



МОРОЗОСТОЙКОСТЬ И КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОБОГАЩЕННОЙ ЗОЛЫ ТЭС

И. Ю. Петрик¹, Н. М. Зайченко², В. Н. Губарь³

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

E-mail: ¹ i.y.petrik@donnasa.ru; ² n.m.zaichenko@donnasa.ru; ³ v.n.gubar@donnasa.ru

Получена 02 ноября 2021; принята 26 ноября 2021.

Аннотация. Представлены результаты исследования морозостойкости и коррозионной стойкости тяжелого цементного бетона с повышенным содержанием обогащенной золы ТЭС (50 % в составе вяжущего). Применение обогащенной золы ТЭС позволяет снизить содержание портландцемента, модифицировать состав новообразований камня вяжущего, повысить плотность структуры, и как следствие, прочность, долговечность бетона. Установлено, что обогащение золы электростатической сепарацией обеспечивает получение пуццолановой добавки с низким содержанием несгоревшего углерода для высокого уровня замены портландцемента в бетонах. Повышение морозостойкости и коррозионной стойкости бетонов с частичной заменой портландцемента обогащенной золой ТЭС достигается введением воздухововлекающей добавки Sika® Aer Pro-100, которая обеспечивает образование в бетоне мелких, равномерно распределенных по всему объему воздушных пор, и суперпластификатора «АРТ-КОНКРИТ Р», который компенсирует снижение прочности вследствие образования дополнительной пористости, а также за счет образования низкоосновных гидросиликатов кальция в структуре цементного камня.

Ключевые слова: бетон, зола ТЭС, электростатическая сепарация, суперпластификатор, воздухововлекающая добавка, коррозионная стойкость, морозостойкость.

МОРОЗОСТІЙКІСТЬ ТА КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ВАЖКОГО БЕТОНУ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ЗБАГАЧЕНОЇ ЗОЛИ ТЕС

І. Ю. Петрик¹, М. М. Зайченко², В. М. Губарь³

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

E-mail: ¹ i.y.petrik@donnasa.ru; ² n.m.zaichenko@donnasa.ru; ³ v.n.gubar@donnasa.ru

Отримана 02 листопада 2021; прийнята 26 листопада 2021.

Анотація. Наведено результати дослідження морозостійкості та корозійної стійкості важкого цементного бетону з підвищеним вмістом збагаченої золи ТЕС (50 % у складі в'язучого). Застосування збагаченої золи ТЕС дозволяє знизити вміст портландцементу, модифікувати склад новоутворень каменю в'язучого, підвищити щільність структури і, як наслідок, міцність, довговічність бетону. Встановлено, що збагачення золи електростатичною сепарацією забезпечує отримання пуццоланової добавки з низьким вмістом вуглецю, що не згорів, для високого рівня заміни портландцементу в бетонах. Підвищення морозостійкості та корозійної стійкості бетонів з частковою заміною портландцементу збагаченою золю ТЕС досягається введенням повітрязалучної добавки Sika® Aer Pro-100, яка забезпечує утворення в бетоні дрібних, рівномірно розподілених по всьому об'єму повітряних пір, і суперпластифікатора «АРТ-КОНКРИТ Р», який компенсує зниження міцності внаслідок утворення додаткової пористості, а також за рахунок утворення низкоосновних гидросиликатів кальцію в структурі цементного каменю.

Ключові слова: бетон, зола ТЕС, електростатична сепарація, суперпластифікатор, повітрязалучна добавка, корозійна стійкість, морозостійкість.

FROST RESISTANCE AND CORROSION RESISTANCE OF HEAVY CONCRETE WITH A HIGH CONTENT OF ENRICHED TPP ASH

Irina Petrik¹, Nikolay Zaichenko², Victor Gubar³

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavin Str., Makeevka, DPR, 83123.*

E-mail: ¹i.y.petrik@donnasa.ru; ²n.m.zaichenko@donnasa.ru; ³v.n.gubar@donnasa.ru

Received 02 November 2021; accepted 26 November 2021.

Abstract. The results of the study of frost resistance and corrosion resistance of normal weight cement concrete with high volume of beneficiated fly ash (50 % replacement of Portland cement) are presented. The use of beneficiated fly ash makes it possible to reduce the percentage of Portland cement, to modify the composition of hydration products of binder, to increase the density of the structure, and, as well, strength and durability of concrete. It has been established that the beneficiating process of fly ash by electrostatic separation provides getting the pozzolanic additive with low percentage of unburned carbon for a high level of Portland cement replacement in concrete. An increased frost resistance and corrosion resistance of concrete with a partial replacement of Portland cement by beneficiated fly ash is achieved by the adding of the air-entraining additive Sika® Aer Pro-100, which ensures the formation of small air pores evenly distributed throughout the volume of concrete. On the other hand, the ART-CONCRIT R superplasticizer compensates decreasing concrete strength as well as beneficiated fly ash provides the formation of low-basic calcium hydrosilicates in the structure of cement paste.

Keywords: concrete, fly ash, electrostatic separation, superplasticizer, air-entraining additive, corrosion resistance, frost resistance.

Актуальность

В современном строительстве бетон является основным материалом для возведения ответственных сооружений. Высокая прочность и долговечность сооружений и сравнительная простота работ определяют широкую область применения бетона. При благоприятных сочетаниях технологических и эксплуатационных факторов можно получить бетон, обеспечивающий надежную службу сооружений на длительный расчетный период [1].

Разрушение бетона в условиях многократного попеременного замораживания и оттаивания вызвано давлением на стенки пор и устья микротрещин, создаваемым замерзающей водой [2]. Сначала разрушаются выступающие грани, потом поверхностные слои, затем, разрушение проникает в глубинные структуры бетона. Также на интенсивность разрушения бетона оказывают влияние напряжения, возникающие из-за раз-

личий коэффициентов температурного расширения компонентов бетона.

Существуют различные способы повышения морозостойкости бетона. Введение воздуховлекающей добавки обеспечивает образование в бетоне мелких, равномерно распределенных по всему объему воздушных пор, которые снижают давление воды, возникающие при ее замерзании. Однако введение воздуховвлекающей добавки понижает прочность вследствие образования дополнительной пористости. Этот эффект можно компенсировать повышением плотности бетона вследствие снижения водоцементного отношения за счет применения суперпластифицирующей добавки [3].

Коррозионная стойкость бетона определяется такими факторами, как проницаемость и химическая стойкость компонентов цементного камня к действию агрессивных сред.

Основная составляющая бетона – цементный камень – состоит из химических соединений, имеющих щелочной характер, поэтому наиболее интенсивная коррозия бетона характерна при воздействии на него среды, содержащей водные растворы кислот. Агрессивными по отношению к бетону могут быть также соли и другие вещества как неорганического, так и органического происхождения [4].

Применение минеральных добавок позволяет снизить содержание клинкерного цемента, модифицировать состав новообразований камня вяжущего, повысить плотность структуры, и как следствие, прочность, долговечность и стойкость бетона в агрессивных условиях эксплуатации [5]. Это связано с пуццолановой активностью минеральных добавок и с их физическим эффектом, который проявляется в том, что мелкие частицы добавок более тонкодисперсные, чем портландцемент. К таким добавкам можно отнести обогащенную золу ТЭС.

Важными показателями качества золы являются ее дисперсность и гранулометрический состав. Различные фракции золы имеют разные истинную и среднюю плотности, что объясняется химико-минералогическим составом и формой частиц. По мере увеличения крупности зерен содержание несгоревших угольных частиц (потери при прокаливании – ППП) растет.

В последние годы для улучшения качества золы исследованы различные способы обогащения золы. Однако способ электростатической сепарации несгоревшего углерода из предварительно подготовленной золы имеет наибольшее практическое применение.

Электростатическое обогащение золы может обеспечить получение активной минеральной добавки с низким содержанием ППП, отвечающей техническим требованиям для частичной замены портландцемента в бетоне. Этот эффект имеет первостепенное значение, когда обогащенная зола используется в бетонах с высоким содержанием минеральных добавок (50 % по массе от вяжущего).

Значительное повышение морозостойкости и коррозионной стойкости бетонов с высоким содержанием золы ТЭС достигается введением добавок ПАВ. Белорусскими учеными разработана пластифицирующая добавка на основе наноструктурированного углерода, позволяющая

получать бетон с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами [6].

Цель исследования

Изучить влияние обогащенной золы ТЭС, применяемой в составе вяжущего вещества взамен части портландцемента, на морозостойкость и коррозионную стойкость бетона.

Основной материал

Материалы. Для выполнения программы экспериментальных исследований в качестве исходных компонентов бетонной смеси приняты:

- вяжущее вещество – портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н (ООО «ПИК-Цемент», Амвросиевский цементный комбинат, пгт. Новоамвросиевское);
- мелкий заполнитель – песок (П) кварцевый Ясиноватского карьера (модуль крупности $M_k = 1,34$; насыпная плотность – 1206 кг/м^3);
- крупный заполнитель – щебень (Щ) гранитный Тельмановского месторождения (фракция 5–10 мм; насыпная плотность – 1349 кг/м^3);
- активная минеральная добавка – зола (З) Зуевской ТЭС (удельная поверхность по Блэйнму $290 \text{ м}^2/\text{кг}$; потери при прокаливании 6,92 %);
- химические добавки – суперпластифицирующая добавка-модификатор (СП) на основе углеродных наноструктурированных материалов «АРТ-КОНКРИТ Р» (концентрация 37 %; плотность $1,1 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$; pH $7,0 \pm 1,0$) и воздухововлекающая добавка (ВВД) на основе композиции синтетических поверхностно-активных веществ Sika® Aer Pro-100 (плотность $0,995\text{--}1,005 \text{ г/см}^3$; pH 10,0–11,0).

Методики эксперимента. Электростатическая сепарация золы осуществлена с помощью камерного электростатического сепаратора свободного падения (рис. 1). Медные пластинчатые электроды подключаются к источнику высокого напряжения; величина напряженности электростатического поля составляет 2,0...3,5 кВ/см, разность потенциалов измеряется киловольтметром электростатическим С-196.

В соответствии с требованиями ГОСТ 25818-2017 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия» определены показатели потерь при прокаливании

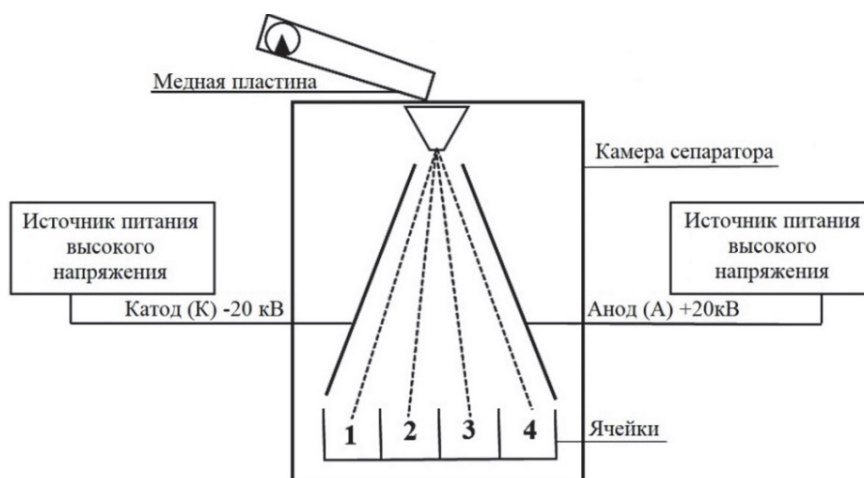


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки.

(ГОСТ 11022-95 «Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности») и остаток на сите № 008 (ГОСТ 310.2-76 «Цементы. Методы определения тонкости помола»). Содержание несгоревшего углерода определяется по массе остатка пробы золы после прокаливании в муфельной печи при температуре $815 \pm 10^\circ\text{C}$, точность взвешивания 0,1 мг.

Показатели насыпной плотности золы определены в соответствии с ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытания», нормальной густоты цементно-зольных паст – в соответствии с ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема».

Прочность бетонов определяли по стандартным методикам согласно ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Морозостойкость бетона определяли в соответствии с ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» по второму базовому методу (рис. 2). Среды насыщения – 5 % водный раствор хлорида натрия; среда и температура замораживания – воздушная, минус $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$; среда и температура оттаивания – 5 % водный раствор хлорида натрия, $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Коррозионную стойкость бетона определяли по ускоренной методике [9] на образцах-призмах размером $(4 \times 4 \times 16) \times 10^{-2}$ м. Агрессивными средами служили 0,1 н раствор HCl , 5 % раствор NaCl , т. е. моделировалась коррозия второго вида (рис. 3, 4).

Результаты экспериментов и обсуждение. Отмечено, что после электростатической сепарации дисперсность золы, характеризующаяся величиной остатка навески после просеивания через сито № 008, возрастает в ячейках электросепаратора, расположенных ближе к пластинчатым электродам. Наиболее крупные частицы золы накапливаются в ячейках II и III. Вероятно, это связано с тем, что у крупных частиц небольшой поверхностный электрический заряд, в результате кулоновские силы слабы для преодоления силы тяжести и отклонения траектории падения частиц от вертикальной. Максимальное содержание несгоревших угольных частиц, определяемое по показателю потерь при прокаливании, после электрического сепарирования сосредоточено в навесках, отобранных с катода и ячеек,



Рисунок 2. Образцы исследуемого бетона в морозильной камере.



Рисунок 3. Образцы бетона, выдержанные в течение 126 суток в 0,1 н растворе HCl.



Рисунок 4. Образцы бетона, выдержанные в течение 126 суток в 5 % растворе NaCl.

близких к нему. Об этом свидетельствуют также более высокие показатели насыпной плотности навесок золы, близких к зоне анода (табл. 1).

Для определения показателей морозостойкости и коррозионной стойкости разработаны составы тяжелого бетона с частичной заменой портландцемента золой ТЭС (табл. 2).

Исследования показали, что морозостойкость бетона с обогащенной золой ТЭС (50 % в составе вяжущего вещества) выше (состав 2), чем у бетона контрольного состава 1, при этом

изменение массы образцов до и после испытаний не превысило 2 %, что удовлетворяет требованиям нормативных документов (табл. 3).

Вероятно, это связано с тем, что эффект заполнения пор, создаваемый пуццолановыми сферическими частицами золы, способствует увеличению плотности, а в связи с этим, уменьшению капиллярной пористости и проницаемости бетона. Повышение показателя морозостойкости также можно объяснить наличием замкнутых сферических пор, которые образуются

Таблица 1. Свойства электросепарированной золы ТЭС

Наименование свойства	Показатель свойств пробы золы (электрод, № ячейки)					
	Катод	I	II	III	IV	Анод
Количество, г/%, от общей навески	12/2,4	56/11,2	128/25,6	146/29,2	119/23,8	37/7,4
Потери при прокаливании, %	24,1	2,1	1,09	0,48	0,14	–
Потери при прокаливании, % от общей навески	0,58	0,24	0,28	0,14	0,034	–
Насыпная плотность, кг/м ³	1 116	1 110	1 124	1 149	1 145	1 137
Остаток на сите № 008, %	0,00	1,93	3,52	3,70	1,83	0,00

Таблица 2. Составы бетона с частичной заменой портландцемента золой

Состав №	ЗУ, %	В/(ПЦ+З) (В/Ц)	Расход компонентов бетона, кг/м ³				
			ПЦ	З	В, л	СП, л	ВВД, л
1	0	0,28 (0,28)	668	0	187	0	0
2	50	0,26 (0,52)	334	334	147	27	3

Примечание. Расход щебня составляет 1 000 кг/м³, расход песка – 648 кг/м³.

в результате вовлечения воздуха при использовании воздухововлекающей добавки и поликарбонатного суперпластификатора. Замкнутые ячейки воздуха могут способствовать снижению напряжений в бетоне в результате процессов переменного замораживания и оттаивания.

Коррозионная стойкость ($K_c = 1,00$ в 0,1н р-ре HCl и $K_c = 1,18$ в 5 % р-ре NaCl) образцов бетона с обогащенной золой ТЭС выше (состав 2), чем образцов контрольного состава 1 ($K_c = 0,98$ в 0,1н р-ре HCl и $K_c = 1,03$ в 5% р-ре NaCl) (табл. 4).

Выводы

По результатам исследования можно сделать вывод, что электростатическое обогащение золы с повышенным содержанием несгоревшего углерода может обеспечить получение золы, отвечающей техническим требованиям для высокого уровня замены цемента (до 50 %) в бетонах. Обогащённая зола характеризуется повышенной дисперсностью, пониженным содержанием несгоревшего углерода, что обеспечивает ускорение процесса гидратации цемента, способность воздухововлекающей добавки удерживать необходимый объем вовлечённого воздуха. В сочетании с пластифицирующей добавкой на основе наноструктурированного углеро-

да обогащённая зола показывает высокую скорость набора прочности при использовании в бетонах с высоким содержанием минеральных добавок.

Эффект повышения морозостойкости и коррозионной стойкости зависит от пуццолановой активности минеральных компонентов в составе вяжущего. Использование обогащенной золы ТЭС снижает пористость бетона за счет повышения степени гидратации цемента и заполнения порового пространства дисперсными новообразованиями, колыматирующими капиллярные поры бетона.

Применение суперпластификатора «АРТ-КОНКРИТ Р» и воздухововлекающей добавки Sika® Aer Pro-100 позволяет получить в макро-структуре бетона замкнутые сферические поры, которые образовались в результате объема вовлеченного воздуха, что способствует снижению напряжений в бетоне в результате процессов переменного замораживания-оттаивания.

Таким образом, применение обогащенной золы ТЭС, суперпластификатора «АРТ-КОНКРИТ Р» и воздухововлекающей добавки Sika® Aer Pro-100 позволяет улучшить показатели морозостойкости и коррозионной стойкости бетона по сравнению с образцами стандартного состава в эквивалентном возрасте.

Таблица 3. Результаты определения морозостойкости бетона

Состав	Показатели	Число циклов замораживания-оттаивания		
		50	75	100
1	Потери массы, %	0,18	0,64	1,53
	Предел прочности при сжатии, МПа	41,9 (44,3)	39,5 (45,1)	37,2 (45,9)
2	Потери массы, %	0,00	0,12	0,31
	Предел прочности при сжатии, МПа	45,1 (48,8)	44,7 (49,4)	44,1 (50,3)

Примечание. В скобках – показатели прочности образцов контрольной серии (без циклов замораживания-оттаивания).

Таблица 4. Результаты определения коррозионной стойкости бетона

Состав	Прочность контрольных образцов, R_k , МПа	Прочность при сжатии контрольных R_k и образцов, выдержанных в агрессивных растворах, R_{126} , МПа, и коэффициент коррозионной стойкости K_c			
		0,1 н р-р HCl		5 % р-р NaCl	
		R_{126} , МПа	K_c	R_{126} , МПа	K_c
1	45,8	44,1	0,98	47,4	1,03
2	48,2	48,1	1,00	57,1	1,18

Литература

1. Шишканова, В. Н. Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций : учебное пособие по дисциплине «Строительные материалы при реконструкции, восстановлении и капитальном ремонте зданий и сооружений» / В. Н. Шишканова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 124 с. – Текст : непосредственный.
2. Баженов, Ю. М. Технология бетона : учебник / Ю. М. Баженов. – Москва : Изд-во АСВ, 2011. – 528 с. – Текст : непосредственный.
3. Ефимов, Б. А. Морозостойкость тяжелых и мелкозернистых бетонов с добавкой полых алюмосиликатных микросфер / Б. А. Ефимов. – Текст : электронный // Перспективы науки. – 2017. – № 6(93). – С. 40–45. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_29904624_82616555.pdf (дата обращения: 15.10.2021).
4. Дворкин, Л. И. Основы бетоноведения / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Санкт-Петербург : Стройбетон, 2006. – 682 с. – Текст : непосредственный.
5. Зайченко, Н. М. Бетоны с высоким содержанием золы для массивных железобетонных конструкций / Н. М. Зайченко, А. И. Сердюк. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської національної будівництва і архітектури. – 2013. – Випуск 2013-1(99) Сучасні будівельні матеріали. – С. 137–144.
6. Zaichenko, Nikolai. Beneficiated ponded fly ash for concretes with high volume mineral additions / Nikolai Zaichenko, Irina Petrik, Liudmila Zaichenko. – Текст : электронный // MATEC Web of Conferences. – 2020. – Volume 315. – 10 p. – DOI: 10.1051 / mateconf / 202031507006. – URL: https://www.researchgate.net/publication/342620707_Beneficiated_ponded_fly_ash_for_concretes_with_high_volume_mineral_additions (дата обращения: 20.10.2021).
7. Лещинский, М. Ю. Испытание бетона : справочное пособие / М. Ю. Лещинский. – Москва : Стройиздат, 1980. – 360 с. – Текст : непосредственный.
8. ГОСТ 25818-2017. Золо-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия = Thermal plant fly-ashes for concretes. Specifications : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 октября 2017 г. № 1403-ст. : введен взамен ГОСТ 25818-91 : дата введения 2018-03-01 / разработан Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ им. А. А. Гвоздева) АО «НИЦ «Строительство» при участии ООО «ПЦВ». – Москва : Стандартинформ, 2017. – 19 с. – Текст : непосредственный.
9. ГОСТ Р 55661-2013 (ИСО 1171:2010). Топливо твердое минеральное. Определение зольности (Издание с Изменением №1) = Solid mineral fuel. Determination of ash : Национальный стандарт

Reference

1. Shishkanova, V. N. Durability of building materials, products and structures: textbook on the discipline «Building materials for reconstruction, restoration and overhaul of buildings and structures». – Togliatti : TSU Publishing House, 2013. – 124 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Bazhenov, Yu. M. Concrete technology : textbook. – Moscow : ACEU Publishing House, 2011. – 528 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Yefimov, B. A. Frost resistance of heavy and fine-grained concrete with the addition of hollow aluminosilicate microspheres. – Text : electronic. – In: *Science perspective*. – 2017. – № 6(93). – P. 40–45. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_29904624_82616555.pdf (accessed date: 15.10.2021). (in Russian)
4. Dvorkin, L. I.; Dvorkin, O. L. Fundamentals of Concrete Science. – Saint Petersburg : Stroybeton, 2006. – 682 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Zaichenko, N. M.; Serdyuk, A. I. Concrete with a high ash content for massive reinforced concrete structures. – Text : direct. – In: *Bulletin of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. – 2013. – Issue 2013-1(99) Modern building materials. – P. 137–144. (in Russian)
6. Zaichenko, Nikolai; Petrik, Irina; Zaichenko Liudmila. Beneficiated ponded fly ash for concretes with high volume mineral additions. – Text : electronic. – In: *MATEC Web of Conferences*. – 2020. – Volume 315. – 10 p. – DOI: 10.1051 / mateconf / 202031507006. – URL: https://www.researchgate.net/publication/342620707_Beneficiated_ponded_fly_ash_for_concretes_with_high_volume_mineral_additions (accessed date: 20.10.2021). (in English)
7. Leshchinsky, M. Yu. Concrete Testing : Reference Guide. – Moscow : Stroiizdat, 1980. – 360 p. – Text : direct. (in Russian)
8. GOST 25818-2017. Thermal plant fly-ashes for concretes. Specifications. – Moscow : Standardinform, 2017. – 19 p. – Text : direct. (in Russian)
9. GOST R 55661-2013 (ISO 1171:2010). Solid mineral fuel. Determination of ash. – Moscow : Standardinform, 2014. – 29 p. – Text : direct. (in Russian)
10. GOST 310.2-76. Cements. Methods of grinding fineness determination. – Moscow : PPC Standards Publishing House, 2003. – 3 p. – Text : direct. (in Russian)
11. GOST 8735-88. Sand for construction work. Testing methods. – Moscow : Standardinform, 2018. – 26 p. – Text : direct. (in Russian)
12. GOST 310.3-76. Cements. Methods for determination of standard consistency, times of setting and soundness. – Moscow : PPC Standards Publishing House, 2003. – 6 p. – Text : direct. (in Russian)
13. GOST 10180-2012. Concretes. Methods for strength determination using reference specimens. – Moscow : Standardinform, 2013. – 31 p. – Text : direct. (in Russian)
14. GOST 10060-2012. Concretes. Methods for determination of frost-resistance. – Moscow :

- Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 октября 2013 г. № 1232-ст. : введен впервые : дата введения 2015-01-01 / подготовлен Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ» (ФГУП «ВНИЦСМВ»). – Москва : Стандартинформ, 2014. – 29 с. – Текст : непосредственный.
10. ГОСТ 310.2-76. Цементы. Методы определения тонкости помола (с Изменением №1) = Cements. Methods of grinding fineness determination : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 14 октября 1976 г. № 169 : введен взамен ГОСТ 310-60 в части определения тонкости помола : дата введения 1978-01-01 / разработан Министерством промышленности строительных материалов СССР; Государственным комитетом СССР по делам строительства; Министерством энергетики и электрификации СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 3 с. – Текст : непосредственный.
 11. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний (с Изменениями №1, 2, с Поправкой) = Sand for construction work. Testing methods : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного строительного комитета СССР от 05 октября 1988 г. № 203 : введен взамен ГОСТ 8735-75 и ГОСТ 25589-83 : дата введения 1989-07-01 / разработан Министерством промышленности строительных материалов СССР. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 26 с. – Текст : непосредственный.
 12. ГОСТ 310.3-76. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема (с Изменением №1) = Cements. Methods for determination of standard consistency, times of setting and soundness : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 14 октября 1976 г. № 169 : введен взамен ГОСТ 310-60 в части определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема : дата введения 1978-01-01 / разработан Министерством промышленности строительных материалов СССР; Государственным комитетом СССР по делам строительства; Министерством энергетики и электрификации СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 6 с. – Текст : непосредственный.
 13. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам = Concretes. Methods for strength determination using reference
- Standardinform, 2014. – 19 p. – Text : direct. (in Russian)

- specimens : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 2071-ст. : введен взамен ГОСТ 10180-90 : дата введения 2013-07-01 / разработан Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона «НИИЖБ» – филиалом ФГУП «НИЦ «Строительство». – Москва : Стандартинформ, 2013. – 31 с. – Текст : непосредственный.
14. ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости (с Поправкой) = Concretes. Methods for determination of frost-resistance : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1982-ст. : введен взамен ГОСТ 10060.0-95, ГОСТ 10060.1-95, ГОСТ 10060.2-95, ГОСТ 10060.3-95, ГОСТ 10060.4-95 : дата введения 2014-01-01 / разработан ОАО «Научно-исследовательский центр «Строительство» (ОАО «НИЦ «Строительство»), Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ им. А. А. Гвоздева). – Москва : Стандартинформ, 2014. – 19 с. – Текст : непосредственный.

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.

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: технология и свойства модифицированных высокопрочных бетонов.

Губарь Виктор Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: неразрушающий контроль бетона строительных конструкций.

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

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: технологія та властивості модифікованих високоміцних бетонів.

Губар Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: неруйнівний контроль бетону будівельних конструкцій.

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.

Zaichenko Nikolai – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and properties of modified high strength concrete.

Gubar Victor – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: non-destructive testing of concrete of building structures.