

Магистрант Филипенко Е. В.

Научный руководитель – Драгун Н. П.

Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого
г. Гомель

Цель исследования: установить количественную зависимость между реологическими параметрами формовочной смеси и её компонентным составом для разработки модели песчано-глинистой формовочной смеси.

Задачами исследования являются: 1)установить количественную зависимость между компонентным составом формовочной смеси и её деформацией, прочностью на срез; 2)разработать математическую модель песчано-глинистой формовочной смеси; 3)построение номограмм для управления процессом смесеприготовления на основе методов реологии; 4)создать алгоритм программы реализации полученной математической модели.

Оборудование и инструмент. В процессе проведения исследования для приготовления смеси применялся лабораторный смеситель (модель LM-2), весы лабораторные (модель ВЛК-500г-м ГОСТ 24104-88), уплотнение образцов из песчано-глинистой смеси для испытаний проводится тремя ударами копра лабораторного (модель L4). Анализ влажности проводили высушиванием проб до постоянного веса и последующим взвешиванием на электрических весах. Содержание активного бентонита в смеси оценивали по поглощению метиленового голубого красителя. Измерение образцов на сжатие и срез производилось на приборе для измерения прочности (модель 04116А).

В экспериментах использовалась смесь, близкая по составу к единой смеси, применяемой на РУП «Гомельский завод литья и нормалей». Такая смесь содержит 93,38-90% отработанной смеси; 6,1-7,8% кварцевого песка; 0,33-1,33% глины бентонитовой; 0,047-0,12% связующего КО; 0,01-0,026% крахмалита; 0,13-0,67% угля каменного молотого; воду техническую. Влажность готовой смеси 3,3-3,6%, содержание активного бентонита 6-11%.

Было принято решение в опытах изменять содержание влаги и бентонита, так как влияние этих факторов на свойства смеси по априорным данным определяющее и представляет собой особый интерес. Содержание бентонита изменялось от 6 до 12%, а влажность изменялась от 3 до 6%.

План эксперимента. Первоначально нами использовался дробный факторный план 2^2 для того, чтобы определить адекватность модели первого порядка, описывающей зависимость между долями компонентов смеси и её реологическими свойствами. В этой модели оба фактора комбинировались друг с другом на верхних и нижних значениях (всего имеется 4 комбинации).

Проведённое исследование показало, что модель первого порядка является адекватной только для некоторой узкой области значений факторов и неадекватной для всех значений факторов. То есть

зависимость между факторами и откликом является нелинейной. Поэтому нами в дальнейшем использовался центральный композиционный рототабельный план, в котором дисперсия отклика является постоянной во всех точках, одинаково удалённых от центра плана, а также модели первого и второго порядка.

Анализ экспериментальных данных проводился с помощью программы STATISTICA.

Прежде всего для свойств оценивалась адекватность модели второго порядка. При анализе деформации, получили, что статистически значимые эффекты имеют два линейных члена $B(L)$ и $W(L)$. Таким образом у нас имеется линейная зависимость между свойством и компонентами. Анализ линейной модели показал что данная модель представляется адекватной для описания отклика. Для прочности на срез статистически значимые эффекты дают как линейные, так и квадратичные члены. Так как такая зависимость является сложной для описания, для данного диапазона значений можно рассмотреть линейную модель. Оценка данной модели показала, что она является адекватной.

Далее были найдены регрессионные коэффициенты и получены зависимости $\epsilon=f(B,W)$ и $\tau=f(B,W)$.

Для визуализации зависимостей построены графики поверхностей отклика.

Таким образом, для исследуемой смеси математическая модель имеет вид:

- 1) при сжатии $\epsilon=592,380W-268,833B+15,751$;
- 2) при срезе $\tau=2,569 W+7,069B+0,243$

Полученная математическая модель показывает связь реологических параметров с основными компонентами состава формовочной смеси: содержание бентонита в формовочной смеси оказывает в 2 раза меньшее влияние на ее деформационные характеристики, чем влажность; содержание бентонита в формовочной смеси оказывает в 3 раза большее влияние на ее прочностные характеристики, чем влажность.

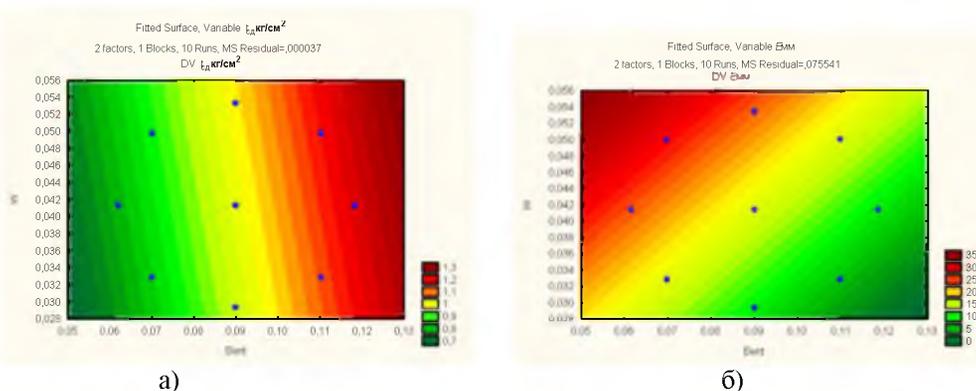


Рисунок 1 – зависимость деформации сжатия от влажности и содержания бентонита (а); зависимость предела прочности на срез от влажности и содержания бентонита (б).

На основе математической модели для современных смесеприготовительных систем, использующих ЭВМ, разработана программа для АСУ ТП смесеприготовления. Программа создана в системе программирования Delphi (рис.2). Она по известным свойствам смеси (τ, ϵ) и массе выдает процентное содержание бентонита в смеси и ее влажность. В соответствии с требуемыми свойствами смеси выдаются рекомендации для корректировки состава.

The screenshot shows a software window titled 'Требуемые свойства смеси' (Required mixture properties). It contains input fields for:
 - 'Введите массу смеси' (Enter mixture mass): 2000 кг
 - 'Введите прочность' (Enter strength): 0,73 кг/см²
 - 'Введите деформацию' (Enter deformation): 16 мм
 A 'Расчет' (Calculate) button is present.
 Below, under 'Характеристика свойств смеси' (Mixture properties characteristic), it shows:
 - 'Влажность смеси, %' (Mixture moisture, %): 2,6423
 - 'Содержание бентонита, %' (Bentonite content, %): 5,76230805
 A warning box states: 'Низкая прочность смеси; низкая влажность смеси!' (Low mixture strength; low mixture moisture!).
 Under 'Корректировка состава' (Composition adjustment), it shows:
 - 'Добавить' (Add): 25,6132882387 л воды (water)
 - 'Добавить' (Add): 77,6782678260 кг бентонита (bentonite)
 - 'Добавить' (Add): 0 кг песка (sand)

Рисунок 2 – Окно программы Delphi.

Использование данной программы в совокупности с установкой непрерывного автоматизированного контроля реологических свойств формовочных смесей позволит корректировать состав смеси в процессе смесеприготовления для обеспечения требуемых свойств.