ISSN 2519-2817 online
ВЕСТНИК ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ
Научно-технические достижения студентов строительно-архитектурной отрасли
Выпуск 2022-4(156)

УДК 666.973.6

В. Г. ВЕШНЕВСКАЯ, И. С. ТКАЧУК, Д. Г. МАЛИНИН
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЛИЯНИЕ ЗОЛ-УНОСА ТЭС НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Аннотация. В данной статье рассматриваются теоретические предпосылки улучшения свойств неавтоклавного газобетона за счет использования в его составе местного техногенного сырья. Изучено влияние зол-уноса Старобешевской и Зуевской ТЭС на реологические и физико-механические свойства неавтоклавного газобетона. Установлено, что введение золы-уноса ТЭС до 30 % дает пластифицирующий эффект для газобетонной смеси. Текучесть по Суттарду возрастает с 22 до 28 см. Высокая дисперсность золы позволяет уплотнить межпоровые перегородки газобетона, что способствует росту прочности неавтоклавного газобетона. В ходе исследований получен неавтоклавный газобетон на золе-уноса ТЭС со средней плотностью в сухом состоянии 700 кг/м^3, прочность которого соответствует требованиям стандарта.

Ключевые слова: ячеистый бетон, неавтоклавный газобетон, зола-уноса ТЭС, средняя плотность, прочность на сжатие.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

На сегодняшний день остро поставлен вопрос о снижении расхода природных ресурсов и энергозатрат при производстве строительных материалов и изделий [1]. Все больше набирает популярность использование техногенного сырья в составе композиционных материалов, что будет давать комплексный положительный эффект при их производстве и эксплуатации. Применение отходов промышленности нашло свое место и в технологии ячеистого бетона [2, 3].

Применение ячеистого бетона при возведении ограждающих конструкций позволяет сократить теплопотери зданий и сооружений на 45...50 % [4]. Обусловлено это низким коэффициентом теплопроводности ячеистого бетона.

Ячеистый бетон принято классифицировать по условиям твердения на: автоклавный, твердеющий при повышенной температуре и избыточном давлении, и неавтоклавный, твердеющий при атмосферном давлении [5]. Первый имеет преимущества по физико-механическим и эксплуатационным свойствам, а второй – производится по менее энерго- и металлоемкой технологии. Поэтому в последние два десятилетия стремительно повышается интерес к неавтоклавному способу производства ячеистобетонных изделий.

Самыми распространенными способами поризации ячеистого бетона являются механический и химический. Механический способ заключается во введении в состав смеси заранее изготовленной пены, пористая структура которой сохраняется в материале после затвердевания вяжущего. Химический способ основан на реакции алюминиевой пудры и продукта гидратации портландцемента – гидроксида кальция, при взаимодействии которых выделяется водород [6]:

$$2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O = 3Ca \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + 3H\uparrow.$$

Неавтоклавный газобетон уступает перед автоклавным по показателям прочности при сжатии и величине усадочных деформаций. Так прочность при сжатии неавтоклавного газобетона на 1 класс ниже по сравнению с автоклавным при одинаковой средней плотности в сухом состоянии, а усадка достигает 3...5 мм/м.

© В. Г. Вешневская, И. С. Ткачук, Д. Г. Малинин, 2022

Одним из способов улучшения механических свойств неавтоклавного газобетона является уплотнение структуры межпоровых перегородок. Уплотнить структуру твердой фазы неавтоклавного газобетона можно за счет введения более тонкодисперсного кремнеземистого компонента. Зачастую в состав неавтоклавного газобетона вводят кварцевый песок. Однако при уменьшении средней плотности газобетона возникает необходимость в измельчении песка с целью сохранения сплошности и однородности сечения межпоровых перегородок. Процесс измельчения влечет за собой дополнительные энергозатраты, что повышает себестоимость неавтоклавного газобетона [7]. Использование техногенного порошкообразного сырья, в частности золы-уноса, позволяет отказаться от операции измельчения и снижает себестоимость продукта.

Зола-уноса представляет собой тонкодисперсный минеральный порошок (удельная поверхность 1 500...5 000 г/см^2), образующийся в результате сжигания измельчённого пылевидного каменного угля в котлах тепловых электростанций. Водоредуцирующий эффект золы-уноса позволяет снизить водоцементное отношение и влажностную усадку бетона. Также зола-уноса за счет сферообразной формы оказывает положительный эффект на подвижность и расслаиваемость ячеистобетонной смеси [8].

Цель работы – исследование влияния применения зол-уноса тепловых электростанций Донбасса на физико-механические свойства неавтоклавного газобетона.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для приготовления составов неавтоклавного газобетона были приняты следующие компоненты:

– портландцемент ПЦ I 500 производства ООО «Донцемент» (ГОСТ 31108-2016);

– гиперпластификатор MasterGlenium 115 на основе эфиров поликарбоксилата (СТО-70386662-310-2014). Добавка вводилась в смесь в виде водного раствора;

– алюминиевая пудра ПАП-1 (ГОСТ 5494-95).

– кислые золы-уноса Зуевской и Старобешевской ТЭС с содержанием $CaO < 10$ % по массе. Химический состав зол-уноса представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав золы-уноса Старобешевской ТЭС

Al_2O_2	SiO_2	CaO	SO_3	K_2O	FeO	TiO_2	ZnO	In_2O_3
25,89	49,13	5,48	7,36	3,41	7,12	0,73	0,06	0,82

Таблица 2 – Химический состав золы-уноса Зуевской ТЭС

Al_2O_2	SiO_2	CaO	SO_3	K_2O	FeO	TiO_2	P_2O_5	Fe_2O_3
22,03	55,4	6,32	1,98	2,12	2,43	1,06	0,09	8,57

Определение текучести смеси выполнено по методике ГОСТ 23789 при помощи вискозиметра Суттарда. Средняя плотность в сухом состоянии неавтоклавного газобетона определена по методике ГОСТ 27005-2014, а прочность на сжатие – по методике ГОСТ 18105-2018.

На начальном этапе исследования определялось влияния зол-уноса Зуевской и Старобшевской ТЭС на текучесть газобетонной смеси. Для достижения необходимой средней плотности в 700 кг/м^3 согласно рекомендациям СН-277-80 текучесть смеси должна составлять 22 см. Для достижения заданной текучести водотвердое отношение (В/Т) у контрольного состава без золы-уноса принималось равным 0,42 и оставалось неизменным для всех последующих составов. Результаты исследования влияния зол-уноса ТЭС представлены на рисунке 1.

Согласно полученным данным введение в состав газобетонной смеси золы-уноса дает пластифицирующий эффект, что подтверждает результаты исследования [8]. Текучесть смеси удается повысить с 22 до 28 см при увеличении расхода золы-уноса Зуевской ТЭС до 30 % по массе сухих компонентов. Для золы Старобешевской ТЭС этот эффект на 5 % меньше, что вызвано, вероятней всего, наличием большего количества более дисперсных частиц и частиц с остроугольной поверхностью. При повышении расхода золы-уноса свыше 30 % пластифицирующий эффект ослабевает и практически отсутствует.

В ходе исследований удалось достичь средней плотности в сухом состоянии неавтоклавного газобетона в 700±35 кг/м^3. Показатель средней плотности возрастает по мере увеличения расхода золы-уноса и этот эффект сильнее у золы Старобешевской ТЭС (рисунок 2).

ISSN 2519-2817 online
Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры

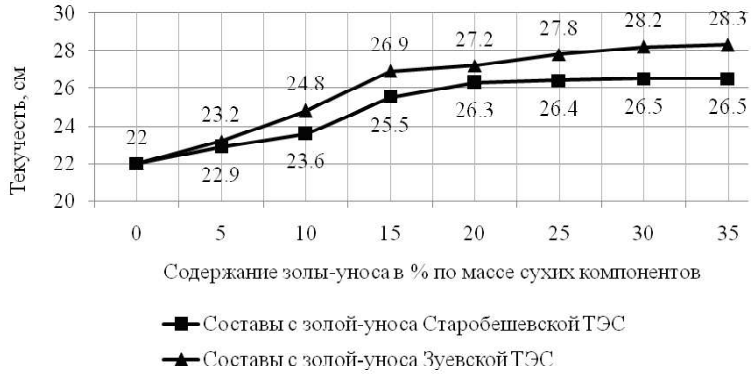

Рисунок 1 – Влияние вида и процентного содержания золы-уноса на текучесть газобетонной смеси по Суттарду.

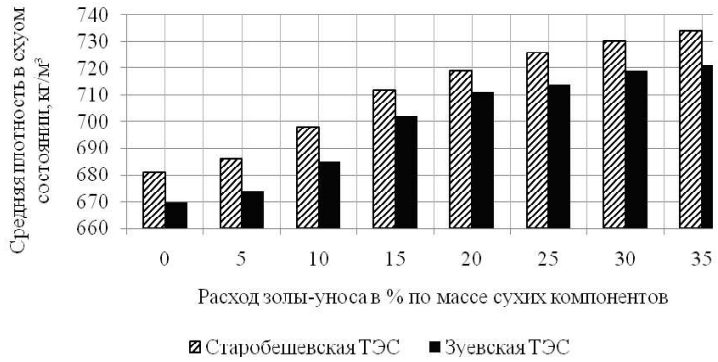

Рисунок 2 – Влияние вида и процентного содержания золы-уноса на среднюю плотность неавтоклавного газобетона в сухом состоянии.

Для определения прочностных характеристик неавтоклавного газобетона были изготовлены образцы кубовидной формы с длиной ребра 7 см. Образцы после предварительной выдержки и подрезки «горбушки» пропаривались по режиму: подъем температуры+изотермическая выдержка+охлаждение – 1,5 + 8,0 + 1,5 = 11 ч соответственно. Прочность на сжатие определялась на образцах, высушенных до постоянной массы при 105 °С. Результаты влияния вида и расхода золы-уноса представлены на рисунке 3.

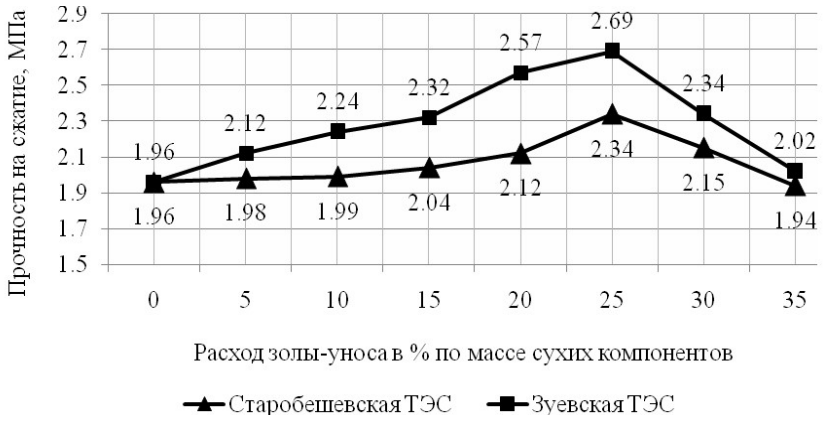

Рисунок 3 – Влияние вида и процентного содержания золы-уноса на прочность на сжатие неавтколавного газобетона марки D700.

Максимальной прочности на сжатие удалось достичь у составов на золе-уноса Зуевской ТЭС. При повышении расхода золы до 25 % прочность возрастает до 2,69 МПа. У составов на золе-уноса Старобешевской ТЭС максимальный показатель также достигается при расходе в 25 % по массе сухих компонентов, но он ниже на 13 % пор сравнению с золой Зуевской ТЭС. Вызвано это меньшим содержанием CaO в золе-уноса Старобешевской ТЭС (согласно результатам таблиц 1 и 2).

ВЫВОДЫ

Применение в неавтоклавных газобетонах в качестве кремнеземистого компонента золы-уноса тепловых электростанций Донбасса дает положительный эффект на их реологические и физико-механические свойства. Зола-уноса оказывает пластифицирующий эффект на газобетонную смесь, что позволяет достичь более низкой средней плотности ячеистого бетона. Благодаря высокой дисперсности зола-уноса уплотняет межпоровые перегородки, что дает прирост прочности на сжатие неавтоклавного газобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Ю. А. Табуншиков, В. И. Ливчак, В. Г. Гагарин [и др.]. – Текст : непосредственный // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2009. – № 5. – С. 17–25.
2. Jitchaiyaphum, K. Cellular lightweight concrete containing pozzolan materials / K. Jitchaiyaphum, T. Sinsiri, P. Chindaprasirt. – Текст : электронный // Procedia Engineering. – 2011. – Volume 14. – P. 1157–1164. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811012227 (дата обращения: 16.04.2022).
3. Owaid, H. M. A Review of Sustainable Supplementary Cementitious Materials as an Alternative to All-Portland Cement Mortar and Concrete / H. M. Owaid, R. B. Hamid, M. R. Taha. – Текст : электронный // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. – 2012. – Volume 6, issue 9. – P. 287–303. – URL: https://www.researchgate.net/publication/285956186_A_review_of_sustainable_supplementary_cementitious_materials_as_an_alternative_to_all-portland_cement_mortar_and_concrete (дата обращения: 19.04.2022).
4. Парута, В. А. Реализация концепции устойчивого развития путем использования автоклавного газобетона / В. А. Парута, Е. В. Брынзин, Л. И. Лавренюк. – Текст : непосредственный // Технологии бетонов. – 2015. – № 7-8. – С. 42–45.
5. Мартыненко, В. А. Справочник специалиста лаборатории завода по производству газобетонных изделий / В. А. Мартыненко, Н. В. Морозова. – Днепропетровск : ПГАСА. – 2009. – 308 с. – Текст : непосредственный.
6. Narattha, C. Thermogravimetry analysis, compressive strength and thermal conductivity tests of non-autoclaved aerated Portland cement-fly ash-silica fume concrete / C. Narattha, P. Thongsanitgarn, A. Chaipanich. – Текст : электронный // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2015. – Volume 122, issue 1. – P. 11–20. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-015-4724-8 (дата обращения: 22.04.2022).
7. Трескина, Г. Е. Пылевидные отходы – эффективные наполнители для неавтоклавного газобетона / Г. Е. Трескина, Ю. Д. Чистов. – Текст : непосредственный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. – № 5. – С. 10–11.
8. 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.

Получена 21.04.2022

В. Г. ВЕШНЕВСЬКА, І. С. ТКАЧУК, Д. Г. МАЛІНІН
ВПЛИВ ЗОЛ-ВИНЕСЕННЯ ТЕС НА РЕОЛОГІЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті розглядаються теоретичні передумови поліпшення властивостей неавтоклавного газобетону за допомогою використання у його складі місцевої техногенної сировини. Вивчено вплив золи-винесення Старобешівської та Зуївської ТЕС на реологічні та фізико-механічні властивості неавтоклавного газобетону. Встановлено, що введення золи-винесення ТЕС до 30 % дає пластифікуючий ефект для газобетонної суміші. Плинність по Суттарду зростає з 22 до 28 см. Висока дисперсність золи дозволяє ущільнити міжпорові перегородки газобетону. У ході досліджень отримано неавтоклавний газобетон на золі-внесення ТЕС із середньою щільністю у сухому стані 700 кг/м^3, міцність якого відповідає вимогам стандарту.

Ключові слова: ніздрюватий бетон, неавтоклавний газобетон, зола-винесення ТЕС, середня щільність, міцність на стиск.

VICTORIA VESHNEVSKAYA, IVAN TKACHUK, DENIS MALININ

EFFECT OF FLY ASH FROM THERMAL POWER PLANTS ON THE RHEOLOGICAL AND PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF NON-AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. This article discusses the theoretical prerequisites for improving the properties of non-autoclaved aerated concrete through the use of local technogenic raw materials in its composition. The effect of fly ash from the Starobeshevsky and Zuevskaya TPPs on the rheological and physical-mechanical properties of non-autoclaved aerated concrete has been studied. It has been established that the introduction of TPP fly ash up to 30 % gives a plasticizing effect for aerated concrete mixture. Fluidity according to Suttard increases from 22 to 28 cm. The high dispersion of ash makes it possible to compact the interpore walls of aerated concrete, which contributes to an increase in the strength of non-autoclaved aerated concrete. In the course of the research, non-autoclaved aerated concrete was obtained on fly ash from thermal power plants with an average density in the dry state of 700 kg/m^3, the strength of which meets the requirements of the standard.

Key words: aerated concrete, non-autoclaved aerated concrete, TPP fly ash, average density, compressive strength.

Вешневская Виктория Геннадьевна – 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.

Ткачук Иван Сергеевич – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: газобетоны неавтоклавного твердения.

Малинин Денис Геннадьевич – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: неавтоклавные быстротвердеющие пенобетоны.

Вешневська Вікторія Геннадіївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: неруйнівний контроль бетону будівельних конструкцій.

Ткачук Іван Сергійович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: газобетон неавтоклавного твердіння.

Малинін Денис Геннадійович – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: неавтоклавні швидкотвердіючі пінобетони.

Veshnevskaya Victoria – 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 building structures.

Tkachuk Ivan – Master's student; Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: non-autoclaved aerated concrete.

Malinin Denis – Assistant, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: non-autoclaved high-early-strength foam concretes.