

Б. А. ЛИШАНСКИЙ, Б. П. ОСМАЧКИН, Н. В. МИХАЙЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫМ МЕТОДОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ *

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 11 X 1971)

В работах (1-4) приведены результаты исследований радиоизотопным методом внутрислойных процессов и физико-механических свойств дисперсных систем при вибрационных воздействиях и описана радиоизотопная аппаратура, используемая в экспериментах. В (5) приводятся результаты, измерения вязкости дисперсной системы с использованием гамма-

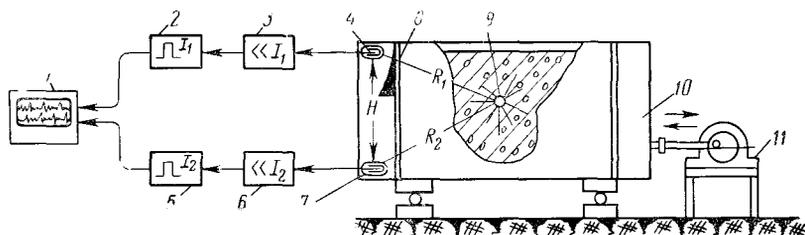


Рис. 1. Схема радиоизотопной установки. 1 — шлейфовый осциллограф Н-102; 2, 5 — формирователи импульсов; 3, 6 — катодные повторители; 4, 7 — детекторы излучения; 8 — свинцовый экран; 9 — контрольный шарик; 10 — емкость; 11 — вибровозбудитель

излучения. В этом случае производились дискретно измерения времени перемещения индикаторного шарика между двумя детекторами, установленными на определенном расстоянии друг от друга.

Задачей исследования было изучение во времени процесса перемещения индикаторного шарика и реологических свойств дисперсных систем при вибрационных воздействиях. Исследовалась цементно-водная суспензия с дисперсностью твердой фазы $5000 \text{ см}^2/\text{г}$ и водоцементным отношением В/Ц, изменяющимся в пределах $0,250 \div 0,30$.

Опыты проводились при горизонтально-направленных гармонических колебаниях с частотой 3000 мин^{-1} и амплитудами $A = 0,05; 0,22$ и $0,3 \text{ мм}$. Экспериментальная радиоизотопная установка (рис. 1) позволяла регистрировать положения контрольных шариков диаметром $d = 5,5 \text{ см}$ и плотностью $\rho_T = 4,0$ и $7,8 \text{ г/см}^3$ в процессе их перемещения в цементно-водной суспензии. Внутри шарика находилась ампула с изотопом цезия-137, испускающим гамма-излучение с энергией $0,66 \text{ Мэв}$ и мощностью экспозиционной дозы $2,33 \cdot 10^{-7} \text{ р.сек}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Шарик с изотопом помещался в емкость 10 (рис. 1) с размерами $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$, которая наполнялась исследуемой суспензией. Детекторы излучения 4 и 7 типа СТС-5 находились на расстоянии 16 см один от другого.

В настоящих опытах источник гамма-излучения можно считать точечным, так как длина его активной части намного меньше расстояния от источника до детектора. Электрические импульсы от каждого детектора излучения поступают на соответствующие катодные повторители 3 и 6, а затем на формирователи импульсов 2 и 5, к выходу которых подключался

* Работа доложена на VI Симпозиуме по реологии полимеров в Москве 18—22 мая 1971 г.

записывающий осциллограф Н-102. Таким образом, на осциллограммах производилась запись сигналов определенной интенсивности от двух детекторов, а также импульсы отметчика времени. Перемещение точечного источника гамма-излучения можно измерять по отношению интенсивностей излучения на двух детекторах, расположенных с известным базисом. Если R_1 и R_2 — расстояния от точечного источника до первого и второго детекторов, а I_1 и I_2 — соответственно интенсивности излучения, регистрируемые первым и вторым детектором, то с учетом ⁽⁶⁾ отношение интенсивностей излучения ($i = I_2/I_1$) может быть представлено в виде

$$i = I_2/I_1 = (R_1^2/R_2^2) \exp[-\mu(R_2 - R_1)], \quad (1)$$

где μ — линейный коэффициент ослабления гамма-излучения в исследуемой среде.

Из формулы (1) следует, что по отношению интенсивностей излучения на детекторах, осредненных за довольно малый интервал времени, представляется возможным практически непрерывно регистрировать геометрическое положение точечного источника при его одномерном перемещении. Для повышения чувствительности данного метода регистрации необходимо увеличить отношение интенсивностей на детекторах, что достигается уменьшением степени облучения верхнего детектора 4 относительно нижнего 7 при помощи свинцового экрана 8 с переменным сечением (клин с основанием 2 см и высотой 10 см). В этом случае при перемещении контрольного шарика с источником по вертикали вниз, интенсивность гамма-излучения на верхнем детекторе I_1 будет уменьшаться вследствие увеличения расстояния от точечного источника до детектора излучения R_1 , а также из-за дополнительного ослабления излучения в материале экрана. В то же время интенсивность излучения I_2 на нижнем детекторе будет увеличиваться вследствие уменьшения расстояния R_2 от точечного до этого детектора. Кроме того, выбором профиля экрана может быть получен необходимый вид этой зависимости, а также уменьшены погрешности регистрации из-за влияния изменений свойств среды в процессе ее виброобработки.

Таблица 4
Скорость движения шарика ($\rho_T = 7,8 \text{ г/см}^3$) в цементно-водных суспензиях $w = 3000 \text{ мин}^{-1}$

В/Ц	, мм	\bar{v} , см·сек ⁻¹
0,250	0,05	0,170
0,250	0,22	0,183
0,250	0,30	0,202
0,275	0,22	0,358
0,275	0,30	0,641
0,300	0,22	1,956
0,300	0,30	2,059

нем 10%. Зависимость h шарика от отношения интенсивностей гамма-излучения ($i = I_2/I_1$), регистрируемого детекторами для выбранных цементно-водных суспензий, выражается в виде

$$h = 10,55 - 0,55i + 13,8/i, \text{ см} \quad (2)$$

Измерение плотности цементно-водных суспензий производилось по методике, описанной в работе ⁽²⁾. В процессе вибрирования производился послойный контроль плотности суспензии, показавший, что расслоения суспензии не происходит. Сравнение параметров вибрации емкости и су-

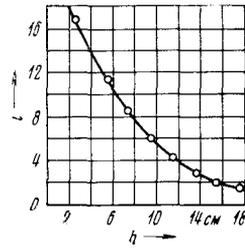


Рис. 2. Зависимость отношения интенсивностей излучения на детекторах от глубины погружения шарика

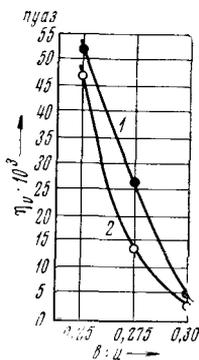


Рис. 3. Зависимость эффективной вязкости цементно-водной суспензии от водоцементного отношения для шарика с плотностью $\rho_T = 7,8$ г/см³. Частота колебаний 3000 мин⁻¹. 1 — амплитуда 0,22 мм; 2 — 0,3 мм

пении проводилось путем наблюдения за колебаниями шарика плотностью 1 г/см³ в воде. При выбранных параметрах вибрации амплитуды колебаний виброплощадки и шарика почти совпадали, что в среднем соответствовало результатам работ (7).

Изменение плотности цементно-водной суспензии от величины В/Ц было:

$$\begin{aligned} \bar{V}/\text{Ц} = 0,250 \quad \rho_c = 2,18; \quad \bar{V}/\text{Ц} = 0,275 \quad \rho_c = 2,13; \\ \bar{V}/\text{Ц} = 0,300 \quad \rho_c = 2,10. \end{aligned}$$

В процессе проведения опытов было установлено, что при установившемся режиме колебаний контрольный шарик перемещается с постоянной средней скоростью $\bar{V} = dh/dt$, где t — время. Это подтверждает вывод, полученный в работе (8) с использованием шелевого вибровискозиметра, что вибрационные воздействия приводят к объемному и изотропному разрушению структуры цементно-водных суспензий. В табл. 1 приведены значения средней скорости движения шарика \bar{V} в цементно-водных суспензиях с различным водосодержанием и при переменных амплитудах колебаний A емкости ($n = 3000$ мин⁻¹). Анализ табл. 1 показывает, что с увеличением водоцементного отношения и амплитуды колебаний (при постоянной частоте) средняя скорость шарика увеличивается. Аналогичные результаты получены для шарика с плотностью 4,0 г/см³.

Вследствие того, что плотность цементно-водной суспензии для выбранных значений водоцементного отношения не изменяется в процессе вибрации, скорость среды в данном случае можно принять равной нулю. В работах (3, 8) показано, что при вибрационных воздействиях дисперсные системы ведут себя как ньютоновские жидкости и поэтому для структурированных систем применение данного метода, возможно, ограничено случаем предельного разрушения структуры. Таким образом, эффективная вязкость суспензии η_v может быть определена по формуле Стокса, которая в данном случае ($d = 5,5$ см) принимает вид $\eta_v = 1649(\rho_T - \rho_c)/\bar{V}$, пуаз, где ρ_T — плотность шарика, г·см⁻³; ρ_c — плотность суспензии, г·см⁻³; \bar{V} — средняя скорость шарика, см·сек⁻¹.

Анализ опытных данных (см. рис. 3) показывает, что с увеличением В/Ц эффективная вязкость суспензии уменьшается и при $\bar{V}/\text{Ц} \geq 0,30$ изменение амплитуды колебаний оказывает незначительное влияние на вязкость системы. Полученные результаты подтверждаются данными (7, 8).

Таким образом, бесконтактный радиозотоновый метод может эффективно использоваться при изучении реологических свойств дисперсных систем при вибрационных воздействиях.

Поступило
22 IX 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Б. А. Лишанский, Б. П. Осмачкин и др., ДАН, 184, № 4, 900 (1969).
- 2 Б. А. Лишанский, Б. П. Осмачкин, Н. В. Михайлов, ДАН, 188, № 1, 164 (1969); Бетон и железобетон, № 12, 16 (1970).
- 3 Б. А. Лишанский, Б. П. Осмачкин, Н. В. Михайлов, Тез. докл. конфер. Физико-химическая механика дисперсных материалов, Минск, 1969, стр. 123.
- 4 Б. П. Осмачкин, Б. П. Верещанин, Б. А. Лишанский, Приборы и системы управления, № 2, 50 (1969).
- 5 В. Д. Горошко, Ю. П. Гупало, Зав. лаб., 27, № 1, 38 (1961).
- 6 Л. А. Маталин, Ж. Нараи, С. И. Чубаров, Методы регистрации и обработки данных в ядерной физике и технике, М., 1968.
- 7 В. И. Класен, В. И. Литовко и др. Методы улучшения физико-механических свойств структурированных суспензий, «Наука», 1968.
- 8 Н. Б. Урьев, Н. В. Михайлов, Коллоидный цементный клей и его применение в строительстве, М., 1967.