

Васильченко В.Т., Васильченко С.В. (Брестский инженерно-строительный институт)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПЕСКОВ ДЛЯ ПЕСЧАНЫХ БЕТОНОВ МЕТОДОМ СИМПЛЕКС-РЕШЕТЧАТОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Одной из важнейших задач в производстве песчаных бетонов, применяемых в сельскохозяйственном строительстве, является повышение их долговечности. Стойкость песчаного бетона во времени предопределяется, прежде всего, плотностью его структуры, формирование которой зависит от многих факторов на всех стадиях технологической обработки смеси. Одним из путей решения указанной многофакторной задачи является оптимизация фракционного состава песчаной смеси базирующаяся на общей теории искусственных строительных конгломератов [1].

Для проведения исследований принимался среднезернистый овражный песок (табл. I) из местного карьера "Сморгонь".

Таблица I.

Характеристика песка

№: пп:	Наименование показателей	:Единица измерения	:Значение показателей
1.	Модуль крупности	-	2,35 - 2,47
2.	Объемная насыпная масса . . .	кг/м ³	1600 - 1650
3.	Удельная масса	г/см ³	2,62
4.	Пустотность	%	38 - 48
5.	Содержание пылеидных глинистых и илистых примесей	%	2
6.	Колориметрическая проба . . .	-	светлее эталона

В связи с тем, что применяемые для бетона пески Западной Белоруссии имеют пустотность в пределах 38-48%, увеличение их плотности достигалось путем подбора наилучшего состава фракционных смесей.

Было установлено, что трехфракционные смеси песков являются наиболее рациональными для повышения плотности бетона. Пустотность таких смесей в уплотненном состоянии достигала 29-30%, т.е. значительно снижалась по сравнению с пустот-

ностью исходных песков.

Так как сумма всех фракций трехкомпонентной смеси нормирована, т.е. равна 100%, то для решения задачи полного описания системы строилась диаграмма "состав-свойство". Для построения диаграммы зависимости пустотности смеси песка от содержания трех фракций было применено симплекс-решетчатое планирование [2]. На основании проведенных анализов планов, выраженных полиномами различных степеней, был выбран симплекс-решетчатый план, поверхность отклика которого описывалась полиномом четвертой степени. Следовательно, было принято 15 коэффициентов уравнения.

На основе оптимизации составов трехфракционных смесей песков по диаграмме получены песчаные бетоны с более плотной структурой, чем на основе песков, фракционный состав которых определялся по модулю крупности [3].

Исходный песок из карьера был рассеян на три фракции: 1) 1,25-5 мм; 2) 0,63-1,25 мм; 3) менее 0,63 мм. Исходя из числа компонентов число опытов в эксперименте было принято 15, т.е. по числу коэффициентов уравнения регрессии.

Полученная математическая модель отклика эксперимента имеет вид:

$$\hat{y} = 36X_1 + 36,5X_2 + 37,5X_3 - 9X_1X_2 - 7X_1X_3 - 10X_2X_3 - 4X_1X_2(X_1 - X_2) + 4X_1X_3(X_1 - X_3) + 2X_2X_3(X_2 - X_3) - 129,3X_1X_2(X_1 - X_2)^2 - 65,3X_1X_3(X_1 - X_3)^2 - 7X_2X_3(X_2 - X_3)^2 - 64X_1^2X_2X_3 + 164X_1X_2^2X_3 - 177,3X_1X_2X_3^2 \quad (I)$$

Матрица планирования и результаты опытов представлены в табл. 2, где X_1, X_2, X_3 - фракции исходного песка соответственно 1,25-5 мм; 0,6-1,25 мм; < 0,63 мм, \hat{y} - экспериментальное значение пустотности смеси песка.

Адекватность модели проверялась по \bar{t} - критерию в шести контрольных точках плана. Проверка выбранной модели после ее реализации на симплекс-решетчатом плане показала, что она адекватна. Ошибка предсказанного по уравнению (I) значения пустотности определялась по доверительному интервалу:

$$\Delta = \frac{t_{\alpha/k;f} \cdot \sigma_{\bar{y}}}{\sqrt{n}} \cdot \xi^{\frac{1}{2}}$$

где Δ - ошибка предсказанного значения пустотности (y); $t_{\alpha/k;f}$ - критерий Стьюдента (α - уровень значимости,

f - число степеней свободы, k - число коэффициентов уравнения регрессии);

n - число параллельных опытов;

ξ - величина, зависящая от положения смеси песка в факторном пространстве [4].

Таблица 2

Матрица планирования и результаты опытов

№ опыта	X_1	X_2	X_3	\bar{y}
	(фр. 1,25-5 мм)	(фр. 0,63 - 1,25 мм)	(фр. < 0,63 мм)	(пустотность), %
1	1	0	0	36
2	0	1	0	36,5
3	0	0	1	37,5
4	0,5	0,5	0	34
5	0,5	0	0,5	34,5
6	0	0,5	0,5	34,5
7	0,25	0,75	0	29
8	0,75	0,25	0	28
9	0,25	0	0,75	32
10	0,75	0	0,25	32
11	0	0,25	0,75	34
12	0	0,75	0,25	34,5
13	0,25	0,25	0,50	31
14	0,25	0,50	0,25	33,5
15	0,50	0,25	0,25	31
16	0,333	0,333	0,333	34,5

Расчеты показали, что $\Delta = 1,6 \xi^{\frac{1}{2}}$. Значение ошибки предсказанной моделью пустотности определяется из контурной карты концентрационного треугольника (рис. 2), на котором вместо изолиний со значениями ξ [4] подставлены значения с доверительным интервалом равным $1,6 \xi^{\frac{1}{2}}$.

Построенная диаграмма на основе полученной математической модели позволила определить наиболее рациональные составы трехфракционных смесей, полученных из местных песков.

Из приведенной диаграммы (рис. 1) следует, что имеется две области с минимальными значениями пустотности фракциони

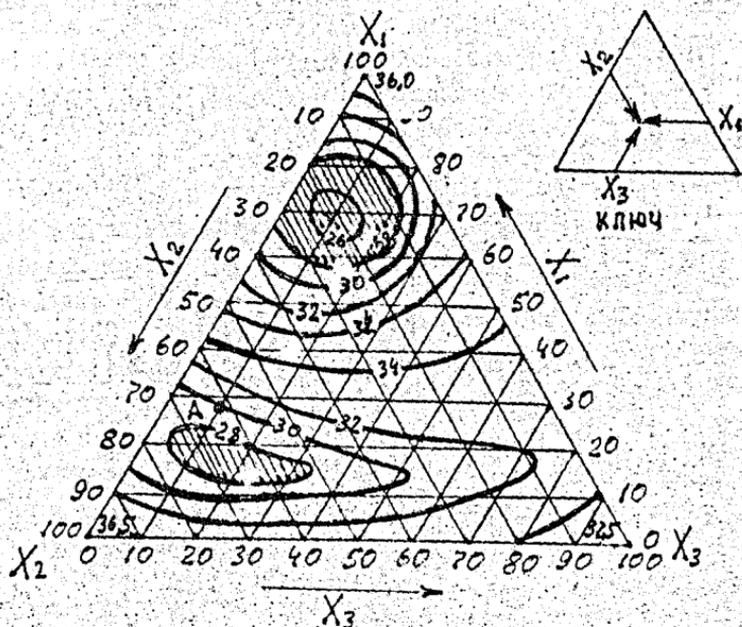


Рис. 1. Диаграмма зависимости пустотности смеси песка от содержания трех фракций: X_1 - фр. 1,25 - 5 мм; X_2 - фр. 0,63 - 1,25 мм; X_3 - фр. $\leq 0,63$ мм.

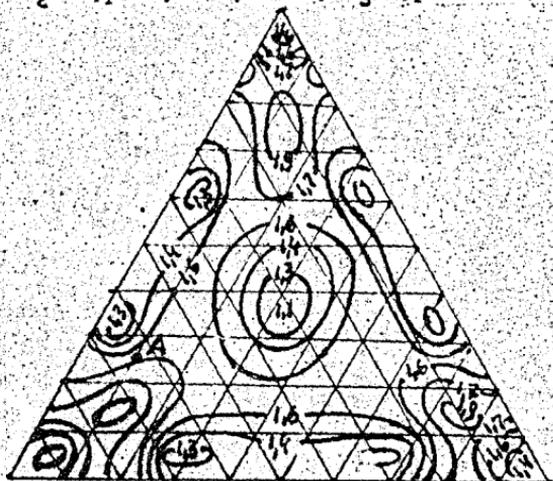


Рис. 2. Изолинии 95%-ных доверительных интервалов для определения пустотности трехфракционной смеси песка.

равных смесей, ограниченных проекциями линий равных значений, т.е. $Y = 28\%$. Рациональный фракционный состав одной области находится в пределах значений: $X_1 = 63 - 82\%$, $X_2 = 6 - 30\%$, $X_3 = 0 - 24\%$. Второй - $X_1 = 12 - 25\%$, $X_2 = 50 - 77\%$, $X_3 = 2 - 34\%$.

По данным диаграммы (рис. 1 и 2) можно установить пустотность смеси любого состава. Для этого первоначально определяется пустотность по диаграмме рис. 1. Например, в точке (А) состав трехфракционной смеси представлен фракциями: $X_1 = 28\%$, $X_2 = 62\%$, $X_3 = 10\%$ и имеет пустотность 30% . Затем из концентрационного треугольника (рис. 2) определяем ошибку предсказанного значения пустотности, которая в нашем примере с координатами точки (А) составляет $1,6\%$. Окончательно получаем $Y = 30 + 1,6\%$.

В ы в о д ы

Результаты проведенных исследований по выбору наиболее рационального состава смеси песка при помощи симплекс-решетчатого планирования эксперимента позволяют осуществлять регулирование плотности цементно-песчаной смеси за счет корректирования фракционного состава песка. Это позволяет направленно влиять на становление структуры песчаного бетона в период ее упрочнения [5] и с большей точностью осуществлять прогнозирование долговечности песчаного бетона на стадии эксплуатации.

Л и т е р а т у р а

1. Рыбьев И.А. Общая теория и единая классификация строительных материалов на основе вяжущих веществ. "Строительные материалы", № 5, 1975.
2. Зединадзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. "Наука", М., 1976.
3. ГОСТ 10268-70, Заполнители для тяжелых бетонов. Технические требования.
4. Gogman J.W., Hinman J. *Technometrics*, 1962, v.4, №4, p.463.
5. Рыбьев И.А. Принципы теории долговечности строительных конгломератов. "Строительные материалы", № 9, 1978.