

Оптимизация факторов, влияющих на эффективность обработки пенобетонных смесей воздействием переменного электрического поля

Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, И.А. Серебряная, Ю.И. Гольцов,
Х.С. Явруян

Неавтоклавный пенобетон является одним из наиболее востребованных теплоизоляционных материалов в современном строительстве. Поэтому актуальной проблемой в технологии пенобетонных изделий становится возможность направленного структурообразования материала [1].

Эффективным способом улучшения физико-механических свойств пенобетонов является воздействие переменного электрического поля на пенобетонную смесь [2, 3, 4, 5].

На качество пенобетонных изделий оказывает влияние множество технологических факторов. Часть из них являются контролируемыми и регулируемыми, часть – контролируемыми, но нерегулируемыми, и часть воздействует на объект независимо от наших знаний о них.

По этой причине при производстве пенобетонных изделий наблюдается высокая неоднородность его физико-механических свойств. Поэтому, с целью оптимизации технологических факторов, влияющих на физико-механические характеристики изделий из пенобетонных смесей, обработанных воздействием переменного электрического поля, было применено математическое планирование эксперимента.

За переменные факторы были приняты следующие: X_1 – размер фракции используемого заполнителя (песок кварцевый), X_2 – подаваемое электрическое напряжение, X_3 – время обработки. Уровни варьирования факторов представлены в таблице 1. В качестве откликов были выбраны следующие характеристики готовых пенобетонных изделий:

Y_1 – прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа;

Y_2 – средняя плотность ρ , кг/м³;

Y_3 – коэффициент конструктивного качества (ККК), МПа.

Таблица № 1

Уровни варьирования факторов

№, п/п	Параметры	Факторы		
		X ₁	X ₂	X ₃
1	Нулевой уровень	0, 16 – 0,315 мм	20 В	1 мин
2	Интервал варьирования	–	10 В	0,5 мин

Из априорной информации [6, 7, 8] известно, что каждый из выбранных факторов в указанных интервалах варьирования может влиять на контролируемые параметры ($R_{сж}$, ρ , ККК) нелинейно, поэтому для описания системы был выбран полином второй степени:

$$y = f(x_i) = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

где: y – контролируемый параметр;

x_i – варьируемые факторы;

x_i, x_j – эффекты взаимодействия;

b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij} – коэффициенты уравнения регрессии.

Для решения поставленной задачи был выбран план Бокса-Бенкина В3 [9]. Матрица планирования эксперимента и значения откликов представлены в таблице 2.

Таблица №2

Матрица планирования эксперимента.

№ п/п	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	+	+	0	0,80	490	1,633
2	+	-	0	0,80	505	1,584
3	-	+	0	1,05	502	2,092
4	-	-	0	0,95	500	1,900
5	+	0	+	0,83	485	1,711
6	+	0	-	0,87	495	1,756
7	-	0	+	0,90	490	1,837
8	-	0	-	0,80	477	1,677
9	0	+	+	1,00	510	1,961
10	0	+	-	1,17	490	2,388

11	0	-	+	0,95	520	1,827
12	0	-	-	1,13	502	2,251
13	0	0	0	1,35	505	2,673
14	0	0	0	1,32	510	2,588
15	0	0	0	1,39	499	2,786

Расчет коэффициентов уравнений регрессий проведен с использованием программы MS Excel по нижеприведенным расчетным формулам.

Оценка значимости коэффициентов уравнения и адекватности полученных моделей проводилась в соответствии с [10].

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица №3

Значения коэффициентов уравнения регрессии

Вид отклика	B_0	B_1	B_2	B_3	B_{12}	B_{13}	B_{23}	B_{11}	B_{22}	B_{33}
$R_{сж}$, МПа	1,35	-0,5	0,24	-0,36	-0,25	-0,35	0,03	6,05	8,17	7,67
ρ , кг/м ³	5	0,08	-0,44	0,51	-0,43	-0,58	-0,05	49	50,4	49
ККК, МПа	0,27	-0,1	0,064	-0,092	-0,04	-0,05	-0,01	1,26	1,63	1,57

Выводы.

1. Для всех рассматриваемых параметров (ККК, $R_{сж}$, ρ) влияние технологических факторов носит нелинейный характер.

2. Максимальное влияние на прочность пенобетона оказывает фактор X_1 (размер фракции зерен заполнителя), причем при переходе от фракции <0,16 мм к 0,315 – 0,63 мм прочность пенобетона уменьшается.

Влияние всех факторов в данных опытах взаимозависимо, так как все эффекты взаимодействия (b_{ij}) отличны от нуля. Наибольшее влияние оказывают совместное влияние факторов (X_1X_3 и X_1X_2). Причем прочность пенобетона будет возрастать в случае одновременного увеличения одного из факторов и уменьшения другого.

3. Максимальное влияние на плотность пенобетона оказывает время обработки (X_3) и подаваемое электрическое напряжение (X_2). Причем с увеличением времени обработки от 0,5 до 1,5 минут плотность пенобетона увеличивается. Совместное влияние контролируемых факторов показывает, что наибольшее воздействие на плотность пенобетона оказывают сочетания факторов X_1X_2 и X_1X_3 .

4. Влияние факторов и характер этого влияния на коэффициент конструктивного качества аналогичны их влиянию на прочность, что логично, так как ККК связан с прочностью прямо пропорциональной зависимостью.

Литература:

1. Портник А.А. Все о пенобетоне. – СПб.: 2003. – 224 с.
2. Щербань Е.М., Ткаченко Г.А., Гольцов Ю.И., Стельмах С.А. О влиянии обработки пенобетонной смеси переменным электрическим полем на свойства пенобетона [Электронный ресурс] // «Современные проблемы науки и образования», 2012, №1 – Режим доступа: <http://science-education.ru/101-5445> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Щербань Е.М., Гольцов Ю.И., Ткаченко Г.А., Стельмах С.А. Рецептурно-технологические факторы и их роль в формировании свойств пенобетонов, полученных из смесей, обработанных переменным электрическим полем [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, № 3 – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/899> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Гольцов Ю.И., Щербань Е.М., Стельмах С.А., Явруян Х.С. Обработка пенобетонной смеси переменным электрическим полем как фактор улучшения конструкционных свойств пенобетонов [Электронный ресурс] // «Наукоеведение», 2012, №4 – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/11rgsu412.pdf> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Мальцев В.Т., Ткаченко Г.А., Мальцев Н.В. О некоторых физико-химических методах воздействия на формирование структуры пенобетонов и их свойства [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, № 1 – Режим доступа: [http:// ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/726](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/726) (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6. Роговенко Т.Н., Серебряная И.А., Топилин И.В. Основы теории надежности и планирования эксперимента учебное пособие [Текст]. Учебное пособие. – Ростов-н/Д: Рост гос строит. ун-т, 2006 – 176 с.

7. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. – New York (USA): Freeman, 1983. – 480p.

8. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях [Текст]. – М: Статистика, 1974 г – 192 с.

9. Currie R.J. Reinforced autoclaved aerated concrete planks designed before 1980. -Garston; Watford, 1996. – 8 p.: illInformation paper/Building research establishment(Garston/Watford);10/96).

10. Серебряная И.А., Налимова А.В. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Математическое планирование эксперимента» [Текст]. – Ростов-н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2008, 19 с.