

В.Г. Самойлик, С.Л. Хилько, Н.Г. Корженевская  
**МОДЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ ДИСПЕРСИЙ УГЛЯ  
И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОУГОЛЬНЫХ  
СУСПЕНЗИЙ НА ИХ ОСНОВЕ**

Исследована зависимость вязкости модельных водоугольных суспензий от концентрации твердой фазы и содержания в ней минеральных компонентов.

Установлено, что максимальная концентрация угля в суспензии зависит от вида и содержания минеральной составляющей.

Разработка технологии получения, трубопроводного транспорта и сжигания высококонцентрированных водоугольных суспензий (ВВУС) связана с необходимостью достижения максимально высокой массовой концентрации твердой фазы в смеси (не менее 63—65%) при сохранении текучести  $\psi \geq 1$  (Па·с)<sup>-1</sup> и стабильности суспензий.

Решение этой задачи во многом определяется характеристиками угля: степенью углефикации, свойствами поверхности, составом и количеством минеральных веществ в угле.

Ранее [1] был установлен различный характер влияния глинистых минералов и кварца, составляющих основу неорганической части ископаемых углей, на структурообразующую способность водоугольных суспензий и прочность их коагуляционных структур. Указанные параметры непосредственно связаны с текучестью и стабильностью водоугольного топлива.

Для определения зависимости между текучестью суспензии, составом и зольностью ее твердой фазы были приведены исследования на модельных дисперсных системах. Модельные системы готовили путем добавления к исходному углю смеси минеральных компонентов в заданных количествах.

В качестве исходного угля использовали смесь углей Кузбасса марок Д и ДГ, зольностью 3,0%, с бимодальным гранулометрическим составом: соотношение между фракциями крупностью 50—0 и 200—100 мкм соответствует 50:50. Неорганическая часть модельных систем была представлена кварцем и чистыми глинистыми минералами: каолинитом, монтмориллонитом, гидрослюдой.

Для разжижения и стабилизации водоугольных суспензий применяли модифицированные гуматы натрия. Расход химической добавки во всех опытах поддерживали на оптимальном уровне  $q = 1$  мас. %.

Текучесть ВВУС оценивали по величине эффективной вязкости, которую определяли на ротационном вискозиметре "Реотест-2" при скорости сдвига  $9 \text{ с}^{-1}$  ( $\eta_{\text{эф}} = 1/\psi$ ).

Исследования зависимостей эффективной вязкости водоугольных суспензий, приготовленных из угольных дисперсий с добавлением различных неорганических веществ, от массовой концентрации твердой фазы (рис. 1) позволили установить следующие закономерности.

С ростом концентрации твердой фазы вязкость ВВУС увеличивается, однако характер изменения функции  $\eta_{эф} = f(c_{тв})$  для различных систем неодинаков.

Вязкость водоугольных суспензий, приготовленных из исходного угля, плавно возрастает в диапазоне изменения концентраций от 63 до 68%. Тангенс угла наклона кривой к оси абсцисс составляет 0,84. Предельно допустимое значение вязкости  $\eta = 1$  Па·с достигается при  $c_{тв} = 67\%$ , что отвечает требованиям, предъявляемым к водоугольным топливам.

Аналогичный характер зависимости  $\eta_{эф} = f(c_{тв})$  наблюдается в системах, содержащих в твердой фазе добавки каолинита или кварца.

Наличие в ВВУС гидрослюда и монтмориллонита вызывает существенный рост вязкости суспензий при увеличении концентрации твердой фазы. Для суспензий

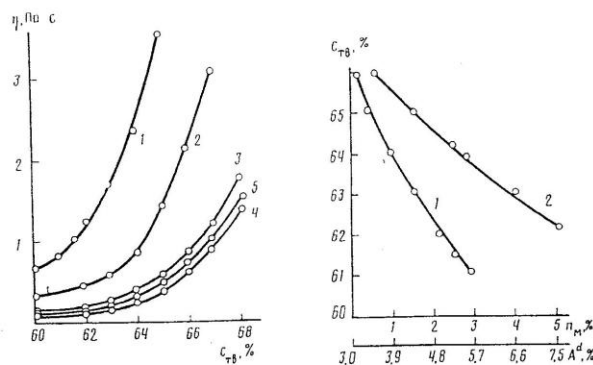


Рис. 1. Зависимость вязкости водоугольных суспензий от концентрации твердой фазы при наличии в ней 2,5% добавок минералов: 1 — монтмориллонита, 2 — гидрослюда, 3 — каолинита, 4 — кварца, 5 — без минеральных примесей

Рис. 2. Зависимость концентрации твердой фазы водоугольных суспензий при вязкости 1 Па·с от содержания в ней добавок монтмориллонита (1) и гидрослюда (2)

с добавками гидрослюда тангенс угла наклона кривой  $\eta_{эф} = f(c_{тв})$  составляет 2,75. Резкий рост вязкости начинается при  $c_{тв} = 63-65\%$ , а в системах с примесями монтмориллонита — при концентрациях твердого 60—61%.

Из представленных зависимостей (рис. 1) видно, что добавки 2,5 мас.% гидрослюда и монтмориллонита в угольные дисперсии препятствуют получению ВВУС с концентрацией твердой фазы более 64—65%. Вязкость  $\eta \leq 1$  Па·с в таких системах достигается при  $c_{тв} 64,5$  и  $61,5\%$  соответственно. В связи с этим практический интерес имеет определение границ содержания минеральных примесей, при которых могут быть получены суспензии с приемлемыми реологическими характеристиками.

На рис. 2 приведены зависимости предельно допустимых концентраций твердой фазы водоугольных суспензий от содержания в них монтмориллонита и гидрослюда. Точки на кривых соответствуют эффективной вязкости  $\eta = 1$  Па·с.

Видно, что увеличение содержания минералов в системе способствует снижению предельно допустимой концентрации твердой фазы. Эффект воздействия гидрослюда на текучесть ВВУС выражен несколько слабее, чем монтмориллонита. Одинаковые значения концентрации твердой фазы, например 63%, при предельных значениях вязкости могут быть получены в суспензиях,

содержащих 1,5 мас. % монтмориллонита или 3,8 мас. % гидрослюды. Дисперсные системы с добавками каолинита и кварца во всем исследуемом диапазоне концентраций имели вязкость, соответствующую требованиям, предъявляемым к ВВУС.

Различный характер влияния отдельных минералов на текучесть водоугольных суспензий предопределяет отличие в реологических свойствах ВВУС, неорганическая часть которых имеет различный минеральный состав. Исследование зависимости между составом твердой фазы и вязкостью дисперсных систем проводили на основании Д-оптимального симплекс-решетчатого плана типа (4.3) [3]. В качестве варьируемых параметров использовали содержание в

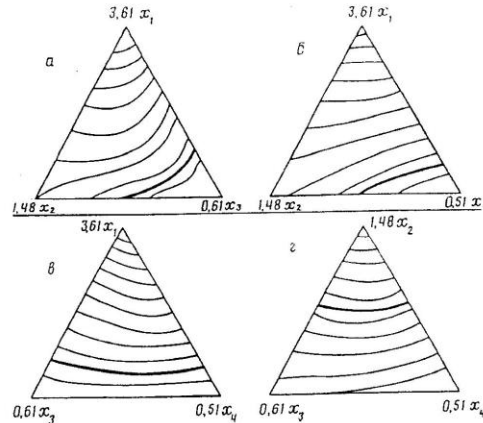


Рис. 3. Зависимость вязкости 65%-ной ВВУС от состава минеральной части твердой фазы с добавками: а — монтмориллонита, гидрослюды, каолинита; б — монтмориллонита, гидрослюды, кварца; в — монтмориллонита, каолинита, кварца; г — гидрослюды, каолинита, кварца

неорганической части ВВУС:  $x_1$  — монтмориллонита,  $x_2$  — гидрослюды,  $x_3$  — каолинита,  $x_4$  — кварца.

При концентрации твердой фазы 65% и содержании в ней минеральной добавки  $\mu_M = 2,5\%$  была получена математическая модель зависимости вязкости суспензии от состава ее неорганической части

$$\eta = 3,61x_1 + 1,48x_2 + 0,61x_3 + 0,51x_4 - 1,38x_1x_2 - 1,8x_1x_3 - 2,16x_1x_4 - 0,26x_2x_3 - 0,1x_2x_4 + 9,24x_1x_2x_3 + 0,78x_1x_2x_4 + 2,25x_1x_3x_4 + 1,17x_2x_3x_4$$

Построенные на основании найденной зависимости диаграммы состав — свойство приведены на рис. 3. Каждая диаграмма — это грань объемной математической модели. При наличии в системе монтмориллонита суспензии с приемлемыми реологическими параметрами могут быть получены в весьма узкой области соотношений между минеральными компонентами, ограниченной контурной кривой, соответствующей вязкости 1 Па·с. В отсутствие примесей монтмориллонита эта область существенно расширяется (рис. 3, г).

Опыты, проведенные при различных значениях концентрации твердой фазы и содержания в ней минеральных добавок, показали, что размеры области с приемлемыми реологическими характеристиками антибатно связаны с этими величинами. Область допустимых соотношений между минеральными компонентами расширяется при снижении зольности и концентрации твердой фазы в водоугольных суспензиях.

#### ВЫВОДЫ

1. Исследована зависимость между текучестью водоугольных суспензий, концентрацией твердой фазы и содержанием в ней различных минеральных компонентов.
2. Установлено, что присутствие в твердой фазе глинистых минералов, особенно монтмориллонита и гидрослюды, отрицательно влияет на текучесть суспензий.
3. Максимальной концентрации твердой фазы при требуемых реологических характеристиках водоугольных суспензий можно достичь снижением содержания в них минеральных примесей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Самойлик В.Г., Елишевич А.Т., Махаров А.С.* // ХТТ. 1990. № 5
2. *Бродский В.З., Бродский Л.И., Голикова Т.И.* и др. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей. М.: Metallurgia, 1982. 752 с

Институт физико-органической химии  
и углехимии АН УССР

Поступила  
28.05.90