

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ И РЕЦЕПТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОГО БЕТОНА

Сланевский С.И., к.т.н., доц., Шашин Д.В., студент

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса*

Настоящая работа посвящена оптимизации гранулометрического состава заполнителя для мозаичных полов. Критерием оптимизации принято компромиссное решение, при котором максимально высокие качественные показатели бетона достигаются при минимальном расходе цемента.

Решали поставленную задачу в два этапа. На первом этапе был реализован симплекс-решетчатый шестифакторный экспериментальный план, геометрический образ которого представляет собой "треугольники на треугольнике". С помощью этого плана производили оптимизацию гранулометрического состава заполнителей. Основным критерием оптимизации гранулометрического состава была принята минимальная водопотребность смеси фракций заполнителей с предельной крупностью зерен 2,5, 5 и 10 мм при условии максимально возможной минимизации отходов заполнителя в процессе его дробления.

В качестве независимых переменных было принято содержание следующих фракций, в мм:  $V_1$  – фр. 0-0,315;  $V_2$  – фр. 0,315-0,63;  $V_3$  – фр. 0,63-1,25;  $W_1$  – фр. 1,25-2,5;  $W_2$  – фр. 2,5-5;  $W_3$  – фр. 5-10. Каждый из факторов изменялся в интервале от 0 до 100 %.

В качестве исходных сырьевых материалов использовали: цемент М400 Одесского цементного завода марки ПЦ П/Б-Ш-400, гранитный щебень фракции 5-40 мм Трикратновского карьера Николаевской обл., водопроводную воду и пигмент в виде одного из окислов металлов.

Технология проведения экспериментальных работ была следующей. Мыли, сушили, дробили и отсеивали на фракции щебень. Исходные компоненты дозировали в соответствии с матрицей планирования эксперимента с точностью до 1 г и перемешивали до достижения однородного состояния.

В качестве исследуемых свойств определяли насыпную плотность, пустотность и водопотребность смеси фракций заполнителей. Масса пигмента не изменялась и была принята постоянной 4 % от массы це-

мента.

Насыпную плотность и пустотность определяли по стандартным методикам, используя стандартный мерный сосуд ёмкостью 5 л, а водопотребность – как минимальный расход воды, обеспечивающий формуемость бетонной смеси без видимого воздухововлечения.

При определении водопотребности бетонной смеси объём замеса принимали 1,6 л, что соответствует объёму 6 образцам-балочкам размером 4×4×16 см с запасом.

В качестве исходного состава принимали предварительный состав со следующими исходными параметрами, г/1,6 л:

– цемент.....	1173;
– заполнитель в заданном соотношении фракций ...	2328.

Заданное соотношение фракций определялось по матрице планирования эксперимента. Матрица планирования эксперимента, расходы составляющих смеси фракций заполнителя и результаты эксперимента приведены в табл. 1.

При приготовлении бетонной смеси и определении её водопотребности использовали прозрачный стеклянный сосуд в виде эксикатора.

После перемешивания смеси фракций заполнителя и цемента добавляли базовую порцию воды, равной 320 мл. Эксикатор с компонентами бетонной смеси устанавливали на лабораторную виброплощадку, включали её и перемешивали.

При недостаточной удобоукладываемости бетонной смеси добавляли воду малыми порциями (по 1 мл) с помощью мерной пипетки, закреплённой на штативе, затем включали виброплощадку и продолжали перемешивание. Воду добавляли до получения формуемой бетонной смеси без видимого воздухововлечения.

Степень воздухововлечения определяли визуально при формировании бетонной смеси в эксикаторе.

По результатам эксперимента по специально разработанным программам рассчитаны коэффициенты математических моделей исследуемых свойств, используя которые построены изолинии насыпной плотности и пустотности заполнителей, а также водопотребности бетонной смеси.

Изолинии насыпной плотности и пустотности смеси фракций дроблённого гранитного заполнителя, а также водопотребности бетонной смеси, приготовленной на смеси фракций дробленого гранитного заполнителя с предельной крупностью зёрен 10 мм приведены соответственно на рисунках 1, 2 и 3.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента, расходы фракций заполнителя и результаты эксперимента

№ п.п.	Факторы						Расходы заполнителя, г/8 кг фракций, (мм)						Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустот- ность, %	Водопотребность, л/м <sup>3</sup>
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	0 - 0,315	0,315- 0,63	0,63- 1,25	1,25- 2,5	2,5-5	5-10			
	0 - 0,315	0,315- 0,63	0,63- 1,25	1,25- 2,5	2,5-5	5-10	0 - 0,315	0,315- 0,63	0,63- 1,25	1,25- 2,5	2,5-5	5-10			
1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1333	1333	1334	1333	1333	1334	1547	42,3	215
2	1	0	0	1	0	0	4000	—	—	4000	—	—	1550	42,2	300
3	1	0	0	0	1	0	4000	—	—	—	4000	—	1581	41,0	280
4	1	0	0	0	0	1	4000	—	—	—	—	4000	1601	40,3	270
5	0	1	0	0	0	1	—	4000	—	—	—	4000	1566	41,6	220
6	0	1	0	1/2	0	1/2	—	4000	—	2000	—	2000	1506	43,8	220
7	0	1	0	0	1	0	—	4000	—	—	4000	—	1504	43,9	230
8	0	0	1	1	0	0	—	—	4000	4000	—	—	1331	50,3	220
9	0	0	1	1/2	1/2	0	—	—	4000	2000	2000	—	1372	48,8	215
10	0	0	1	0	0	1	—	—	4000	—	—	4000	1501	44,0	215
11	0	0	1	0	1/2	1/2	—	—	4000	—	2000	2000	1490	44,4	215
12	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	—	2000	2000	2000	2000	—	1417	47,1	220
13	1/2	0	1/2	1/2	1/2	0	2000	—	2000	2000	2000	—	1551	42,1	225
14	1/2	1/2	0	1	0	0	2000	2000	—	4000	—	—	1529	42,9	225
15	1/3	1/3	1/3	0	1	0	1334	1333	1333	—	4000	—	1551	42,1	215

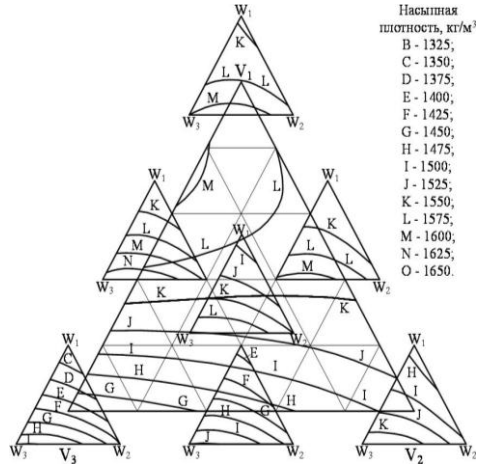


Рис. 1. Изолинии насыпной плотности дроблённого гранитного заполнителя с предельной крупностью зёрен 10 мм

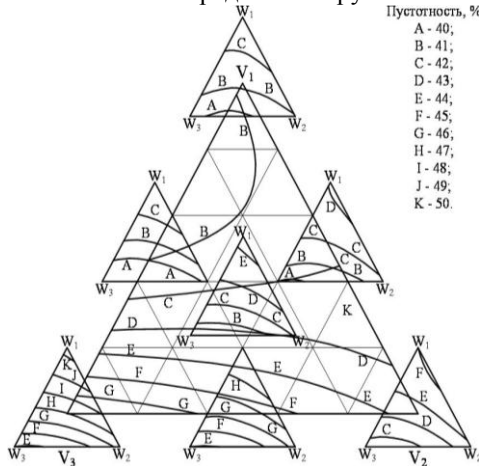


Рис. 2. Изолинии пустотности дроблённого гранитного заполнителя с предельной крупностью зёрен 10 мм

Из анализа построенных изолиний следует, что насыпная плотность заполнителя изменяется в широком диапазоне от 1331 до 1601 кг/м<sup>3</sup>. Как и следовало ожидать, наименьшая насыпная плотность 1331 кг/м<sup>3</sup> и, соответственно, наибольшая межзерновая пустотность 50,3 % наблюдается в смеси смежных по размеру фракций 0,63-1,25 и 1,25-2,5 мм в соотношении 1:1 (см. строку 8 матрицы, табл. 1).

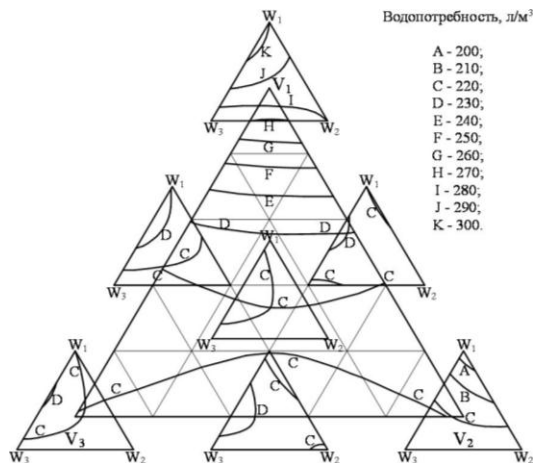


Рис. 3. Изолинии водопотребности бетонной смеси, приготовленной на смеси фракций дроблённого гранитного заполнителя с предельной крупностью зёрен 10 мм

Наибольшая насыпная плотность  $1601 \text{ кг/м}^3$  и, соответственно, наименьшая межзерновая пустотность 40,3 % наблюдается в смеси наименьшей и наибольшей по размеру фракций 0-0,315 и 5-10 мм в соотношении 1:1 (см. строку 4 матрицы, табл. 1).

Следует отметить, что межзерновая пустотность дроблённого гранитного заполнителя, которая изменяется от 40,3 до 50,3 %, по сравнению со смесью фракций заполнителей окатанной формы (например, гравий и песок, добытые из русла рек) примерно на 10 % больше, что является следствием зёрен неправильной формы с развитой поверхностью.

Повышенная межзерновая пустотность влечёт за собой повышенный расход цемента и является той дополнительной ценой, которую необходимо заплатить за получение декоративного бетона с заданной текстурой.

### Выводы

1. Оптимальным гранулометрическим составом заполнителя с предельной крупностью зёрен 2,5 мм, является состав, состоящий из 50 % фр. 0,315-0,63 мм, и 50 % фр. 1,25-2,5 мм с водопотребностью  $220 \text{ л/м}^3$ .

2. Оптимальным гранулометрическим составом заполнителя с предельной крупностью зёрен 5 мм, является состав, состоящий из 50 % фр. 0,63-1,25 мм, и 50 % фр. 2,5-5 мм с водопотребностью 215 л/м<sup>3</sup>.

3. Оптимальным гранулометрическим составом заполнителя с предельной крупностью зёрен 10 мм является состав, состоящий из 16,6 % фр. 0-0,315 мм, 16,7 % фр. 0,315-0,63 мм, 16,7 % фр. 0,63-1,25 мм, 25 % фр. 1,25-2,5 мм и 25 % фр. 5-10 мм с водопотребностью 215 л/м<sup>3</sup>.

### **Summary**

**Optimization of distribution of sizes of granite filler with the limiting granular size of 10 mm for inlaid floors is carried out. Optimal structures with the limiting granular size of filler 2,5, 5 and 10 of mm are defined.**

### *Литература*

1. Шашин Д. В., Сланевский С.И. Разработка методики оптимизации составов композиционных материалов. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 39. Частина 2. Одеса 2010.

2. Сланевский С.И. Оптимизация составов композиционных материалов. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 12. Одеса 2003.