

ЖИВОТКОВА Ирина Александровна,

Аспирант, Дагестанский государственный технический университет,

e-mail: ira_kosheleva@list.ru

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Аннотация. Целью данного исследования является изучение влияния состава комплексной минеральной добавки на основе вторичного техногенного сырья на предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона. Новизна научного исследования заключается в применении комплексной минеральной добавки на основе вторичного техногенного сырья. Комплексная добавка содержит шлам химводоочистки, опоку, либо золу-уноса, либо горелую породу при соотношении 50%/50%. Предел прочности определен после выдерживания в нормальных условиях и воздушно-сухих условиях. В составах с опоккой или золой при различных соотношениях шлам/минеральная добавка имеет место меньшее снижение предела прочности при сжатии после выдерживания в воздушно-сухих условиях.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, комплексная минеральная добавка, зола-уноса, шлам химводоочистки, цемент.

ZHIVOTKOVA Irina Alexandrovna,

post-graduate student Dagestan State Technical University

THE EFFECT OF CERTAIN MINERAL ADDITIVES ON THE COMPRESSIVE STRENGTH PARAMETERS OF FINE-GRAINED CONCRETE

Annotation. The aim of the work is to investigate the effect of a complex mineral additive based on waste of technogenic production on the compressive strength of fine-grained concrete. The novelty of the scientific research lies in the use of a complex mineral additive based on industrial waste. The complex additive contains chemical water treatment sludge and flask, or fly ash, or burnt rock in a ratio of 50%/50%. The ultimate strength is determined after aging under normal and air-dry conditions. There is smaller decrease in the ultimate compressive strength after aging under air-dry conditions in compositions with flask or ash at different sludge/mineral additive ratios.

Key words: fine-grained concrete, complex mineral additive, fly ash, chemical water treatment sludge, cement.

В условия современного строительства, характеризующегося высокой конкуренцией и актуальностью экологических вопросов, поиск эффективных решений для оптимизации составов строительных материалов становится всё более важным [1]. Мелкозернистый бетон (МЗБ), применяемый во множестве строительных объектов, требует постоянного улучшения своих прочностных характеристик [2]. Одним из перспективных направлений совершенствования бетона является использование минеральных добавок (МД), производимых на основе техногенных отходов [3]. Новизна научного данного исследования заключается в применении

комплексной минеральной добавки на основе вторичного техногенного сырья.

В данной статье представлены результаты исследования влияния на показатель прочности при сжатии некоторых видов минеральных добавок на основе вторичного техногенного сырья в составе комплексной минеральной добавки (КМД) при производстве мелкозернистого бетона. В качестве КМД применен шлам (Ш) химводоочистки ТЭЦ-2 города Ростова-на-Дону в сочетании с МД, а именно либо с золой уноса (З) ПАО ОГК-2 Новочеркасская ГРЭС, либо с опоккой (О), либо с горелой породой (ГП). Соотношение Ш/МД изменялось от 20% /

80% до 80% / 20%. Исследования проводились в два этапа: в первом блоке исследований соотношение состава МЗБ по массе принят 40% цемент + минеральная добавка и 60% песок с не постоянной величиной водоцементного соотношения; во втором блоке исследований состав мелкозернистого бетона по массе принят: 40% цемента и 60% песок + минеральная добавка, величина водоцементного

соотношения являлась постоянной [4].

На рис. 1. показано влияние вида МД в составе КМД на изменение предела прочности при сжатии МЗБ первой серии экспериментов до 120 сут, при этом до 28 сут образцы выдерживались в нормальных условиях, далее в воздушно-сухих условиях.

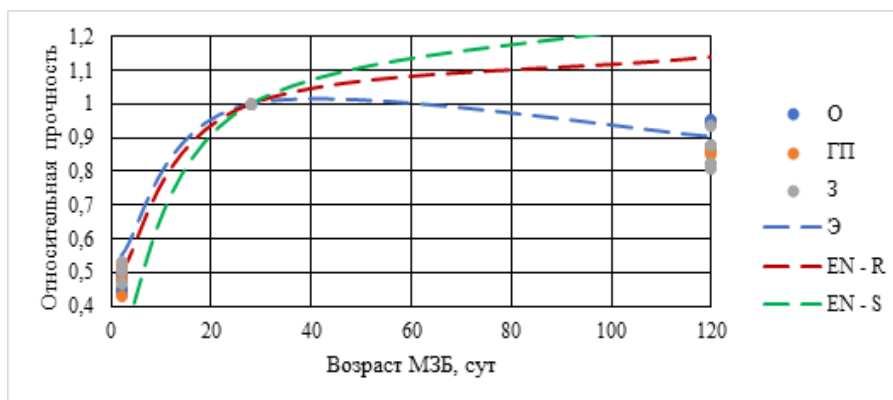


Рисунок 1. Влияние вида МД в составе КМД на изменение предела прочности при сжатии во времени (первая серия)

О, ГП, 3 – опока, горелая порода, зола уноса

EN – по ф. (1), R – быстротвердеющий; S – медленнотвердеющий

Изменение предела прочности при сжатии при нормальных условиях выдерживания определялся формулой EN 1992-1-1:

$$\frac{R_{\tau}}{R_{28}} = \exp\left(k\left(1 - \sqrt{\frac{28}{\tau}}\right)\right),$$

в которой значение коэффициента k зависит от типа бетона по кинетике твердения, соответственно не более 0,25 – быстротвердеющие; не менее 0,44 – медленнотвердеющие [5].

Согласно EN 206.1 все бетоны по кинетике твердения делятся на четыре группы в зависимости от соотношения R_2/R_{28} :

- быстротвердеющие $> 0,5$;
- нормальнотвердеющие $0,3 - 0,5$;
- медленнотвердеющие $0,15 - 0,3$;

– очень медленнотвердеющие $< 0,15$.

Согласно ГОСТ 25192 все бетоны по темпу твердения делятся на быстротвердеющие $R_2/R_{28} > 0,4$ и медленнотвердеющие R_2/R_{28} не более 0,4.

Исследованные составы МЗБ имеют значения показателя R_2/R_{28} в диапазоне от 0,36 до 0,55, что определяется соотношением между шламом и МД в составе КМД, а также типом МД. По классификации EN эти составы относятся к быстро и нормально твердеющим, а по ГОСТ – к быстро и медленно твердеющим. У бездобавочного эталона показатель составляет $R_2/R_{28} = 0,55$. Все образцы с комплексной минеральной добавкой имеют значение R_2/R_{28} ниже эталона, что отчасти объясняется более высоким водоцементным соотношением в составах первой серии в сравнении с эталоном.

Для предварительной оценки влияния выдерживания в воздушно-сухих условиях были определены значения отношения прочностей R_{120} , измеренной и расчетной, по ф.(1) с коэффициентом k равным 0,25 (max) и 0,44 (min). Результаты показаны на рис. 2.

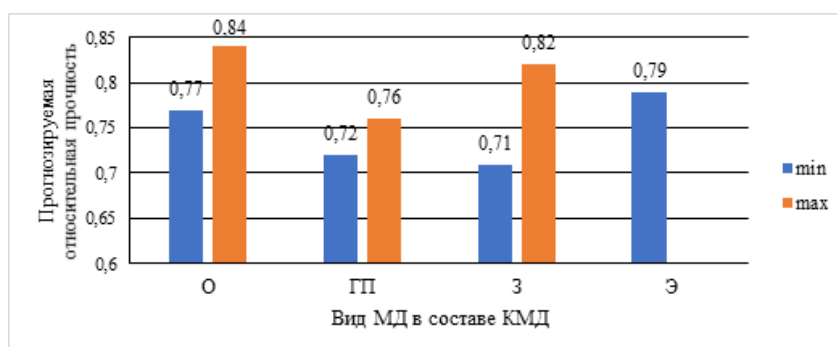


Рисунок 2. Влияние вида МД в составе КМД на снижение предела прочности МЗБ при сжатии при выдерживании в воздушно-сухих условиях (прогноз)

В составах, содержащих опоку и золу, при различных соотношениях шлама и минеральной добавки наблюдается меньшее снижение предела прочности при сжатии после выдерживания в воздушно-сухих условиях. Это, безусловно,

подтверждает целесообразность применения комплексной минеральной добавки, например, в штукатурных составах.

На рис. 3 показано влияние вида МД в составе КМД на изменение предела прочности при сжатии МЗБ второй серии экспериментов до 120 сут, при этом до 28 сут образцы выдерживались в нормальных условиях, далее в воздушно-сухих условиях.

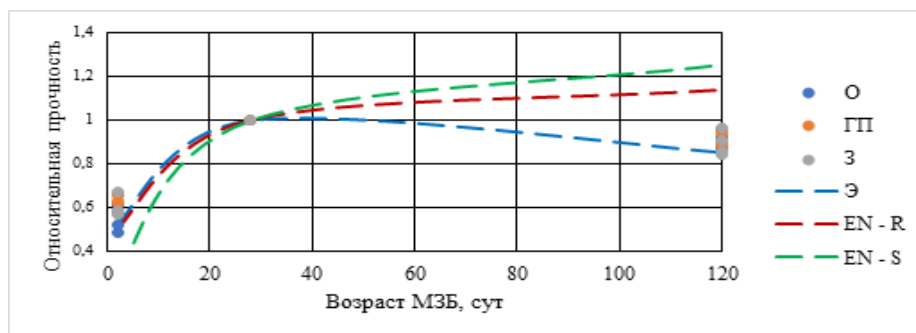


Рисунок 3. Влияние вида МД в составе КМД на изменение предела прочности при сжатии во времени (вторая серия)

О, ГП, З – опока, горелая порода, зола уноса

EN – по ф. (1), R – быстротвердеющий; S – медленнотвердеющий

Исследованные мелкозернистые бетоны имеют показатель R2/R28 в диапазоне от 0,49 до 0,67. Этот параметр зависит от соотношения шлама и минеральной добавки в составе комплексной минеральной добавки, а также от типа минеральной добавки. По классификации EN большинство из них можно отнести к быстротвердеющим. Бездобавочный эталон образец имеет показатель R2/R28 = 0,53. Большинство составов с КМД во

второй серии, т.е. при постоянной величине В/Ц, демонстрируют показатели R2/R28, превышающие значение у бездобавочного эталона, что, во-первых, подтверждает положительное влияние комплексной минеральной добавки на прочность МЗБ при выдерживании в воздушно-сухих условиях, а во-вторых, подтверждает предположение о том, что повышенное водоцементное отношение замедляет процесс твердения МЗБ в начальной стадии.

Для предварительной оценки воздействия выдерживания в воздушно-сухих условиях определены значения отношения прочностей R120 измеренной к R120 расчетной по ф. (1) при k равном 0,25 (max) и 0,44 (min). Результаты показаны на рис. 4

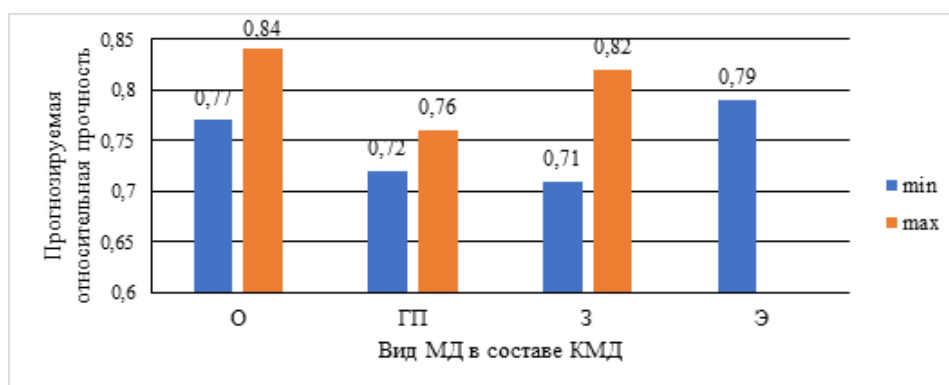


Рисунок 4. Влияние вида МД в составе КМД на снижение предела прочности МЗБ при сжатии при выдерживании в воздушно-сухих условиях (прогноз)

Сопоставление представленных на рис.2 и 4 данных позволяет утверждать, что степень негативного влияния выдерживания МЗБ в воздушно-сухих условиях практически не зависит от величины В/Ц.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено положительное влияние

КМД на основе вторичного техногенного сырья на прочность МЗБ при выдерживании в воздушно-сухих условиях. Подтверждена гипотеза о том, что повышенное водоцементное отношение замедляет процесс твердения МЗБ с КМД в начальной стадии. Составы, содержащие опоку или золу в КМД, при различных соотношениях шлам/минеральная добавка обеспечивают меньшее снижение предела прочности при сжатии после выдерживания в воздушно-сухих условиях, что, подтверждает целесообразность применения КМД, например, в штукатурных составах.

Список литературы:

- [1] Панченко А. И. Сухие смеси в России: особенности производства и применения // *Строительные материалы*. — 2002. — №. 5. — С. 19-22.
- [2] Л. Х. Загороднюк, А. М. Гридчин, В. С. Лесовик Тенденции развития производства сухих строительных смесей в России // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. — 2016. — №. 12. — С. 6-14.
- [3] А. В. Каклюгин, В. В. Боброва М. П. Валов, В. С. Щербакова Использование шлама химводоочистки теплоэлектростанций в производстве строительных материалов и изделий // *Молодой исследователь Дона*. — 2020. — №. 4. — С. 28-33.
- [4] Г.В. Несветаев, И.А. Животкова Влияние некоторых минеральных добавок на свойства мелкозернистых бетонов и строительных растворов // *Инженерный вестник Дона*. — 2024. — №. 5.
- [5] Г.В. Несветаев, А. В. Козлов, Г. А. Козлов, И. А. Филонов Влияние некоторых минеральных добавок на свойства мелкозернистых бетонов // *Инженерный вестник Дона*. — 2022. — №. 11.

Spisok literatury:

- [1] Panchenko A. I. Sukhie smesi v Rossii: osobennosti proizvodstva i primeneniia // *Stroitel'nye materialy*. — 2002. — №. 5. — S. 19-22.
- [2] L. Kh. Zagorodniuk, A. M. Gridchin, V. S. Lesovik Tendentsii razvitiia proizvodstva sukhikh stroitel'nykh smesei v Rossii // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. — 2016. — №. 12. — S. 6-14.
- [3] A. V. Kakliugin, V. V. Bobrova M. P. Valov, V. S. Shcherbakova Ispol'zovanie shlama khimvodoochistki teploelectrostantsii v proizvodstve stroitel'nykh materialov i izdelii // *Molodoi issledovatel' Dona*. — 2020. — №. 4. — S. 28-33.
- [4] G. V. Nesvetaev, I. A. Zhivotkova Vliianie nekotorykh mineral'nykh dobavok na svoistva melkozernistykh betonov i stroitel'nykh rastvorov // *Inzhenernyi vestnik Dona*. — 2024. — №. 5.
- [5] G. V. Nesvetaev, A. V. Kozlov, G. A. Kozlov, I. A. Filonov Vliianie nekotorykh mineral'nykh dobavok na svoistva melkozernistykh betonov // *Inzhenernyi vestnik Dona*. — 2022. — №. 11.

