

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ ЦЕМЕНТО – ПЕСЧАНОГО РАСТВОРА ОТ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ ЗАТВОРЕНИЯ

Андрей Истру, Петру Талпа

Технический Университет Молдовы

ABSTRACT

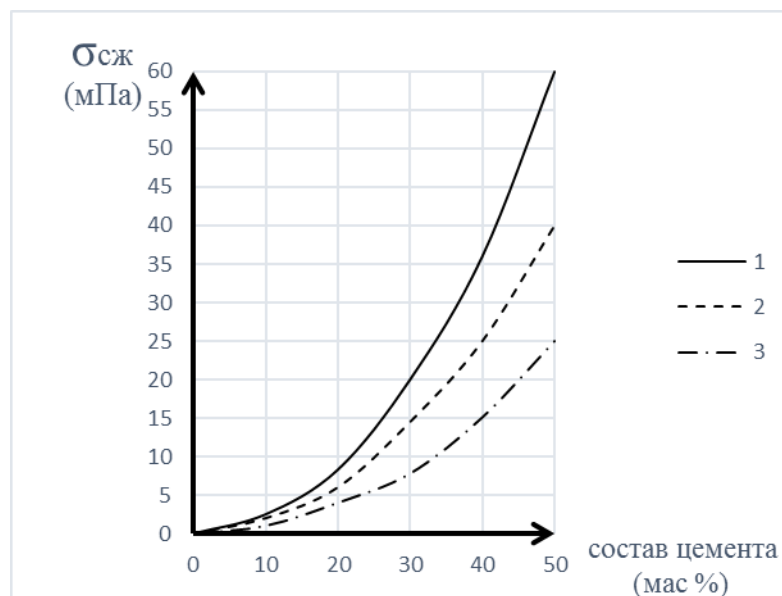
The mathematical model that adequately describes influence technological factors (binder content, time of water structuring and time of mixture structuring) obtained using mathematical method of experiment planning on the resistant characteristics of concrete.

Решение авторами было установлено, что вода прошедшая структуризацию под воздействием микролептонного генератора оказывает ощутимое влияние на прочность цемента-песчаного раствора ею затворённого. На рис. 1 представлены кривые изменения прочности данного раствора в зависимости от содержания цемента и времени структурирования воды.

Характер кривых экспоненциальный, что говорит о том, что время структуризации ощутимо влияет на прочность раствора.

В связи с чем было принято решение используя математические методы планирования экспериментов, получить формулу, по которой можно было определить состав и свойства цемента-песчаных дорожных покрытий.

Эксперимент составил по 3-х факторному плану «Бокса-Бенкена[1]». Ниже в таблице 1 приведён 3-х факторный план и данные по прочности сжатия образцов.



1. Время структуризации воды 10 мин.
2. Время структуризации воды 20 мин.
3. Время структуризации воды 10 мин.

Рис. 1. Зависимость прочности сжатия цементно-песчаного твёрдого раствора от содержания цемента и времени структуризации воды (через 28 суток твердения на воздухе).

Таблица 1

№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ ²	X ₂ ²	X ₃ ²	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	σ _{сж} Мпа
1	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	0	0	50
2	+1	-1	0	+1	+1	0	-1	0	0	35
3	-1	+1	-	+1	+1	0	-1	0	0	20
4	-1	-1	0	+1	+1	0	+1	0	0	14
5	+1	0	+1	+1	0	+1	0	+1	0	50
6	+1	0	-1	+1	0	+1	0	-1	0	40
7	-1	0	+1	+1	0	+1	0	-1	0	18
8	-1	0	-1	+1	0	+1	0	+1	0	20
9	0	+1	+1	0	+1	+1	0	0	+1	34
10	0	+1	-1	0	+1	+1	0	0	-1	32
11	0	-1	+1	0	+1	+1	0	0	-1	22
12	0	-1	-1	0	+1	+1	0	0	+1	20
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31

Здесь: X_1 – содержание цемента

-1 - 20%;

0 - 35%;

+1 - 50%;

X_2 – время структуризации воды затворения

-1 – 0 час;

0 – 0,5 час;

+1 – 5,0 час;

X_3 – время воздействия микрелептонного генератора на свежеприготовленные образцы цемента-песчаного раствора

-1 – 0 час;

0 – 2,5 час;

+1 – 5,0 час;

Расчёт коэффициентов уравнения проводится следующим образом.

$$b_0 = \sum_{13}^{15} \sigma_{сж} : 3$$

$$b_i = 0,125(i\sigma_{сж})$$

$$b_{ij} = 0,25(ij\sigma_{сж})$$

$$b_{ii} = 0,125(ii\sigma_{сж}) + \rho_3, \text{ где}$$

$$\rho_3 = \rho_1 + \rho_2, \text{ здесь}$$

$$\rho_2 = -0,0625 \sum (ii\sigma_{сж})$$

$$\rho_1 = \frac{b_0}{z}$$

В результате расчётов получено следующее уравнение:

$$\sigma_{сж} = 30 + 12,9x_1 + 6,3x_2 + 1,5x_3 + 1,5x_1^2 - 1,0x_2^2 + 0,1x_3^2 + 2,3x_1x_2 + 3,0x_1x_3 + 0x_2x_3 \quad (1)$$

Проверка адекватности уравнения приводилось для каждого опыта плана показавшая, что уравнение имеет ошибку, вписывающуюся в 10% уровень значимости. Поэтому можно утверждать, что полученное уравнение реально описывает прочность на сжатие цемента-песчаного раствора.

А теперь можно посмотреть на реальную картину изменения прочности образцов при варьировании фактора X_2 – времени структурирования воды.

Например, при $X_1=X_3 = -1$ и $X_2 = \text{var}$ получаем, что при $X_2=-1$, т.е. отсутствия структурирования воды получаем $\sigma_{сж}=15,2$ Мпа; при $X_2=0$, т.е. время структурирования равно 30 мин. $\sigma_{сж}=20,2$ Мпа; при $X_2=+1$; т.е. время структурирования составляет 1 час, $\sigma_{сж}=23,2$ Мпа.

Эти данные показывают, что прирост прочности при изменении X_2 от -1 до 0 составляет $\frac{20,2-15,2}{15,2} \cdot 100\% = 32,9\%$.

При изменении X_2 от 0 до +1 составляет $\frac{23,2-15,2}{15,2} \cdot 100\% = 52,6\%$, а общий прирост прочности при изменении X_2 от -1 до +1 составляет $\frac{23,2-15,2}{15,2} \cdot 100\% = 52,53\%$.

Построим график изменения прочности на сжатие образцов состава цемент-песок-вода затворения, при содержании цемента 20%, (рис.2)

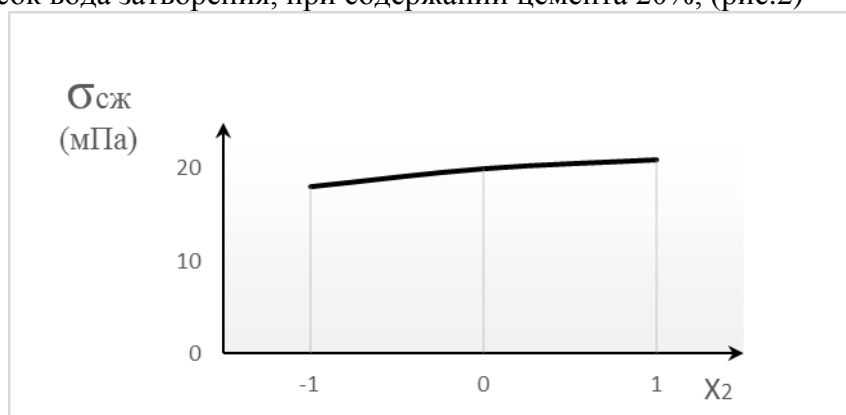


Рис. 2 Зависимость прочности на сжатие образцов состава цемент-песок-вода затворения при изменении времени её структурирования и отсутствием режима структурирования свежего образца ($X_3=-1$)

Визуализация влияния показывает, что рост прочности образца при изменении X_2 от -1 до 0 идёт по более крутой кривой, чем при изменении X_2 от 0 до +1, т.е. реальное время структуризации воды можно ограничить 45 мин. При $X_2=45$ мин $\sigma_{сж}=22$ мПа.

А теперь построим график изменения прочности образца полученного при $X_1=+1$; $X_3=-1$ и $X_2=var$ (см. рис. 3)

Характер кривой такой же, как и на рис.2 отличие лишь в значениях прочности. Поэтому и в этом случае можно ограничить время структурирования воды затворения 50 мин. При этом прочность составляет 45 мПа.

И, наконец, последняя формула (1) позволяет вычислить максимально-возможную прочность образца. Она достигается при $X_1=+1; X_2=+1; X_3=+1$ составляет 52,34 мПа, что вписывается в ошибку

эксперимента. Фактор 3 оказывает также положительное влияние как он способствует сокращению схватывания образцов.

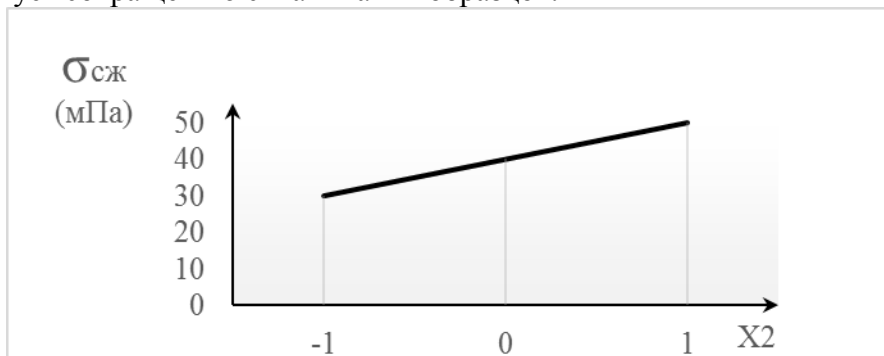


Рис.3 Зависимость прочности на сжатие образцов состава цемент-песок-вода затворения при изменении времени её структурирования и отсутствия режима структурирования свежего образца ($X_3=-1$)

Выводы:

1. Получено уравнение, описывающее изменения прочности цемента-песчаного твёрдого раствора в зависимости от времени структурирования воды затворения и времени микролептонного воздействия на свежий раствор.
2. Экспериментально доказано, что структурированная вода затворения оказывает большое влияние на увеличение прочности образцов состава цемента-песок-вода.
3. Экспериментально доказано, что наибольшая скорость набора прочности образцов достигается в интервале 0-30 мин.
4. Экспериментально установлено, что микролептонное воздействие сокращает время схватывания свежего цемента-песчаного раствора.

Литература:

1. Box G.E. Behnken D.W. *Some New Three Level Basing for the Study of Quantitative Variables*, - Technometrics, V2, N4, 1960.