

УДК 622.793.5

К ОЦЕНКЕ ДИСПЕРСНОСТИ ЭМУЛЬСИИ МАСЛЯНЫХ РЕАГЕНТОВ РАСЧЕТНЫМ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДАМИ

З.А. Абдуллаева, ассистент кафедры ОПИ,
Т.Е. Вахонина, ст. преп. кафедры ОПИ
Научный руководитель: М.С. Клейн, д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В настоящее время флотация угольных шламов является неотъемлемой частью технологических схем обогащения коксующихся углей, т.к. она позволяет решить важную задачу очистки шламовых вод от твердой фазы для повторного использования воды и получить при этом качественный товарный продукт – флотоконцентрат. В качестве собирателя при флотации угольных шламов наиболее широкое применение нашли аполярные реагенты на основе продуктов нефтеперерабатывающей промышленности, такие как керосин, печное топливо, газойль и другие. Масляные собиратели практически нерастворимы в воде и образуют с водой эмульсии масло-вода. Для флотации важнейшей характеристикой эмульсии является размер масляных капель, поскольку от этого зависит количество капель, вероятность их столкновения и закрепления на частицах угля и, в результате, количество адсорбированного масла на поверхности частиц. Согласно теоретическим и экспериментальным данным [1, 2, 3] основными факторами, определяющими дисперсность масляных эмульсий в воде, являются поверхностное натяжение на границе раздела масло-вода, плотность масла и интенсивность перемешивания пульпы.

Цель данной работы – сравнить результаты теоретических расчетов и практических исследований. Для определения дисперсности использовали расчетный и фотографический методы.

Расчетный метод [2, 3].

При механическом перемешивании несмешиваемых жидкостей капли дисперсной фазы имеют различные размеры. Диаметр наибольших капель обычно не превышает 2-3 мм, наименьшие капли имеют размеры порядка 0,003-0,005 мм. Получение функций распределения капель по размерам по результатам экспериментов весьма трудоёмко, поэтому степень дисперсности чаще всего характеризуют величиной среднего поверхностно-объёмного диаметра капель:

$$d_{n.o.} = (C \cdot W_e^{-0.5} \cdot R_{ey}^{-0.1} \cdot \varphi) \cdot d_m \quad (1)$$

$$W_e = n^2 \cdot d_m^2 \cdot \frac{\rho}{\sigma_{ж-ж}} \quad (2)$$

$$R_{\text{ец}} = \rho_{\text{ср}} \cdot n \cdot d_{\text{м}}^2 / \mu_{\text{ср}} \quad (3)$$

В критериях Вебера и Рейнольдса, входящих в уравнение 1, используются физические параметры смеси ρ и μ , полученные экспериментально.

Заметим, что необходимые для расчёта плотность $\rho_{\text{ср}}$ и вязкость $\mu_{\text{ср}}$ в данном случае определяются по формулам:

$$\rho_{\text{ср}} = \rho_{\text{д}} \cdot \varphi + \rho(1 - \varphi) \quad (4)$$

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{\mu}{1 - \varphi} \cdot (1 + 1,5 \cdot \varphi \cdot \frac{\mu_{\text{д}}}{\mu + \mu_{\text{д}}}) \quad (5)$$

где $d_{\text{п.о.}}$ - средний поверхностно-объемный диаметр капель, м; φ – объемная концентрация дисперсной фазы; W_e – критерий Вебера; μ , $\mu_{\text{д}}$ – вязкость сплошной и дисперсной среды, Пас; C – коэффициент для турбинных мешалок равен 25,9; $\rho_{\text{д}}$ – плотность дисперсной фазы.

Объемная концентрация дисперсной фазы (доли единицы или %) в системе рассчитывается по формуле:

$$\varphi = V_{\text{д.ф.}} \cdot 100 / V_{\text{д.с.}} \quad (\%) \quad (6)$$

Диаметр наибольших капель $d_{\text{макс}}$ связан со средним поверхностно-объемным диаметром $d_{\text{п.о.}}$ соотношением

$$d_{\text{макс}} = 2,64 \cdot d_{\text{п.о.}} \quad (7)$$

Анализ результатов измерений, выполненных различными методами, показывает, что средний диаметр капель дисперсной фазы $d_{\text{к}}$ является функцией диссипации энергии ε и поверхностного натяжения σ

$$d_{\text{к}} = 3,5 \left(\frac{\sigma}{\rho}\right)^{0,6} \cdot (\varepsilon_0^{\text{л}})^{-0,4} \quad (8)$$

$$\text{или } \frac{d_{\text{к}}}{d_{\text{м}}} = 3,5 K_N^{-0,4} \cdot We^{-0,6} \cdot \left(\frac{V}{d_{\text{м}}^3}\right)^{0,4} \quad (9)$$

$\varepsilon_0^{\text{л}}$ - локальное значение диссипации энергии в единицы массы жидкости, Вт/кг.

Абсолютные значения диаметра капель, рассчитанные по этим уравнениям, оказываются намного больше наблюдаемых в эксперименте.

Обработка многочисленных опытных данных, полученных в аппаратах с мешалками разных типов при концентрации $\varphi = 0,05 \div 0,1$, приводит к уравнению:

$$d_{\text{к}} = 0,13 \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_{\text{с}}}\right)^{0,6} \cdot \varepsilon^{-0,4} \quad (10)$$

При допущении о равномерном распределении энергии механического перемешивающего устройства в рабочей среде диссипация энергии в объёме аппарата определяется по соотношению

$$\varepsilon_0 = \frac{N}{\rho_{\text{с}} \cdot V_{\text{ж}}} = \frac{K_N \cdot n^3 \cdot d_{\text{м}}^5}{V_{\text{ж}}} \quad (11)$$

$V_{\text{ж}}$ - объем среды в аппарате, м³

где N – мощность перемешивания, определяемая по формуле

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_{\text{м}}^5 \quad (12)$$

Фотографический метод.

Оценка дисперсности эмульсий проводилась по следующей методике. Готовились эмульсии различных углеводородов с равной концентрацией дисперсной фазы. Проба исследуемой эмульсии отбирается из потока в чистую плоскую кювету и накрывается покровным стеклом, которое прижимается к кювете по бокам двумя резиновыми колечками. Вместо окуляра устанавливается цифровая камера Sony с высокой разрешающей способностью, после чего производится цифровое фотографирование в проходящем свете всплывших к покровному стеклу капелек эмульсии.

Глубина кюветы подбирается в зависимости от концентрации и дисперсности эмульсии такой, чтобы сократить до минимума вероятность образования двухслойного покрытия из всплывающих капель. Освещение, увеличение и экспозиция выбираются такими, чтобы, несмотря на броуновское движение мелких капель получать четкие и удобные для подсчета кадры. Для точного определения увеличения при проведении исследований фотографировали объект микрометр. Для примера на рис.1 показаны фотографии эмульсии термогазоля, полученные при диссипации энергии $\varepsilon_0=1,5$ и 10 Вт/кг.

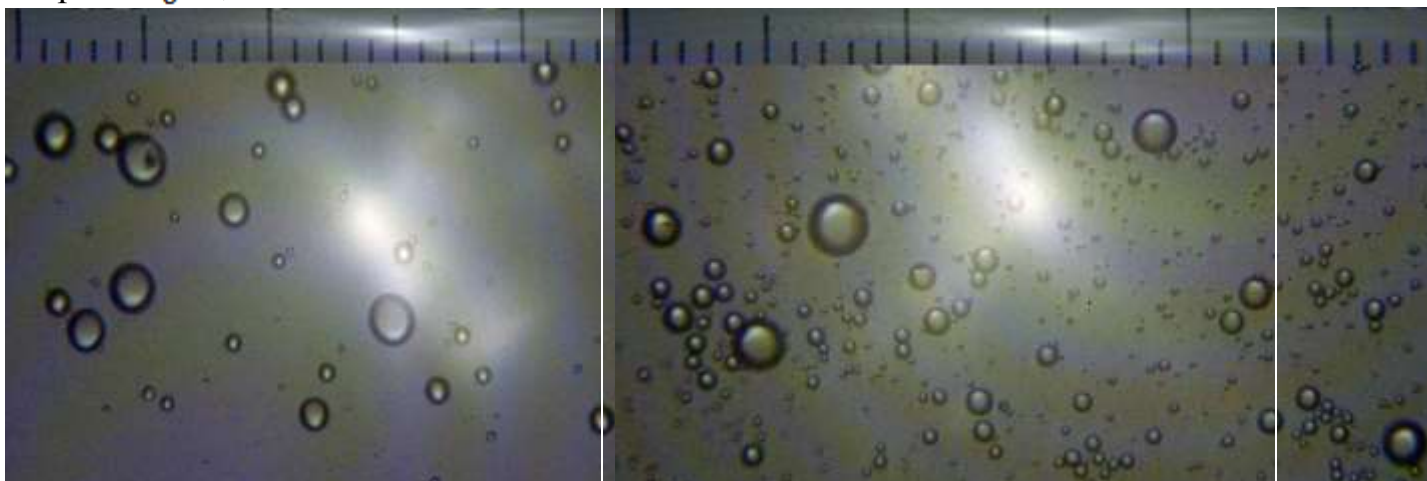


Рис. 1. Фотографии эмульсии термогазоля при $\varepsilon_0=1,5$ и 10 Вт/кг.

При проведении экспериментальных исследований по определению дисперсного состава эмульсии в качестве масляных реагентов использовали технические продукты термогазойль и моторное масло, физические свойства которых (таблица) определяли в лаборатории [5]. Эмульсия готовилась в стеклянной колбе при объемной концентрации дисперсной фазы φ менее 0,1 % путем перемешивания турбинной мешалкой диаметром $d_m = 34$ мм при различной диссипации энергии.

Таблица

Физические свойства нефтепродуктов

Продукты	Вязкость, мм ² /с	Плотность, г/см ³	Поверхностное натяжение, $\sigma_{ж=ж} \cdot 10^{-3}$, Н/м
Термогазойль	3,74	0,909	17,79
Моторное масло	112,17	0,881	48,3

Расчетные и экспериментальные результаты оценки крупности эмульсии двух нефтепродуктов в зависимости от интенсивности перемешивания показаны на рис. 2.

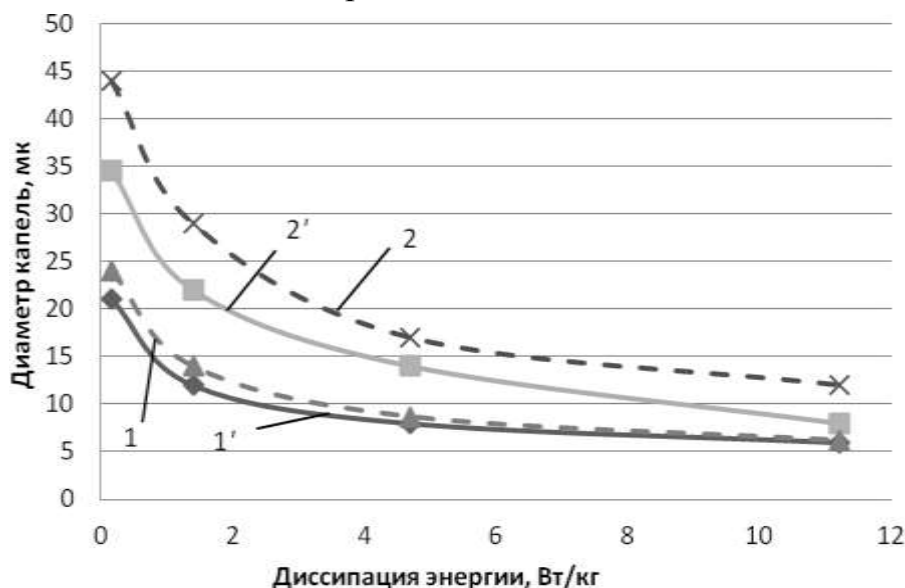


Рис. 2. Зависимость диаметра капель нефтепродуктов от интенсивности перемешивания, полученных экспериментальным 1, 2 и расчетным путем 1', 2': 1,1' – значения среднего диаметра капель эмульсии термогазойля и 2, 2' – эмульсии моторного масла.

Из полученных данных видно, что:

- наблюдается удовлетворительная корреляция между расчетными и экспериментальными значениями крупности капель эмульсии;
- значения среднего диаметра капель исследуемых углеводородов с увеличением интенсивности перемешивания уменьшаются;
- вязкость нефтепродуктов при небольших значениях φ практически не влияет на дисперсность эмульсии;
- разница в крупности капель термогазойля и ММО при слабом перемешивании (0,17 Вт/кг) составляет 18 мк, а при интенсивном перемешивании (11,3 Вт/кг) разница уменьшается до 2 мк. То есть происходит сближение дисперсности эмульсий различных нефтепродуктов при повышении интенсивности перемешивания.

Таким образом, при известных условиях получения эмульсии и характеристиках дисперсной среды и дисперсной фазы для оценки средней крупности капель эмульсии можно использовать уравнение 10 без проведения трудоемких экспериментов.

Список литературы:

1. Клейн М.С. Условия эффективного использования отработанных минеральных масел в составе собирателей для флотации угольных шламов / М.С. Клейн, Т.Е. Вахонина // Вестник КузГТУ. - 2015. - №5. - С. 163-166.

2. Брагинский Л. Н., Барабаш В. М., Бегачёв В. И. Перемешивание в жидких средах. Физические основы и методы расчёта. Л.: Химия, 1984. 336 с.
3. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Пер. с польск. под ред. Щупляка И.А. Польша. Л.: Химия, 1975. 384 с.
4. Абдуллаева З.А. Изучение критериев для оценки флотационной активности реагентов / З. А. Абдуллаева, Вахонина Т. Е. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» с международным участием, 21-24 апреля 2015 г. / редкол.: В. Ю. Блюменштейн (отв. редактор) [и др.]; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2015. – С. 31-34.