

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНКРЕМЕНТА ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

А. Л. Возмищев, В. Г. Гилев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, ул. Букирева, 15

Для рефрактометрического анализа разбавленных растворов широко применяется уравнение: $n = n_o + k \varphi$, где n_o – показатель преломления раствора; φ – концентрация раствора; k – эмпирический коэффициент, называемый инкрементом показателя преломления. Ранее было показано, что в ограниченных пределах концентраций (до 10%) такое линейное уравнение хорошо аппроксимирует зависимость показателя преломления магнитной жидкости от ее состава.

Целью данной работы является исследование зависимости показателя преломления магнитной жидкости (МЖ) от концентрации твердой фазы и температуры жидкости.

В качестве объекта исследования использовалась коллоидная дисперсия магнетита Fe_3O_4 в керосине, стабилизированная олеиновой кислотой.

Для получения набора образцов при исследовании концентрационной зависимости показателя преломления, исходный базовый коллоид разбавлялся керосином.

Плотность исходного образца, растворов магнитной жидкости и керосина определялась с помощью тарированного пикнометра 2 кл. точности объемом 5.4 см^3 . Масса образцов измерялась при помощи цифровых аналитических весов ВЛ-210 А класса точности “1 специальный” с дискретностью отсчета 0.1 мг.

Измерения показателя преломления исследуемых образцов проводились на рефрактометре Abbemat 550 производства Anton Paar (Австрия) на длине волны 589.3 нм. Точность измерений показателя преломления рефрактометра Abbemat 550 составляет ± 0.00001 . Образец и измерительная призма термостатировались с помощью встроенного в рефрактометр термостата на элементах Пельтье.

Объемная концентрация твердой фазы растворов МЖ определялась по формуле:

$$\varphi = \frac{\rho_{\text{мж}} - \rho_{\text{кер}}}{\rho_{Fe_3O_4} - \rho_{\text{кер}}},$$

где $\rho_{\text{мж}}$ – плотность магнитной жидкости, $\rho_{\text{кер}}$ – плотность керосина, $\rho_{Fe_3O_4} = 5.21 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ – плотность магнетита. С целью учета изменения счетной концентрации частиц при изменении температуры были измерены температурные зависимости плотности керосина и растворов МЖ. При расчете концентрации использовались значения, полученные для каждой конкретной температуры.

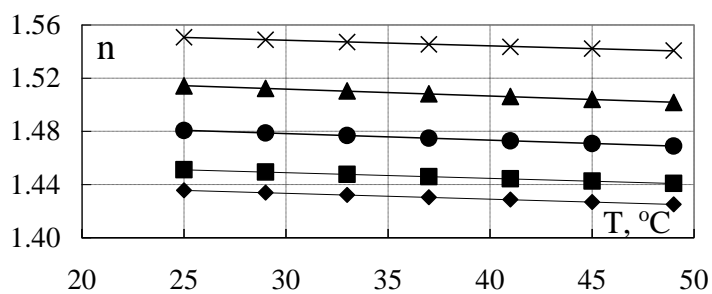


Рис. 1. Зависимость показателя преломления растворов МЖ от температуры: \times – $\phi=0.09$; \blacktriangle – $\phi=0.06$; \bullet – $\phi=0.035$; \square – $\phi=0.012$; \blacklozenge – керосин

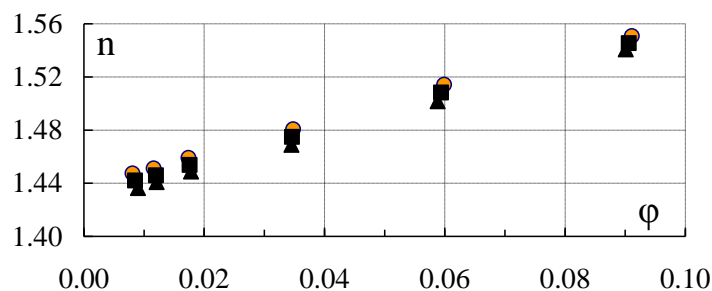


Рис. 2. Зависимость показателя преломления растворов МЖ от концентрации: \bullet – $T=25\text{ }^\circ\text{C}$; \square – $T=37\text{ }^\circ\text{C}$; \blacktriangle – $T=49\text{ }^\circ\text{C}$

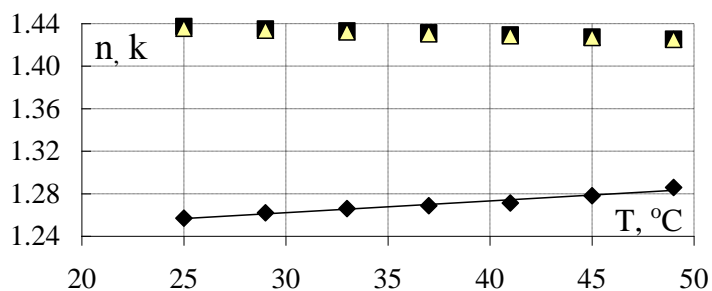


Рис. 3. Зависимость параметров уравнения $n = n_0 + k\phi$ от температуры: \square – n_0 ; \blacktriangle – керосин; \blacklozenge – k

объемным расширением жидкостей.

Инкремент показателя преломления связан со свойствами компонентов растворов и их концентрацией. Для сферических коллоидных частиц [1]:

$$k = \frac{3n_1(n_2^2 - n_1^2)}{2(n_2^2 + 2n_1^2)},$$

где n_1 и n_2 – показатели преломления дисперсионной среды и дисперсной фаза соответственно. Расчет дает $n_2 \approx 3.2$, в то время как показатель преломления массивного магнетита равен примерно 2.2. Это дает основание предположить, что частицы магнитной жидкости объединены в агломераты.

Список литературы

1. Champion J. V., Meeten G. H., Senior M. Refractive index of particles in colloidal state // J. Chem. Soc. Far. Trans. 1978. V. 4. P. 1319–1329.

На рис. 1 показаны типичные зависимости показателя преломления растворов МЖ от температуры. Все они могут быть аппроксимированы линейными зависимостями с коэффициентом детерминации R^2 не ниже 0.9995.

На рис. 2 показаны типичные зависимости показателя преломления растворов МЖ от объемной концентрации дисперсной фазы. Все они могут быть аппроксимированы линейными зависимостями с коэффициентом детерминации R^2 не ниже 0.999. Другими словами, для разбавленных растворов МЖ, инкремент показателя преломления не зависит от концентрации дисперсной фазы.

На рис. 3 представлены результаты расчетов инкремента показателя преломления k , показателя преломления n_0 при $\phi \rightarrow 0$ и, для сравнения, температурная зависимость показателя преломления керосина. Изменение зависимостей $k(T)$ и $n_0(T)$ связано с