

неблагоприятных условиях эксплуатации, требует внедрения мероприятий по повышению долговечности этих конструкций. Долговечность железобетонных конструкций часто оказывается недостаточной вследствие проницаемости бетона.

Одним из путей снижения проницаемости бетона и придания железобетонным конструкциям стойкости к действию агрессивных сред является пропиточная изоляция бетона.

Практически во всех выполненных до настоящего времени исследованных защитных свойствах пропиточных изоляций железобетонных конструкций отсутствуют сведения о влиянии пропитанного изоляцией бетона на его способность длительно защищать стальную арматуру, в особенности в условиях хлоридной агрессивности. Поэтому изучение эффективности защитного действия пропиточной изоляции бетона на коррозионную стойкость арматуры сборных железобетонных конструкций, работающих в условиях хлоридной агрессивности, является актуальным.

На основании результатов исследований влияния пропиточной изоляции бетона железобетонных конструкций определена длительность защитного действия пропитанного бетона по отношению к стальной арматуре. Для этого использована зависимость скорости диффузии хлоридов от корня квадратного из времени.

Результаты выполненных исследований использованы при составлении "Рекомендаций по подбору составов и применению пропиточной изоляции бетона для защиты арматуры железобетонных конструкций, работающих в условиях хлоридной агрессивности".

---

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

#### ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПЕСЧАНЫХ БЕТОНОВ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Одной из важнейших задач в исследовании долговечности песчаных бетонов является разработка путей и методов получения оптимальных структур бетона [1]. Однако множество управляемых и неуправляемых технологических факторов и много-

стадийность процесса формирования структуры песчаного бетона существенно усложняют задачу. Упростить ее решение можно путем исследования каждой стадии технологического процесса производства отдельно, а также путем подготовки исходных данных для выбора оптимальных решений методами планирования и анализа эксперимента.

Нами исследовался один из технологических процессов, оказывающих существенное влияние на структурообразование песчаного бетона, - режим его гидротермальной обработки.

Цель исследования - выявление интерполяционной модели, позволяющей осуществить корректирование основных факторов гидротермальной обработки песчаного бетона для обеспечения становления оптимальной структуры искусственного конгломерата в период интенсификации его твердения. В качестве критерия оптимизации математической модели принята прочность при изгибе песчаного бетона ( $V$ ). В качестве факторов приняты: продолжительность предварительной выдержки бетона перед пропаркой ( $X_1$ ), продолжительность гидротермальной обработки ( $X_2$ ) и температура изотермического прогресса бетона ( $X_3$ ). Все остальные технологические факторы фиксировались на одном уровне. Для реализации эксперимента был выбран полный факторный план (линейная модель),  $N = p^k$  [2].

Интервалы варьирования и уровни факторов приведены в табл. I.

Таблица I

Условия эксперимента

Обозначения	$X_1$	$X_2$	$X_2$	$X_3$	$X_3$
	: физическое значение, час	: код: значение	: физическое значение, час	: код: значение	: физическое значение, час
Основной уровень	4	0	10	0	80
Интервал варьирования	2	-	4	-	15
Верхний уровень	6	+I	14	+I	95
Нижний уровень	2	-I	6	-I	65

Остальные технологические факторы: В/Ц, режим уплотнения и др. принимались на одном уровне, т.е. постоянными. Состав це-

ментно-песчаной смеси 1:3, В/Ц=0,4, портландцемент М 400 Волковосского завода, песок из местных карьеров с  $M_x = 2,35$  2,47. Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в табл. 2, где  $\bar{Y}$  - среднее двух параллельных наблюдений.

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Код	Ф а к т о р ы			Значение отклика ( $\bar{Y}$ ), МПа
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	
1	(I)	-	-	-	4,8
2	а	+	-	-	5,6
3	в	-	+	-	5,5
4	ав	+	+	-	5,7
5	с	-	-	+	5,1
6	ас	+	-	+	5,9
7	ов	-	+	+	5,9
8	авс	+	+	+	6,5

В результате реализации плана и его обработки получена следующая математическая модель эксперимента в натуральных переменных:

$$Y = 3,4 + 0,35 X_1 + 0,09 X_2 + 0,03 X_3 - 0,09 X_1 X_2 - 0,001 X_1 X_3 + 0,0002 X_2 X_3 + 0,0003 X_1 X_2 X_3 \dots (I)$$

Проверка показала, что полученная модель адекватна, все коэффициенты уравнения регрессии являются значимыми. Границы доверительных интервалов для истинных коэффициентов регрессии (I) находились по формуле:

$$B_i - t_{\alpha, f} S(B_i) \leq \beta_i \leq B_i + t_{\alpha, f} S(B_i)$$

где  $t_{\alpha, f}$  - t-критерий;

$B_i$  - значение  $i$ -го коэффициента регрессии с кодированными переменными ( $X_i$ );

$S(B_i)$  - ошибка в вычислении коэффициента регрессии с кодированными переменными;

$\beta_i$  - значение коэффициентов регрессии с натуральными переменными ( $X_i$ ).

Расчеты показали, что 95% доверительные интервалы для  $\beta_i$  имеют следующие значения:

$$v_i - 0,018 < \beta_i < v_i + 0,018,$$

т.е. истинное значение коэффициента  $\beta_i$  регрессии (I) накрывается этим интервалом с вероятностью 0,95.

Для выявления влияния исследуемых технологических факторов гидротермальной обработки песчаных бетонов на его структуру и осуществление интерпретации полученной функциональной зависимости, выраженной математической моделью (I), была построена номограмма (см. рис.). Данные для построения номограммы были взяты из полученных опытов эксперимента и сведены в табл. 3.

Таблица 3

Табличная ячейка значений  $Y$  (МПа) с тремя входами ( $X_1, X_2, X_3$ )

	$X_3$	65	95
$X_1$		2	6
$X_2$		4,6	5,6
		5,5	5,7
		5,1	5,9
		5,9	6,5

Таблица содержит восемь значений (функции отклика  $Y$  (см. табл. 2)). Построение номограммы из выравненных точек с тремя входами выполнено при помощи ЭЦММ "Цари-2" [3].

Номограмма представлена двумя параллельными равномерными шкалами  $X_1$  и  $Y$  и бинарным полем ( $X_2, X_3$ ), которое состоит из двух семейств кривых  $\lambda_2, \lambda_3$ , образующих друг на друге проективные шкалы. Ответ по номограмме находится при помощи наложения линейки. Стриховой линией показано решение числового примера ( $Y = 5,7$  МПа; при  $X_1 = 44, X_2 = 114, X_3 = 80^\circ\text{C}$ ).

Полученная номограмма эксперимента содержит значительно большую емкость информации чем зависимость (I), главным образом, за счет интерпретации по переменным на шкале  $X_1$  и бинарном поле ( $X_2, X_3$ ).

Таким образом, полученная математическая модель и построенная на ее основе номограмма позволяют выявить рациональный режим гидротермальной обработки и направленно их регулировать с целью обеспечения оптимальной структуры песчаного бетона.

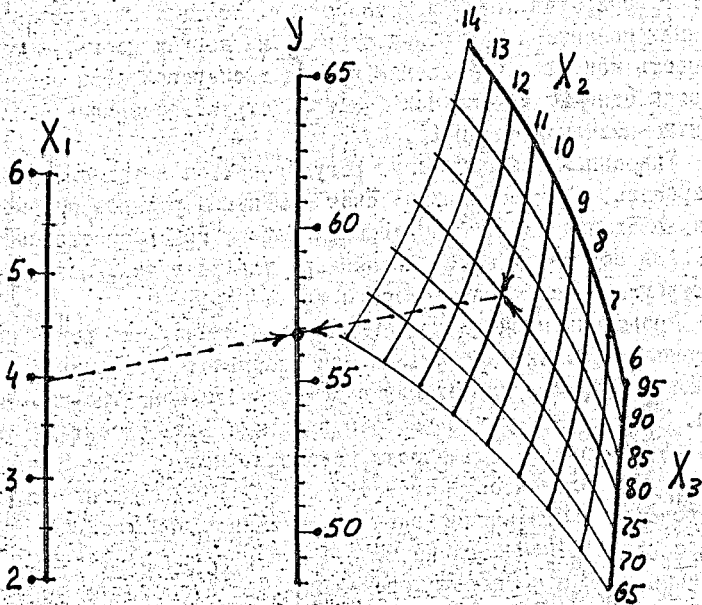


Рис. Номограмма из выравненных точек с параллельными шкалами  $X_1$  и  $Y$  и бинарным полем ( $X_2, X_3$ ) для функции  $Y = (X_1, X_2, X_3)$ .

Л и т е р а т у р а :

1. Рыбьев И.А. Принципы теории долговечности строительных конгломератов, Строительные материалы, № 9, 1978.
2. Хартман К. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов, М., "Мир", 1977.
3. Хованский Г.С. Номография и ее возможности, М., "Наука", 1977.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ

Согласно теоретическим основам искусственных строитель-