

## ИЗМЕНЕНИЕ РЕОЛОГИИ ЖИДКОЙ ФАЗЫ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИЛА КАЛЬЦИЯ

**Попов О.А., Москалева К.М.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса)

У роботі розглянутий вплив компонентів ремонтних складів на основі гідроксила кальцію з додаванням меленого кварцового піску та цементу, на реологію їх рідкої фази. Як реологічні параметри розглянуті такі показники як ефективна в'язкість і темп руйнування при деформаціях зсуву.

В ходе проведения экспериментальных исследований, начало которых описано в [1], было изучено влияние варьируемых факторов ( $X_1$  – полимерный редиспергируемый порошок Vinnapas RI 554Z;  $X_2$  – суперпластификатор Hostapur;  $X_3$  – метилгидроксиэтилцеллюлоза Tylose), на жидкую фазу насыщенного раствора гидроксила кальция с добавлением молотого кварцевого песка в количестве 10м.ч. и клинкерного цемента в количестве 10 м.ч. Эксперимент проводился по D-оптимальному 15–ти точечному плану  $B_3$ . Исследования проводились на ротационном вискозиметре РПС-1М в широком диапазоне градиента скоростей  $0.045 \leq \dot{\gamma} \leq 5.705 \text{ c}^{-1}$

Для всех исследованных жидких фаз при малых скоростях сдвига подходило описание  $\ln \eta = \ln K + m \cdot (\ln \dot{\gamma})$ , что соответствует уравнению Оствальда - де Вилля  $\eta = K \cdot (\ln \dot{\gamma})^m$  [2]. Коэффициент  $K$  равен эффективной вязкости  $\eta$ , Па·с, при скорости сдвига  $\dot{\gamma} = 1 \text{ c}^{-1}$ , а показатель степени  $m < 0$  характеризует темп разрушения структуры при сдвиговых деформациях – чем выше  $|m|$ , тем менее устойчива структура жидкости при течении.

По результатам описания 15 исследуемых композиций уравнением Оствальда де Вилля построены неполные кубические модели 1-6. Модели темпа разрушения структуры  $|m|$  и эффективной вязкости  $\eta$  были получены при градиентах скорости сдвига  $\ln \dot{\gamma}'_1 = -2 \text{ c}^{-1}$  и  $\ln \dot{\gamma}'_2 = 1 \text{ c}^{-1}$ . Описанные ими поля реологических свойств жидкой фазы, приведены на рис. 1 и 2. Далее были получены модели разности  $|m|_1 - |m|_2$  и  $\eta_1 - \eta_2$ , описанные ими поля реологических свойств представлены в виде изоповерхностей на рис. 3.

При градиенте скорости сдвига  $\ln \dot{\gamma}'_1 = -2 \text{ c}^{-1}$  были получены экспериментально-статистические модели для темпа разрушения структуры  $|m|_1$  (1) и для эффективной вязкости  $\eta_1$  (2).

$$|m|_1 = 0.889 - 0.03x_1 \pm 0x_1^2 - 0.07x_1x_2 + 0.067x_1x_3 \pm 0x_1x_2x_3 - 0.06x_2x_3 + 0.037x_3 + 0.077x_3^2 \quad (1)$$

$$\eta_1 = 7.535 + 0.338x_1 \pm 0x_1^2 - 0.071x_1x_2 - 0.055x_1x_3 \pm 0x_1x_2x_3 + 0.051x_2 - 0.116x_2^2 \pm 0x_2x_3 + 0.852x_3 - 0.463x_3^2 \quad (2)$$

На рисунке 1 представлены поля реологических свойств жидкой фазы описанные моделями (1) и (2). На рисунке 1а показано влияние факторов состава на темп разрушения структуры  $|m|_1$ , а рисунок 1б показывает влияние компонентов жидкой фазы на эффективную вязкость  $\eta_1$ .

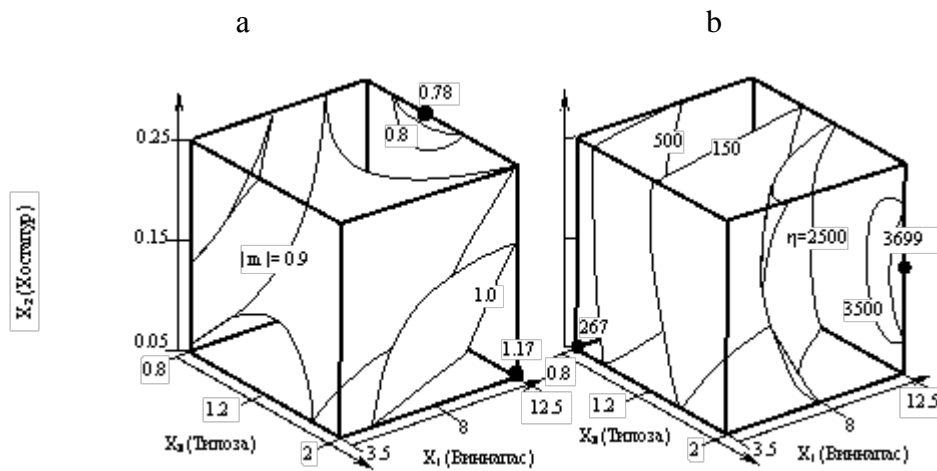


Рис. 1. Влияние факторов состава на реологические свойства жидкой фазы при  $\ln \gamma'_1 = -2 \text{ c}^{-1}$ , где: а – темп разрушения структуры  $|m|_1$ ;  
 б - эффективная вязкость  $\eta_1$ .

Проанализировав рис. 1а, можно сделать вывод, что темп разрушения структуры  $|m|_1$  изменяется в 1.5 раза (с 0.78 до 1.17). Наибольший темп разрушения структуры наблюдается у композиций с максимальным содержанием полимерного редиispersируемого порошка Vinnapas RI 554Z и максимальным содержанием суперпластификатора Hostapur OSB, а также при медианном уровне содержания Tylose. Наименьший темп разрушения структуры наблюдается у композиций с максимальным содержанием Tylose и редиispersируемого порошка Vinnapas RI 554Z, а также при минимальном содержании суперпластификатора Hostapur OSB. Наименьшее влияние на  $|m|_1$  оказывает введение добавки суперпластификатора Hostapur OSB. А максимальное и минимальное значения  $|m|_1$  достигаются с максимальным содержанием редиispersируемого порошка Vinnapas RI 554Z.

Представленные на рис. 1б изоповерхности эффективной вязкости  $\eta_1$  показывают, что по мере увеличения полимерного порошка Vinnapas, показатель эффективной вязкости увеличивается почти в 14 раз, с 267 до 3699 Па·с. Как видно из рисунка, 1б - показатель минимальной вязкости - находится в области, где все компоненты полимерной смеси находятся в минимальном количестве, а показатель максимальной вязкости - в области, где редиispersируемый порошок Vinnapas RI 554Z и Tylose находятся в максимальном количестве, а суперпластификатор Hostapur OSB - на среднем уровне.

Далее были получены экспериментально - статистические модели для темпа разрушения структуры  $|m|_2$  (3) и для эффективной вязкости  $\eta_2$  (4) при градиенте скорости сдвига  $\ln \gamma'_2 = -1 \text{ c}^{-1}$ .

$$|m|_2 = 0.765 \pm 0x_1 \pm 0x_1^2 + 0.046x_1x_2 + 0.044x_1x_3 - 0.029x_1x_2x_3 + 0.038x_2 - 0.028x_2^2 \pm 0x_2x_3 \pm 0x_3 \pm 0x_3^2 \quad (3)$$

$$\eta_2 = 4.604 + 0.394x_1 + 0.088x_1^2 - 0.115x_1x_2 - 0.153x_1x_3 + 0.112x_1x_2x_3 + 0.051x_2 - 0.177x_2^2 \pm 0x_2x_3 + 0.544x_3 \pm 0x_3^2 \quad (4)$$

На основе моделей (3) и (4) были построены изоповерхности отображающие влияние модификаторов на темп разрушения структуры  $|m|_2$  (рис. 2a) и эффективную вязкость  $\eta_2$  (рис 2b) при градиенте скорости сдвига  $\ln \dot{\gamma}'_2 = -1 \text{ c}^{-1}$ .

Как видно из рисунка 2a, темп разрушения структуры  $|m|_2$  изменился в 1.5 раза (с 0.58 до 0.84), как и  $|m|_1$ . Максимальное значение темпа разрушения структуры наблюдается в области, где все три компонента находятся на максимальном уровне, а минимальное значение – в области, где суперпластификатор Hostapur OSB и Tylose находятся на минимальном уровне, а релаксационный порошок Vinnapas RI 554Z находится в зоне максимума.

На основании анализа рисунка 2b, получено следующее - с увеличением всех 3 компонентов показатель эффективной вязкости увеличился в 2 раза (с 23 до 240 Па·с). Как минимальное, так и максимальное значения  $\eta_2$  расположены на тех же уровнях, что и для показателя эффективной вязкости  $\eta_1$ . Минимум этого показателя расположен в области, где все 3 компонента находятся в минимальном количестве, а показатель максимальной вязкости - в области, где релаксационный порошок Vinnapas RI 554Z и Tylose находятся в максимальном количестве, а суперпластификатор Hostapur OSB на среднем уровне.

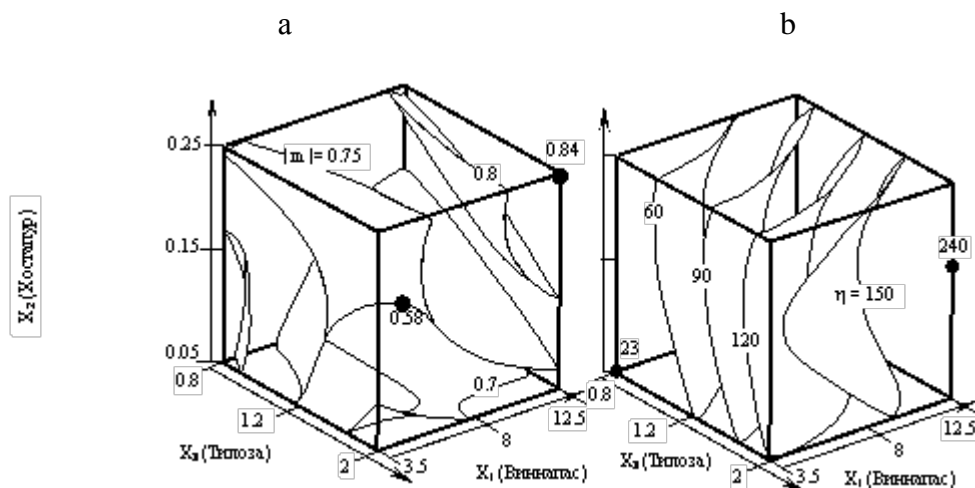


Рис. 2. Влияние факторов состава на реологические свойства жидкой фазы при  $\ln \dot{\gamma}'_2 = 1 \text{ c}^{-1}$ , где: а – темп разрушения структуры  $|m|_2$ ; б - эффективная вязкость  $\eta_2$

Для оценки степени изменения таких реологических показателей как  $|m|$  и  $\eta$  были получены экспериментально – статистические модели разницы темпов разрушения  $|m|_{1-2}$  и эффективной вязкости  $\eta_{1-2}$ . Построенные модели имеют следующий вид (5) и (6) соответственно.

$$\begin{aligned}
 |m|_{1-2} = & 0.124 - 0.03x_1 \pm 0x_1^2 - 0.116x_1x_2 + 0.023x_1x_3 + 0.029x_1x_2x_3 \\
 & - 0.038x_2 \\
 & + 0.028x_2^2 - 0.06x_2x_3 \\
 & + 0.037x_3 + 0.077x_3^2
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{1-2} = & 2.931 - 0.056x_1 - 0.088x_1^2 + 0.044x_1x_2 + 0.098x_1x_3 - 0.112x_1x_2x_3 \\
 & \pm 0x_2 \quad + 0.061x_2^2 \\
 & \pm 0x_2x_3 \quad + 0.308x_3 - 0.463x_3^2
 \end{aligned} \tag{6}$$

По полученным моделям были построены изоповерхности, показывающие, во сколько раз изменяются исследуемые реологические показатели при изменении модификаторов состава. На рис. 3 представлены полученные изоповерхности.

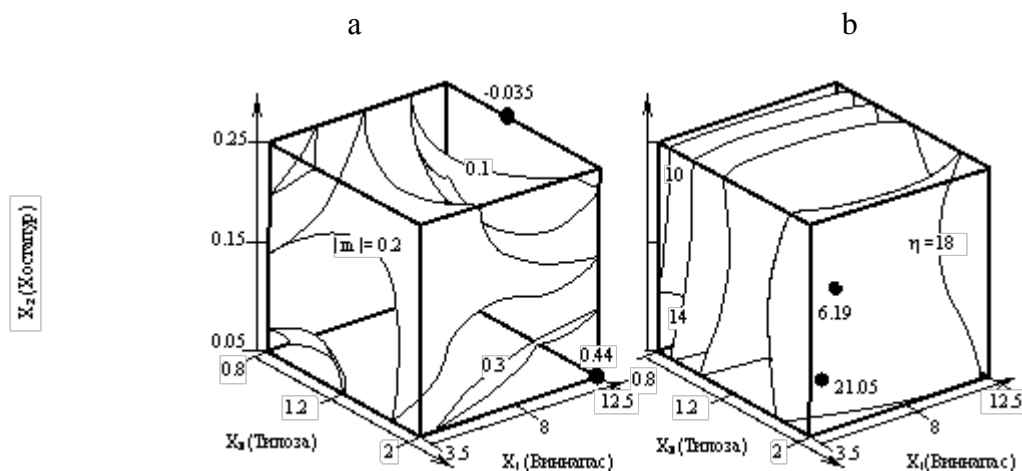


Рис. 3. Влияние факторов состава на изменение реологических свойств жидкой фазы, где: а – темп разрушения структуры  $|m|_{1-2}$ ;  
 б - эффективная вязкость  $\eta_{1-2}$

### Выводы

Как показывают изоповерхности, изображенные на рисунке 3а, темп разрушения наиболее чувствителен к изменению количества суперпластификатора Hostapur OSB. Наибольший темп разрушения структуры наблюдается у композиций с максимальным количеством редиспергируемого порошка Vinnapas RI 554Z и Tylose, и минимальным количеством суперпластификатора Hostapur OSB. Из рисунка 3б, видно, что изменение эффективной вязкости в большей степени зависит от количества метилцеллюлозы. При этом минимальное и максимальное значение данного показателя в значительной мере зависят от дозировки всех компонентов смеси.

### Литература

1. Антонюк Н.Р., Вознесенский В.А., Москалева К.М. Опыт моделирования реологических свойств жидкой фазы органоминеральных строительных смесей. Матер. Межд. Сем. МОК-47 «Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии». - Одесса, Астропринт. - 2008. -С.84-85.
2. Пищева Т.И. Оптимизация реологических и эксплуатационных свойств специальных штукатурных растворов их сухих смесей. Автореф. дис. канд. тех. наук. – Одесса, ОДАБА, 2002. – 17с.