

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МАКСИМАЛЬНОГО ОБОБЩЕННОГО КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРОТУАРНЫХ БЛОКОВ

Ткальникова Д.М., Созонов Ю. И.

Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Украина

1. Введение. Технологии изготовления изделий должны реализовываться качественными технологическими системами (ТС), поскольку иногда отказ по одному из показателей качества может привести к браку. Выбор структуры и алгоритма управления качеством этих ТС не может быть осуществлен без предварительного моделирования. Полное математическое описание достаточно сложных ТС, как известно, является очень сложной задачей, и, поэтому, математическую модель разрабатывают для ключевых процессов системы на детерминированных или стохастических принципах в зависимости от природы и степени изученности процессов. Математические модели являются мощным инструментом познания реального мира. Они применяются для различных расчётов, управления процессами и системами, прогнозирования разных явлений и. д. Математические модели дают возможность открывать и предсказывать новые научные факты и закономерности. Применение математических моделей, в основном, сводится к определению значений некоторых величин по известным значениям других величин. Значение последних можно получить в результате наблюдений. Ранее определением параметров максимального обобщенного качества изготовления тротуарных блоков никто не занимался. Как известно, тротуарный блок - заранее изготовленный железобетонный элемент, предназначенный для устройства тротуара на мосту.

Целью работы является определение оптимальных основных параметров максимального обобщенного качества изготовления тротуарных блоков, что позволит изготавливать максимально качественные тротуарные блоки.

Методами исследования являются статистические методы и методы математического анализа, а именно - функция желательности Харрингтона, нелинейная корреляционная зависимость 2-го порядка и решение задачи экстремума функции нескольких переменных.

2. Тротуарные блоки и их изготовление. Тротуарные блоки изготавливают кассетным способом. Суть этого способа заключается в том, что формование изделий происходит в вертикальном положении в стационарных разъемных групповых металлических формах-кассетах, в которых изделия находятся до приобретения бетоном заданной прочности. Рабочее звено, занятое в производстве изделия, перемещается от одной кассетной установки к другой, что при соответствующем числе форм позволяет осуществлять непрерывный производственный поток.

В кассетных установках применяют подвижные бетонные смеси с осадкой конуса 7-9 см и выше с предельной крупностью заполнителя 20 мм.

Изготовление изделий производят следующим образом. После очистки, смазки и сборки кассетных установок в формовочные отсеки устанавливают арматурные каркасы и закладные детали, затем заполняются бетонной смесью. Уплотнение бетонной смеси осуществляют вибрацией. В зависимости от конструкции кассетной установки вибрация бетонной смеси может передаваться через арматурный каркас, виброгребенку, путем вибрации внутренних разделительных стенок, а также за счет вибрации днища отсека кассетной формы.

После уплотнения верхнюю поверхность отформованных изделий заглаживают и покрывают крышками, матами или полимерными пленками в целях предотвращения испарения влаги из бетона во время тепловой обработки.

Установки складывающимся сердечником предназначены для формования и термообработки объемных элементов лифтовых шахт, секций коллекторов и пешеходных переходов. Цикл изготовления изделий составляет 6 часов. Одновременно могут формироваться 2 элемента.

Отличительной особенностью установок для изготовления объемных элементов является наличие складывающихся сердечников, выполняющих функции внутренних формообразующих элементов. В рабочем состоянии конфигурация сердечников отвечает форме и размерам внутреннего очертания изделия. В этом положении осуществляется формование и тепловая обработка изделий. Уплотнение бетонной смеси осуществляется с помощью навесных вибраторов. По окончании тепловой обработки сердечник с помощью крана извлекается из изделия, при этом его формообразующие элементы (стенки) складываются автоматически. Кинематика механизма сердечника обеспечивает при распалубке беспрепятственный вывод из изделия закрепленных на его стенках формообразующих элементов.

К тротуарным плитам предъявляется целый комплекс повышенных требований, которым наилучшим образом соответствуют именно железобетонные тротуарные плиты, а не сплошное асфальтирование. Тротуарное покрытие должно совмещать высокую функциональность, эстетичность внешнего вида, подлежать быстрому и несложному фрагментарному ремонту.

Предъявляются жесткие требования по морозостойкости (не менее 200 циклов замораживания и оттаивания), прочности (не менее 30 Мпа), водопоглощение (не более 7%) и истираемости (не более 0,8 г/см²). Поэтому создание материала требуемого качества начинается с подбора необходимых качественных материалов для его изготовления.

Контроль качества тротуарных блоков производят в соответствии с ГОСТ 17608-91 «Плиты бетонные тротуарные» [2]. Прочность контролируют по ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» [3], морозостойкость - ГОСТ 10060 «Бетоны. Методы контроля морозостойкости» [4], водопоглощение - ГОСТ 12730.0 «БЕТОНЫ. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости» [5], истираемость - ГОСТ 13015.0 «Конструкции изделия бетонные и железобетонные» [6], ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости» [7].

3.Обобщенный показатель качества тротуарных блоков. Обобщенный показатель качества тротуарных блоков будем рассчитывать с помощью функции желательности Харрингтона [1]. В основе построения обобщенной функции лежит идея преобразования полученных значений показателей свойств (в различных единицах измерения) в безразмерную шкалу желательности.

Стандартные отметки по шкале желательности

Желаемая оценка	Отметки по шкале желательности
Очень хорошо	1,00-0,80
Хорошо	0,80-0,63
Удовлетворительно	0,63-0,37
Плохо	0,37-0,20
Очень плохо	0,20-0,00

Для определения обобщенного показателя качества тротуарных блоков, сводим в одну таблицу все имеющиеся показатели качества (прочность на сжатие, влагопоглощение, истираемость и морозостойкость), каждая в объёме 50 экспериментов. Затем находим границы, максимальные и минимальные значения каждого показателя. Узнав мнения 5 экспертов по каждому показателю, можно сделать такие выводы:

Максимальное/ минимальное	Прочность Мпа (кгс/см ²);	Истираемость г/см ²	Водопоглощение %	Морозостойкость Мпа (кгс/см ²);
max	420	0,79	6,2	980
min	150	0,3	4,2	5

Имея измеренные значения каждого показателя, равное K_i , и границы каждого показателя качества, которые есть концы отрезка $[A;B]$, можно найти величины деления отрезка в данном отношении. Тогда, если обозначить через λ это отношение, в котором точка C делит отрезок $[A;B]$, то

$$\lambda_i=(K_i-A)/(B-K_i),$$

где K_i - измеренная величина; A - минимальное значение; B - максимальное значение.

С помощью программы Microsoft Excel были рассчитаны $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$.

Далее рассчитываем аргументы функции желательности Харрингтона X_i по формуле: $X_i=(-3+3\lambda_i)/(1+\lambda_i)$, с помощью программы Microsoft Excel.

Значение функции Е. К. Харрингтона – так называемую «кривую желательности» рассчитываем по формуле $Y_i = \text{EXP}(-\text{EXP}(-X_i))$

С помощью программы Microsoft Excel по формуле $K_i = \frac{\sum_{i=0}^n Y_i}{n}$, где $n=50$, находим обобщённый показатель качества K_i .

4. Оптимальные показатели максимального качества тротуарных блоков. Для решения оптимальной задачи линейная корреляционная модель нам не подходит, поэтому используем нелинейную корреляционную зависимость второго порядка по четырём параметрам X_1 – прочность; X_2 – истираемость; X_3 – водопоглощение; X_4 – морозостойкость.

По построенной программе в системе Maple записываем квадратичное нелинейное уравнение второго порядка

$$y_1 = -5,964986879 - 0,00001247069768 x_1^2 + 0,003463410079 x_1 - 3,378627324 x_2^2 + 2,089492925 x_2 - 0,1752346233 x_3^2 + 1,900526227 x_3 - 0,7666006236 \cdot 10^{-6} x_4^2 - 0,0006560613637 x_4 + 0,005665173694 x_1 x_2 + 0,0002161011950 x_1 x_3 + 0,1180892940 \cdot 10^{-5} x_1 x_4 + 0,0008783980614 x_2 x_4 + 0,0001588897448 x_3 x_4$$

где найдены свободный член, линейные коэффициенты и коэффициенты двойного взаимодействия.

С помощью построенной программы в системе Maple были найдены оптимальные параметры качества бетона, при котором обобщённое качество будет максимальным.

X_1 - прочность при значении 416,645 Мпа (кгс/см²);

X_2 - истираемость при значении 0,78 г/см²;

X_3 - водопоглощение при значении 6,1229 %;

X_4 - морозостойкость при значении 977,6326 Мпа (кгс/см²);.

На рисунках 1,2,3,4,5,6 приведены графики зависимости обобщённого качества тротуарных блоков при оптимальных двух других параметрах.

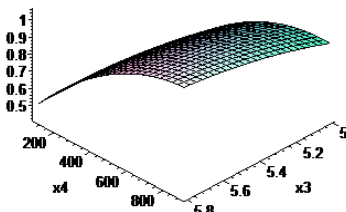


Рис.1 Водопоглощение и морозостойкость

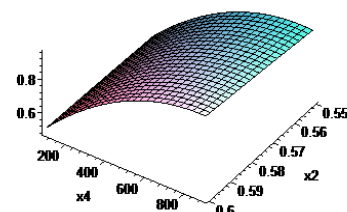


Рис.2 Морозостойкость и истираемость

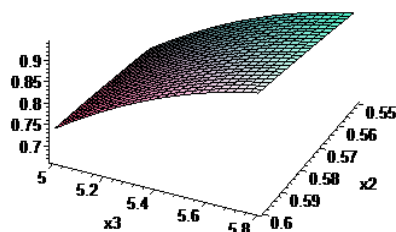


Рис.3 Водопоглощение и истираемость

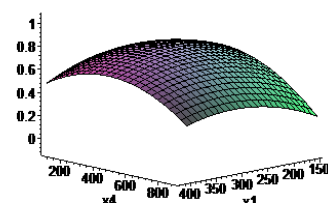


Рис.4 Прочность и морозостойкость

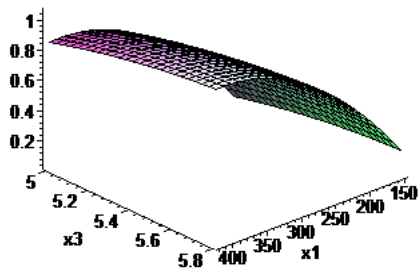


Рис.5 Прочность и водопоглощение

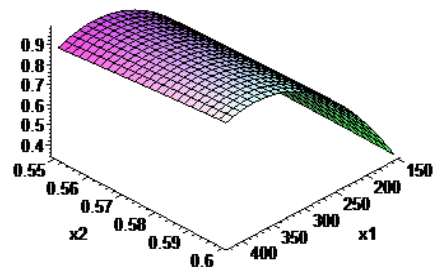


Рис.6 Прочность и истираемость

Выводы.

1. С использованием функции желательности Харрингтона найдена обобщённая функция качества тротуарных блоков.
2. Построена четырёхпараметрическая модель обобщённого качества второго порядка, с помощью которой определены с максимальным качеством прочность, морозостойкость, водопоглощение и истираемость.
3. Теоретические и практические результаты исследований могут быть использованы на ПАТ «Мостострой № 27».

Список литературы:

1. Харрингтон (Harrington E.C.) Chem. Engng. Progr. 1963, №59 с. 132 – 147.
2. ГОСТ 17608-1991. Плиты бетонные тротуарные. Технические условия [Тескт]. – Введ. 1992-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1991. 23с. : ил. 29см ;
3. ГОСТ 10180-1990. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Тескт]. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 20с. : ил. 28см ;
4. ГОСТ 10060-1995 «Бетоны. Методы контроля морозостойкости. Общие требования [Тескт]. – Введ. 1996-09-01. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 7с. : ил. 28см ;
5. ГОСТ 12730.0-1996. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости [Тескт]. – Введ. 1996-09-01. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 7с. : ил. 28см ;
6. ГОСТ 13015.0-1983. Конструкции изделия бетонные и железобетонные. Общие технические требования [Тескт]. – Введ. 1984-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 22с. : ил. 28см ;
7. ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости. Общие технические требования [Тескт]. – Введ. 1981-09-01. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 22с. : ил. 28см ;