

И.П. Трифонова, Ю.А. Родичева,
Д.А. Трофименко, Е.Д. Тесля, В.А. Бурмистров
Ивановский государственный химико-технологический университет
(г. Иваново, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОГЕЛЕЙ КРАХМАЛА НА РЕОМЕТРЕ С ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ «КОНУС-ПЛИТА»

Метод ротационной вискозиметрии основывается на создании деформации сдвига в жидкости расположенной между двумя поверхностями, движущимися относительно друг друга. Ротационные вискозиметры могут быть трех типов: коаксиальные цилиндры, система конус – плита; система плита – плита. Ротационные вискозиметры с измерительной системой «конус–плита» обеспечивают однородность скорости сдвига в измерительном зазоре. Такие вискозиметры применяются для измерения зависимости вязкости от скорости сдвига у вязкоупругих жидкостей, т. е. проявляющих ярко выраженные неньютоновский характер течения. Измеряемыми величинами являются обороты и крутящий момент движущегося элемента системы. Данные интегральные характеристики позволяют вычислить другие величины: касательные напряжения, скорости сдвига и такие реологические параметры системы как вязкость.

Все измерения проводились на реометре Anton Paar MCR 102 с измерительной системой конус – пластина CP50-1 (диаметр 50 мм, угол конуса 1 градус). Контроль температуры системы проводился с помощью элемента Пельтье P-PTD. Как реометр, так и систему управления температурой контролировали программным обеспечением RheoCompass™ от Anton Paar. Системы конус – пластина во время теста взаимодействуют с образцом только в определенном объеме 0,5 г между зафиксированной пластиной и измерительным конусом. Такие системы выполнены с соблюдением стандартов ISO 3219-1993, которые точно устанавливают утвержденную геометрию. Образец геля помещали непосредственно на нижнюю нагревательную пластину. Клиновидное пространство между валом и пластиной приводит к тому, что на исследуемый образец имеет постоянную скорость сдвига по всему объему – это значительное преимущество, которое позволяет измерять значения абсолютной вязкости.

Кривые течения для композиций на основе кукурузного крахмала и глицерина получали при температуре 25 °С (с точностью 0,01°С) в интервале скоростей сдвига (1-150) 1/с (точность 0,1 1/с).

Крахмальный гидрогель с концентрацией крахмала 4% готовили путем смешивания с дистиллированной водой и нагревания до 90°C. Содержание глицерина основано на предварительных тестах. Глицерин вводили двумя разными способами: смешение компонентов на магнитной мешалке в течение 40 минут (способ 1); обработкой крахмального гидрогеля в роторно-импульсном аппарате в течение 4 с и смешением компонентов (способ 2).

На рис. 1 представлены экспериментально полученные зависимости вязкости от скорости сдвига исследованных образцов.

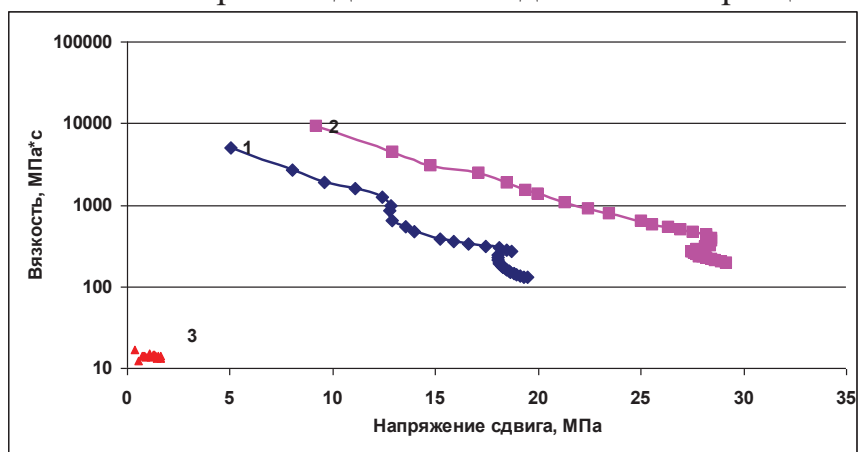


Рисунок 1 – Зависимость вязкости от напряжения сдвига для композиций: 1 - исходный крахмальный гидрогель, 2 - крахмальный гидрогель с глицерином (способ 1), 3 - крахмальный гидрогель с глицерином (способ 2)

Вязкость композиции, полученной по способу 2, снижается весьма значительно.

Экспериментальные реологические кривые (рис.2) были описаны уравнением Оствальда – де Ваале (1) и Бингама (2) [1]:

$$\tau = k \cdot \gamma^n \quad (1)$$

$$\tau = \tau_o + k \cdot \gamma, \quad (2)$$

где τ – напряжение сдвига, Па; τ_o – предельное напряжение сдвига, Па; k – коэффициент консистенции (структурированности), Па·сⁿ; γ – скорость сдвига, с⁻¹; n – показатель неньютоновского течения раствора (индекс течения).

Аппроксимация кривых течения уравнением Оствальда – де Ваале дает лучшие результаты для гидрогеля без добавок и для композиции, полученной по способу 1.

Кривая 3 для композиции с предварительно обработанным гидрогелем крахмала аппроксимируется уравнением Бингама с высоким коэффициентом корреляции (см. табл.).

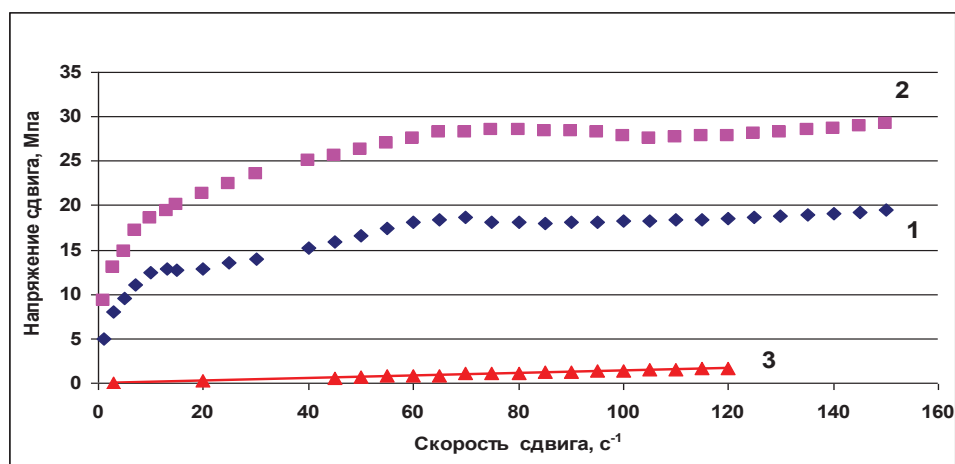


Рисунок 2 – Реологические кривые для композиций:
1 - исходный крахмальный гидрогель, 2 - крахмальный гидрогель с глицерином (способ 1), 3 - крахмальный гидрогель с глицерином (способ 2)

Таблица – Коэффициенты реологических уравнений

Композиция	k	n	τ_0	r^2
исходный крахмальный гидрогель	6,4	0,23	-	0,95
крахмальный гидрогель с глицерином (способ 1)	10,9	0,21	-	0,95
крахмальный гидрогель с глицерином (способ 2)	0,014	1	0,016	0,99

Общая структурная особенность неньютоновских жидкостей состоит в присутствии единиц течения, размеры которых намного превышают размеры молекул жидкости, таких как кластеры, агрегаты и т.д. Таким образом, вязкая жидкость рассматривается как сплошная дисперсионная среда, а любые частицы – как дисперсная фаза [2]. Механическая обработка гидрогелей крахмала по методике, предложенной в работе [3] приводит к разрушению межмолекулярных связей, уменьшению размеров структурных единиц, благодаря чему характер течения композиции становится близким к Ньютонскому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. СПб: Профессия, 2007. 560 с.
2. Кирсанов Е.А., Матвеев В.Н. Неньютоновское поведение структурированных систем. Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2016. 384 с.
3. Юсова А. А. Влияние гидроакустического воздействия на состояние и гелеобразующую способность крахмальных суспензий/ Юсова А. А., Лосев Н. В., Липатова И. М. // *Журнал прикладной химии*. - 2015. - Т. 88. Вып. 4. –С.631-638.