой фракций связано с модулем основности шлаков. Чем выше основность шлака, тем в большей степени он подвергся силикатному распаду при охлаждении и хранении в отвалах, тем выше содержание песчаной и пылевой фракций.

Это подтверждается исследованиями минералогического состава шлаков (таблица 3). В пылевой фракции пробы №1 превалирует $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, присутствует также гидроксид кальция, образовавшийся, вероятно, вследствие гидратации свободной извести. В песчано-щебенистых смесях содержание распавшегося $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ значительно ниже и не обнаружено $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В щебенистых пробах $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ отсутствует, основным минералом является стабильный ранкинит, присутствуют также в заметном количестве геленит и окерманит.

Результаты исследований гранулометрического состава шлаков, приведенные в таблице 4, показывают, что пылеватый шлак пробы №1 нельзя применять в качестве мелкого заполнителя бетонов, т. к. он содержит в основном частицы размером менее 0,16 мм [3].

Песчано-щебенистые смеси содержат 13,3–15,0 % щебня фракции 5–10 мм. Их песчаные составляющие фракции 0–5 мм характеризуются модулем крупности 2,52–2,66, а полный остаток на сите с ячейкой 0,63 мм составляет 51,6–51,9, т. е. согласно [14] относится к крупным пескам и по гранулометрии не является оптимальным для бетонов. Кроме того, для всех проб песчаной составляющей шлаков содержание пылевой фракции менее 0,16 колеблется в пределах 20,2–25,1 %, что значительно выше 10 %, рекомендуемым стандартом [3]. Поэтому возможность применения песчаной фракции в бетонах должна проверяться на конкретных композициях.

В технологии бетона крупный заполнитель с размером зерен более 40 мм практически не используется. Поэтому при исследовании щебенистых составляющих шлаки проб 5–7 рассеивались на фракции: 5–10, 10–20 и 20–40 мм. Проба 8 предварительно дробилась.

Щебенистые фракции шлаков характеризуются достаточно высокой маркой (прочностью) по дробимости (таблица 5). Согласно [15] щебни фракций 5–10 и 10–20 марок 600 и 800 можно использовать для бетонов классов соответственно В15 и В25–30.

Исследована способность отдельных щебенистых фракций шлаков к силикатному распаду (выдержка 28 суток в дистиллированной воде с последующей обработкой в автоклаве при давлении пара 0,2 МПа в течение 6 часов). Установлено (таблица 5), что все пробы шлаков практически не подвержены дополнительному силикатному распаду. Потеря массы щебней при просеивании после обработки в автоклаве колеблется в пределах 0,4–1,6 %, что значительно ниже, чем допускается стандартом (5–7 %) [3].

Исследование морозостойкости щебенистых фракций шлака показало, что после 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания потери массы шлаков незначительные и они

Таблица 1. Химический состав шлаков

№№ проб	Особенности пробы шлака	Содержание оксидов, % массы							Мо
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	
1	Пылевидный	17,1	5,5	6,0	9,4	42,3	9,7	7,4	2,3
2	Песчано-щебенистая смесь	18,2	6,7	6,8	10,9	40,8	9,0	6,4	2,0
3	Песчано-щебенистая смесь	19,1	6,3	6,6	11,2	39,5	8,8	6,4	1,9
4	Песчано-щебенистая смесь	20,7	6,6	5,4	10,8	38,3	8,1	7,4	1,7
5	Щебень 10–60 мм	23,4	6,9	7,4	7,2	38,0	7,5	6,8	1,5
6	Щебень 10–60 мм	23,8	6,3	7,1	6,7	40,8	6,3	6,4	1,6
7	Щебень 10–60 мм	25,0	6,1	7,4	8,8	39,9	6,7	6,1	1,5
8	Щебень 60–250 мм	26,4	6,7	7,2	5,6	39,2	7,1	6,0	1,4

Примечание: модуль основности – $Mo = (CaO + MgO) : (SiO_2 + Al_2O_3)$.

Таблица 2. Гранулометрический состав шлаков

№№ проб	Остаток, %, на ситах с ячейкой, мм									
	40,000	20,000	10,000	5,000	2,500	1,250	0,630	0,315	0,160	дно
1	–	–	–	–	–	5,6	8,8	13,2	15,6	56,8
2	–	–	–	13,3	23,2	16,3	5,5	9,6	13,6	18,5
3	–	–	–	15,0	21,8	14,3	7,8	6,3	13,5	21,3
4	–	–	–	19,8	12,9	12,4	6,4	10,4	15,4	22,7
5	13,2	39,4	44,5	2,9	–	–	–	–	–	–
6	9,1	52,7	36,7	1,5	–	–	–	–	–	–
7	5,4	21,8	50,4	22,4	–	–	–	–	–	–
8	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 3. Минералогический состав шлаков

№№ проб	Обнаруженные минералы	Межплоскостные расстояния, нм (относительная интенсивность)
1	γ -2CaO·SiO ₂	0,273 (10); 0,300 (9); 0,180 (6); 0,175 (6)
	2CaO·MgO·2SiO ₂ (окерманит)	0,287 (4); 0,309 (3); 0,204 (3)
	Ca(OH) ₂	0,263 (2); 0,491 (2); 0,193 (1); 0,180 (1)
2–4	γ -2CaO·SiO ₂	0,273 (6); 0,300 (6); 0,180 (4); 0,175 (4)
	2CaO·MgO·2SiO ₂ (окерманит)	0,287 (4); 0,309 (3); 0,204 (3)
	3CaO·2SiO ₂ (ранкинит)	0,314 (4); 0,268 (4); 0,376 (3); 0,255 (2)
	2CaO·Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ (геленит)	0,176 (3); 0,283 (3); 0,243 (2); 0,229 (2)
5–8	3CaO·2SiO ₂ (ранкинит)	0,314 (8); 0,268 (8); 0,376 (7); 0,255 (6)
	2CaO·Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ (геленит)	0,176 (5); 0,283 (5); 0,243 (3); 0,229 (3)
	2CaO·MgO·2SiO ₂ (окерманит)	0,287 (4); 0,309 (3); 0,204 (3)

согласуются с потерями массы при испытании на силикатный распад. Это позволяет утверждать, что разрушение зерен щебня за счет давле-

ния льда в капиллярах шлаков еще не наступило, т. е. можно прогнозировать сравнительно высокую морозостойкость шлакового заполнителя.

Таблица 4. Расчетный гранулометрический состав песчаных фракций (0–5 мм) шлаков

№№ проб	Вид остатка	Остаток, %, на ситах с ячейкой, мм						Модуль крупности
		2,500	1,250	0,630	0,315	0,160	дно	
2	Частный	26,8	18,8	6,3	11,1	15,7	21,3	2,66
	Полный	26,8	45,6	51,9	63,0	78,7	–	
3	Частный	25,6	16,8	9,2	7,4	15,9	25,1	2,54
	Полный	25,6	42,4	51,6	59,0	74,9	–	
4	Частный	20,1	15,5	16,1	12,9	15,2	20,2	2,52
	Полный	20,1	35,6	51,7	64,6	79,8	–	

Таблица 5. Силикатный распад, дробимость и морозостойкость шлаков

№ № проб	Размер фракции, мм	Дробимость, %	Марка щебня	Силикатный распад, %	Морозостойкость после 25 циклов (потери массы), %
2	5–10	16,9	600	1,5	1,3
3	5–10	17,9	600	1,2	1,4
4	5–10	13,8	800	0,4	0,5
5	10–20	12,1	800	0,6	0,3
	20–40	11,9	600	0,4	0,2
6	10–20	17,1	600	1,4	0,8
	20–40	17,9	600	1,2	0,9
7	10–20	17,2	600	1,0	0,6
	20–40	16,6	600	0,9	0,6
8	20–40	14,6	600	1,6	1,1

Выводы

1. Сталеплавильные шлаки завода «Донецк-сталь» после дробильно-сортировочного комплекса «АМКМ» могут использоваться для изготовления тяжелых бетонов после дополнительного дробления и отсева на фракции 0–5, 5–20 и 20–40 мм.
2. Щебенистые фракции шлака после дополнительного дробления и отсева имеют марки по прочности 600–800 (ориентировочная прочность при сжатии 60–80 МПа), при их

применении можно получать бетоны классов В15–В30.

3. Песчаная фракция шлаков неоптимальна по гранулометрическому составу содержит повышенное количество пылеватой фракции менее 0,16 мм, возможность ее применения в качестве мелкого заполнителя требует проверки на конкретных составах бетонов.
4. Распад шлаков на пылеватую фракцию связан в основном с полиморфным превращением $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$.

Литература

1. ДСТУ Б В.2.7-149:2008. Будівельні матеріали. Щебінь і щебенево-піщані суміші із шлаків металургійних для дорожніх робіт. Технічні умови [Текст]. – Введено вперше (зі скасуванням ГОСТ 3344-83); чинний від 2009–05–01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 17 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-35-95. Будівельні матеріали. Щебінь, пісок та щебенево-піщана суміш з доменних та сталеплавильних шлаків для загальнобудів-

References

1. DSTU B V.2.7-149:2008. Building materials. Crushed stone and crushed stone-sand mixes from slags metallurgical for road building works. Specifications. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 17 p. (in Ukrainian)
2. DSTU B V.2.7-35-95. Building materials. Crushed stone, sand and gravel and sand mixture from blast furnace and steelmaking slag for civil works. Kyiv: Derzhbud of Ukraine, 1996. 13 p. (in Ukrainian)

- вельних робіт. Загальні технічні умови [Текст]. – Введено вперше ; чинний від 01.01.1996. – Київ : Держбуд України, 1996. – 13 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-39-95 (ГОСТ 5578-94). Будівельні матеріали. Щебінь і пісок із шлаків чорної та кольорової металургії для бетонів. Технічні умови [Текст]. – На заміну ГОСТ 5578-76 ; чинний від 01.04.1996. – Київ : Держбуд України, 1997. – 12 с.
 4. ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97). Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань [Текст]. – Введено вперше ; чинний від 01.01.1996. – Київ : Держбуд України, 1999. – 84 с.
 5. ДСТУ Б В.2.7-232:2010. Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 8735-88) ; чинний від 2011–01–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 44 с.
 6. ДСТУ Б В.2.7-72-98 (ГОСТ 8269.1-97). Будівельні матеріали. Щебінь гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи хімічного аналізу [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-39-95 (ГОСТ 5578-94), ГОСТ 25592-91, ГОСТ 25818-91 ; чинний від 01.01.1999. – Київ : Держбуд України, 1998. – 60 с.
 7. Миркин, Л. И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов [Текст] / Л. И. Миркин. – М. : Гос. изд. физ.-мат. литературы, 1961. – 863 с.
 8. Минералогические таблицы [Текст] / Под ред. Е. И. Семенова. – М. : Недра, 1981. – 398 с.
 9. Михеев, В. И. Рентгенометрический определитель минералов [Текст] / В. И. Михеев. – М. : Госгеолтехиздат, 1957. – 868 с.
 10. Торопов, Н. А. Химия цементов [Текст] / Н. А. Торопов. – М. : Стройиздат, 1956. – 272 с.
 11. Бутт, Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов [Текст] / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – М. : Высш. шк., 1980. – 472 с.
 12. Бетоны и изделия на шлаковых и зольных цементах [Текст] / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, Б. Н. Виноградов [и др.]. – М. : Стройиздат, 1963. – 364 с.
 13. Горшков, В. С. Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве [Текст] / В. С. Горшков, С. Е. Александров, С. И. Иващенко. – М. : Стройиздат, 1985. – 272 с.
 14. ДСТУ Б В.2.7-29-96. Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація [Текст]. – Вводиться вперше ; чинний від 1996–01–01. – Київ : Держкоммістобудування України, 1996. – 16 с.
 15. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови [Текст]. – Введено вперше (зі скасуванням ГОСТ 26633-91) ; чинний від 1997–01–01. – Київ : Держкоммістобудування України, 1997. – 22 с.
 3. DSTU B V.2.7-39-95 (GOST 5578-94). Building materials. Crushed stone and sand from ash of black and nonferrous metallurgy for concrete. Specifications. Kyiv: The state committee of Ukraine for city planning and architecture, 1997. 12 p. (in Ukrainian)
 4. DSTU B V.2.7-71-98 (GOST 8269.0-97). Building materials. Mountainous rock road-metal and gravel, industrial waste products for construction works. Methods of physical and mechanical tests. Kyiv: Derzhbud of Ukraine, 1999. 84 p. (in Ukrainian)
 5. DSTU B V.2.7-232:2010. Building materials. Sand for construction work. Testing methods. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. 44 p. (in Ukrainian)
 6. DSTU B V.2.7-72-98 (GOST 8269.1-97). Building materials. Crushed stone, gravel Melnyk from rocks and industrial waste products for construction works. Methods of chemical analysis. Kyiv: Derzhbud of Ukraine, 1998. 60 p. (in Ukrainian)
 7. Mirkin, L. I. Handbook of x-ray structural analysis of polycrystals. Moscow: State publishing house of physical mathematical literature, 1961. 863 p. (in Russian)
 8. Semenov, E. I. (Ed.). Mineralogical table. Moscow: Nedra, 1981. 398 p. (in Russian)
 9. Miheev, V. I. Radiometric determiner of minerals. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1957. 868 p. (in Russian)
 10. Toropov, N. A. Chemistry of cements. Moscow: Stroiizdat, 1956. 272 p. (in Russian)
 11. Butt, Yu. M.; Sychev, M. M.; Timashev, V. V. Chemical technology of binding materials. Moscow: High School, 1980. 472 p. (in Russian)
 12. Volzhenskiy, A. V.; Burov, Yu. S.; Vinogradov, B. N. et al. Of concrete products slag and fly ash cements. Moscow: Stroiizdat, 1963. 364 p. (in Russian)
 13. Gorshkov, V. S.; Aleksandrov, S. E.; Ivashchenko, S. I. Complex processing and use of metallurgical slags in construction. Moscow: Stroiizdat, 1985. 272 p. (in Russian)
 14. DSTU B V.2.7-29-96. Building materials. Natural fine aggregates, from industrial by-product, artificial aggregates for building materials, products, structures and construction works. Classification. Kyiv: The state committee of Ukraine for city planning and architecture, 1996. 16 p. (in Ukrainian)
 15. DSTU B V.2.7-43-96. Building materials. Heavy weight concretes. Specifications. Kyiv: The state committee of Ukraine for city planning and architecture, 1997. 22 p. (in Ukrainian)

Ефремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов, жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Лищенко Анна Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов, жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Конев Олег Борисович – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе кристаллических металлургических шлаков и жидкого стекла.

Ефремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій будівельних конструкцій ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: в'язучі і бетони на основі промислових відходів, жаростійкі і вогнетривкі бетони.

Ліщенко Ганна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: в'язучі і бетони на основі промислових відходів, жаростійкі і вогнетривкі бетони.

Конев Олег Борисович – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони на основі кристалічних металургійних шлаків та рідкого скла.

Yefremov Alexander – D.Sc. (Engineering), Professor; Technology of Building Constructs, Articles and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste, refractory concretes.

Lishchenko Anna – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Technology of Building Constructs, Articles and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste, refractory concretes.

Konev Oleg – assistant; Technology of Building Constructs, Articles and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes on the basis of crystalline metallurgical slags and liquid silica glass.