

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ЗОЛЬНОМ ГРАВИИ.

Садовский Г.П., Ткаченко Г.Г., (Одесская государственная академия строительства и архитектуры).

**На основе экспериментов и моделирования, показана возможность получения легких бетонов на зольном гравии с частичной заменой дефицитного песка мерлузой.**

Одна из задач, решающая в настоящих исследованиях, состоит в выполнении частичной замены кварцевого песка отходами от камнепиления (так называемой «мерлузой»), стоимость которой в несколько раз ниже.

Для решения этой задачи проведен планированный эксперимент, в котором в качестве переменных использовались следующие технологические факторы:

- $x_1$  – расход гипса в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- $x_2$  – расход цемента в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- $x_3$  – расход известково-песчаного вяжущего в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- $x_4$  – расход дробленного зольного вяжущего в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- $x_5$  – расход молотого зольного гравия в  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Взвешивание сухих составляющих производили на электронных весах с точностью до 0,5 грамма.

Перемешивание компонентов осуществляли в бетономешалке принудительного действия. Из смеси формовали образцы размером 4x4x16 см на стандартной виброплощадке. Тепловую обработку проводили по режиму 3+8+3 часа при температуре 85... 95°C.

Уровни варьирования переменных и интервалы варьирования приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Уровни варьирования переменных

Переменные	Ед. изм	Код	Уровни варьирования			Интервал варьирования
			-1	0	+1	
1	2	3	4	5	6	7
Расход гипса	кг	$x_1$	0	15	30	15
Расход цемента	кг	$x_2$	100	150	200	50

1	2	3	4	5	6	7
Расход известково-песчаного вяжущего	кг	$x_3$	0	75	150	75
Расход дробленного зольного вяжущего	кг	$x_4$	0	80	160	80
Расход молотого зольного гравия	кг	$x_5$	0	150	300	150

Для построения математических моделей прочности на сжатие и изгиб, в зависимости от перечисленных факторов использовали пятифакторный трехуровневый план, близкий к Д-оптимальному типа Хартли-5.

Испытание образцов проводили через сутки после пропаривания.

По результатам экспериментов построены математические модели прочности и плотности. Модели адекватны.

Модель прочности на сжатие имеет вид:

$$R_c = 56,4 + 1,14 x_1 + 1,55 x_2 + 1,45 x_3 + 1,1 x_4 + 2,18 x_5 - 1,08 x_1 x_2 + 1,05 x_1 x_3 - 1,12 x_1 x_4 - 0,01 x_1 x_5 - 0,11 x_2 x_3 + 0,01 x_2 x_4 - 1,16 x_2 x_5 - 0,01 x_3 x_4 + 1,02 x_3 x_5 + 1,01 x_4 x_5 + 1,17 x_1^2 - 1,39 x_2^2 - 1,11 x_3^2 + 1,01 x_4^2 - 1,79 x_5^2.$$

Модель плотности имеет вид:

$$\rho_0 = 1178 + 2,2 x_1 + 0,72 x_2 + 2,11 x_3 - 10,66 x_4 + 28,44 x_5 + 17,43 x_1 x_2 + 5,7 x_1 x_3 + 6,81 x_1 x_4 + 4,93 x_1 x_5 - 3,93 x_2 x_3 - 11,56 x_2 x_4 + 10,81 x_2 x_5 + 25,94 x_3 x_4 - 11,06 x_3 x_5 + 15,44 x_4 x_5 - 11,06 x_1^2 + 15,44 x_2^2 + 16,94 x_3^2 + 0,94 x_4^2 - 8,06 x_5^2.$$

По математическим моделям прочности и плотности, построены графики зависимости прочности и плотности от указанных выше переменных.

Анализ, математических моделей и графиков, показывает что введение гипса в состав бетона в количестве до  $30 \text{ кг/м}^3$  приводит к увеличению прочности на сжатие до 30%, плотности на  $40 \text{ кг/м}^3$ . Увеличение прочности наблюдается при совместном помолу гипс, молотого зольного гравия и известково-песчаного вяжущего.

Молотый зольный гравий выступает в исследуемых составах в качестве активной минеральной добавки, позволяющий уменьшить расход дорогостоящего портландцемента. Количество вводимого молотого зольного гравия ограничивали

Молотый зольный гравий работает только в связке (цементно-песчаное вяжущее, цемент, гипс). Кроме увеличения прочности на сжатие, введение его в состав бетона, дает возможность заменить часть кварцевого песка и уменьшить величину прочности.

Максимальная прочность достигается при расходе молотого зольного гравия в количестве  $300 \text{ кг/м}^3$  бетона.

Известково-песчаное вяжущее, размолотое до удельной поверхности  $4000 \text{ см}^2/\text{г}$ , вводили в состав бетона в количестве до  $150 \text{ кг/м}^3$ . Прочность на сжатие при этом увеличивается от 5,5 до 22,5 МПа. Следует заметить, что известково-песчаное вяжущее дает эффект только в сочетании с гипсом, молотым зольным гравием, выступает здесь в роли АМД и цементом. Сочетание всех этих компонентов и является малоцементным известкосоудержающим вяжущим. Плотность от введения известково-песчаного вяжущего практически не меняется.

Введение в состав бетона дробленного зольного гравия позволяет заменить кварцевый песок и уменьшить величину плотности.

При расходе дробленного зольного гравия до  $160 \text{ кг/м}^3$ , плотность уменьшается до  $100 \text{ кг/м}^3$ . На прочность бетона дробленный зольный гравий не оказывает существенного влияния.

Полученные результаты дают возможность определить составы бетонов, обеспечивающие марочную прочность бетонов: 200, 150, 100, 50.

Расход материалов марки бетона 200 составляет:

Зольный гравий –  $450 \text{ кг/м}^3$ ;

Дробленный зольный гравий –  $160 \text{ кг/м}^3$ ;

Молотый зольный гравий –  $300 \text{ кг/м}^3$ ;

Известково-песчаное вяжущее –  $150 \text{ кг/м}^3$ ;

Гипс –  $30 \text{ кг/м}^3$ ;

Вода – 320 литров.

На основании проделанных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. На основании малоцементного известкосоудержающего вяжущего и зольного гравия может быть получен как конструкционно-теплоизоляционный легкий бетон марок 50, 75, 100, так и конструкционный бетон марок 150 и 200.

2. Расход портландцемента марки 400 для получения таких бетонов может быть снижен в 1,5...2 раза по сравнению с действующими нормами.

3. Для получения наибольшего технико-экономического эффекта необходимо применить известь кальциевую. Тонкость помола вяжущего содержащего негашеную известь, гипсовый камень и молотый зольный гравий должна быть не ниже.

$$S_{уд} = 5000 \text{ см}^2/\text{г}$$