

## МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН С АМОРФНЫМ КРЕМНЕЗЕМОМ

Бугук Е.С.<sup>1</sup>, Гуриненко Н.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> магистрант специальности 7-06-0732-01 «Строительство»

<sup>2</sup> к.т.н., доцент, доцент кафедры

«Строительные материалы и технология строительства»

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

*Аннотация.* В статье приведены данные, полученные при испытаниях образцов мелкозернистого бетона с добавкой аморфного ультрадисперсного кремнезема. Показана эффективность примененной разновидности кремнезема, вводимой в бетон в 10-кратно сниженной дозировке по сравнению с традиционным микрокремнеземом.

*Ключевые слова:* мелкозернистый бетон, ультрадисперсный кремнезем, модуль упругости, прочность.

Мелкозернистые бетоны широко применяются в строительстве. Но одной из проблем таких бетонов является отсутствие жёсткого «каменного скелета» из крупного заполнителя и, как следствие, низкий модуль упругости и повышенная деформативность материала. Мы предлагаем решить эту проблему за счет введения в состав аморфного кремнезема в ультрадисперсном варианте. Его эффективность проявляется [1], во-первых, в роли центров кристаллизации и ускорении процесса становления кристаллогидратной структуры новообразований в объеме цементного камня, а во-вторых, во взаимодействии с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (особенно в законах контакта заполнителя с цементным камнем), что в совокупности будет способствовать уплотнению и упрочнению структуры бетона и приведет к повышению его прочности и модуля упругости.

В исследованиях использовали *материалы*: портландцемент (ЦЕМ I 42,5 Н), соответствующий требованиям ГОСТ 31108-2020, заполнители, вода затворения и добавка-суперпластификатор, удовлетворяющие требованиям действующих нормативных документов; *аморфный кремнезем (АК)* - диоксид кремния осажденный, в виде ультрадисперсного порошка  $\text{SiO}_2$  (Ковелос 35/05Т) с площадью удельной поверхности  $350 \text{ м}^2/\text{г}$  и насыпной плотностью при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$   $55 \text{ г/л}$  [2].

Образцы-призмы (40 x 40 x 160 мм) для исследований изготовили вибрированием со стандартными параметрами ( $A \sim 0,35 \text{ мм}$ ,  $f \sim 50 \text{ Гц}$ ) из цементно-песчаной смеси (примерно одинаковой консистенции, т.е. равноподвижной по «расплыву» конуса ( $\sim 110...120 \text{ мм}$ )) состава: Ц : П = 1 : 3, при водоцементном отношении  $(\text{В/Ц})_c = 0,28$ , которые твердели до испытаний в нормально-влажностных условиях (относительная влажность воздушной среды  $\varphi \geq 90 \%$ , температура  $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ).

Определение модуля упругости произвели согласно ГОСТ 24452-2023 [3] путем постепенного нагружения образцов-призм осевой сжимающей

нагрузкой до уровня 30 % (от уровня разрушающей нагрузки) с измерением в процессе нагружения их деформаций в продольном и поперечном направлениях (рисунок 1). Прочность бетона на растяжение при изгибе, а затем на сжатие определили на образцах-аналогах по ГОСТ 310.4-81.

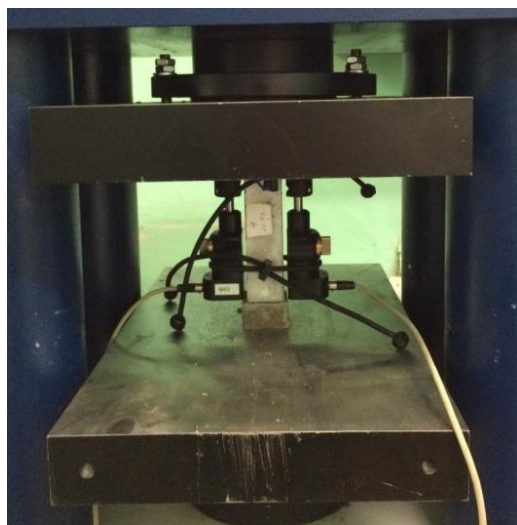


Рис.1. Определение модуля упругости

В таблице приведены результаты испытаний по оценке влияния на прочностные и деформационные характеристики исследуемого мелкозернистого бетона, из которых следует, что прочность при изгибе у образцов с ультрадисперсным кремнеземом изменилась незначительно (только обозначив тенденцию к росту), а рост прочности на сжатие к возрасту 28 суток составил до 20 % и модуля упругости до 50%, в сопоставлении с образцами бетона без него.

Таблица 1. Результаты испытаний

Вид добавки и количество компонентов, % от МЦ	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа		Осевой модуль, ГПа	
	3 сутки	28 суток	3 сутки	28 суток	3 сутки	28 суток
0,5%Ст	7,7	7,9	29,8	42,8	20,2	32,7
0,5%Ст+1%АК	7,8	8,0	33,3	51,1	32,9	49,3

Обобщая результаты исследований можно сделать вывод о высокой эффективности ультрадисперсного кремнезема в мелкозернистом бетоне с позиций повышения его упругих и прочностных характеристик.

#### Библиографический список

1. Батяновский, Э. И. Бетон с полифункциональной кремнеземсодержащей добавкой / Э. И. Батяновский, Н. С. Гуриненко. – Минск : БНТУ, 2021. – 195 с.
2. Ковелос (диоксид кремния осажденный). Технические условия : ТУ 2168-002-14344269-2009. Введ. 01.12.2009. – М. : Госстандарт, 2009. – 28 с.
3. Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона : ГОСТ 24452-2023. – Взамен ГОСТ 24452-80 ; введ. 01.01.2024. – М. Российский институт стандартизации, 2024. – 16 с.