оборудование, разработанное Гипромашуглеобогащением, позволило институту завоевать ведущую позицию в области обогатительной техники, создать новые рабочие места на заводах-изготовителях и исключить зависимость угольной промышленности от технической и экономической политики зарубежных фирм.

Надійшла до редколегії 12.04.2006 р.
Рекомендовано до публікації

УДК 622.7

А.Д. ПОЛУЛЯХ, **д-р техн. наук**
(Украина, Днепропетровск, "Укрнииуглеобогащение"),
В.Ф. ПОЖИДАЕВ, **д-р техн. наук**
(Украина, Луганск, Восточноукраинский национальный университет),
В.Б. ТОМИЛИН
(Украина, пос. Фащевка, ЦОФ "Комендантская")

К ОБОСНОВАНИЮ ПРИМЕНЕНИЯ УРАВНЕНИЯ КОЛМОГОРОВА-ФОККЕРА-ПЛАНКА К ВЫВОДУ КРИВОЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

Для оценки полученных результатов разделения, а также определения целесообразных пределов разделения существуют методы Т.Г. Фоменко, Куракова, Тромпа-Терра и др. [1–3]. Наибольшее распространение получило определение ожидаемых результатов разделения по параметру E_{pm}.

Сходство кривых разделения с интегральной кривой нормального распределения фракций различной крупности исходного угля в продуктах разделения может быть описано уравнением интегральной кривой нормального распределения.

Некоторые исследователи кривых разделения Тромпа [4–7] указывают на их отличие от интегральных кривых нормального распределения.

Кривые разделения представляют извлечение данного класса крупности в продукты разделения, т.е. выражают величину ошибки, как долю данного диапазона крупности, а не от общего количества посторонних классов крупности. Ордината же интегральной кривой Гаусса выражает величину вероятности извлечения по отношению ко всей совокупности ошибок.

Таким образом, сходство является только формальным и не отражает физическую сущность процесса разделения. Опыты показывают, что совпадение имеет место лишь в центральной части кривых.

Интегральная кривая Гаусса является симметричной, кривые разделения в большинстве случаев несимметричны. В связи с этим, нередко различия между значениями ожидаемых показателей продуктов обогащения, определенных в соответствии с уравнением интегральной кривой Гаусса, и фактическими данными экспериментального исследования являются существенными.

Однако, учитывая то, что в большинстве случаев эффективность обогатительных машин оценивается по методу Тромпа-Терра [1–3], для сопоставления результатов исследований с данными, полученными другими авторами, в данной работе точность разделения оценивалась по параметру E_{pm}.

Кривая извлечения частиц в отходы позволяет найти состав продуктов обогащения, если задан состав исходного угля.

Тромп нашел отношение между содержанием отдельной фракции в концентрате и породе и содержанием этой фракции в исходном материале в процентах и доказал [2, 7], что это отношение *E* зависит только от режима процесса разделения, но не от распределения фракций в исходном угле. Тромп назвал это отношение "числом распределения". Ниже применяется термин "число разделения", предложенный Ульмо на Международном конгрессе по обогащению угля в 1950 г. в Париже. Величина E_1 извлечения указывает, какое количество фракции от исходного (%) определенного удельного веса попадает в концентрат; E_2 указывает, какое количество фракции того же удельного веса (%) попадает в породу. Таким образом, значения E_1 и E_2 показывают, в каком соотношении фракции угля определенного удельного веса распределяются в концентрате и породе. В сумме числа разделения составляют 100%: $E_1 + E_2 = 100\%.$ Если $E_1 = 100\%$, то общее количество фракций определенного удельного веса, содержащихся в рядовом материале, равно количеству этих фракций в концентрате. Если же $E_1 = 50\%$, то это значит, что половина фракций определенного удельного веса попадает в концентрат, а другая – в породу. При E_1=0% фракции определенного веса полностью переходят в породу [1, 7].

Фр. В. Майер утверждает, что из кривой *T*, представленной в виде кривой распределений фракций по Гётте, следует, что только верхняя ветвь подобна частотной кривой [8]. Сходство, которое имеет кривая *T* с интегральной кривой погрешности Гаусса (кривой *S*), побудило Терра, Ульмо и Белюгу [5, 6] использовать эти известные математические закономерности для практического приложения кривой *T*.

Точное определение чисел разделения по кривой Тромпа затруднительно, так как особенно в областях больших удельных весов часто имеют место аномалии. Очень часто при определении величин извлечения граничные области вообще не охватываются.

Терра для характеристики кривой T принял ее половинное рассеяние. Рассеянием обозначают разность между нижней и верхней четвертями ряда чисел. Рассеяние охватывает половину всех величин, расположенных в середине ряда. В статистике половина величины рассеяния называется также "вероятным отклонением" и действительна как характеристика формы кривой вероятности (кривой ошибок Гаусса).

Вероятное отклонение по кривой T определяется как полуразность удельных весов (абсцисс), которым соответствуют значения чисел распределения 25 и 75 в процентах, равные $E_T = \frac{\delta_{25} - \delta_{75}}{2}$.

Технологический или физический процесс лишь тогда может быть объясним, когда возможно предварительно определить характер его протекания и результаты. Большое значение работ Тромпа и Терра заключается в том, что с помощью разработанного ими метода для каждого отдельного случая можно предварительно определить результат с точностью, достаточной для производства. Предполагаемый выход обогащенного угля может быть определен путем умножения величины содержания фракции в рядовом угле на величину извлечения, принятую для фракций соответствующих удельных весов, и тогда получается сумма всех выходов.

При одинаковых условиях обогащения (при одинаковой крупности и при одной и той же плотности разделения) кривая разделения всегда имеет одни и те же формы и положение в системе координат независимо от фракционного состава (т. е. от качества) исходного сырья, поступающего на эту машину.

На основании этого Тромп сделал вывод, что разделительные числа каждой фракции, определяющие ординаты, а, следовательно, и форму кривой, есть величины постоянные для данной обогатительной машины. В действительности это утверждение нельзя считать достаточно строгим. Однако в первом приближении кривая разделения может служить показателем точности работы обогатительной машины. Изучая зависимость между разделительными числами различных фракций и соответствующими значениями плотности фракций, Тромп и Терра установили опытным путем, что кривая имеет форму и подобна по свойствам кривым распределения ошибок, рассматриваемым в теории вероятностей, и, следовательно, распределение фракций различных плотностей исходного угля в продуктах обогащения подобно распределению вероятностей по нормальному закону.

Проводя аналогию между кривой T_n и математической кривой распределения, следует отметить вслед за Митрофановым, Барским и Самыгиным [5, 6, 8]:

1. Посторонние или ошибочные фракции в продуктах обогащения

аналогичны случайным ошибкам измерения, выраженным абсциссой интегральной кривой. Плотность разделения δ_{cp} – среднее значение случайной величины.

2. Абсциссы точек на кривой, расположенные слева от плотности разделения, выражают плотности элементарных фракций, меньше δ_p, ошибочно попавших в породу, а абсциссы, с другой стороны, – плотности фракций, большие δ_p, ошибочно утерянных породой и попавших в концентрат. Ординаты кривой выражают вероятность получения ошибок в пределах данной элементарной фракции в процентах от содержания этой фракции в исходном угле.

3. Чем ближе плотность посторонних фракций к плотности разделения, т.е. чем меньше ошибка, тем чаще они попадают в продукт. Это соответствует первому положению нормального закона Гаусса: чем меньше ошибка, тем больше ее вероятность.

4. Если кривая разделения симметрична по отношению к ординате плотности разделения, то каждой посторонней фракции $\delta_p - \Delta$ соответствует фракция $\delta_p + \Delta$, ординаты которых равно удалены от ординаты, соответствующей δ_p. Это соответствует второму положению закона Гаусса: положительные и отрицательные ошибки равновероятны.

5. Кривая разделения показывает пределы плотностей фракций, увлеченных ошибочно в продукты обогащения.

Многочисленными исследованиями установлено, что нормальный закон распределения имеет место тогда, когда обогащение (разделение) осуществляется в обогатительном аппарате, плотность среды которого равна требуемой плотности разделения, т.е. в аппаратах с тяжелой средой. При обогащении в водной или воздушной среде разделение зависит от относительных значений плотностей зерен в воде или воздухе, а не от абсолютных значений плотностей в воздухе, т.е. не от δ, а от $\delta - \delta_O$, где δ – плотность зерна, δ_O – плотность среды.

Таким образом, кривая разделения симметрична интегральной кривой и характеризует свойства нормального распределения: для машин с тяжелой средой – при нанесении на абсциссе значений δ; для машин с водной средой – значений $lg(\delta - 1)$; для машин с воздушной средой – значений $lg\delta$.

Р.Ф. Афанасьева [6] установила, что при обогащении отсадкой распределение подчиняется логарифмически-нормальному закону распределения вероятностей Гаусса.

Таким образом, вероятное отклонение E_p характеризует не процесс обогащения вообще, а обогатительную машину, в которой осуществляется этот процесс. В связи с этим среднее вероятное отклонение может служить характерным показателем для контроля и оценки эффективности работы обогатительных машин, так как оно для данного типа машины при прочих равных условиях не зависит от обогатимости исходного продукта.

Для большинства обогатительных машин величина E_p зависит от плотности разделения. Для одной и той же машины E_p будет большим при более высокой плотности разделения.

Обоснование, рассмотренных Афанасьевой и др. результатов, можно выполнить строго [9–11], а не интуитивным путем с помощью рассмотрения решения уравнения Колмогорова-Фоккера-Планка с правильно выбранным граничным условием. Это уравнение естественным образом описывает процесс случайного блуждания в процессах разделения. Аргументировано можно показать применение именно этого подхода можно сделать двумя способами: с помощью рассмотрения сил, побуждающих частицу к случайным перемещениям и с помощью чисто математического доказательства. Приведем оба способа.

Подробное рассмотрение сил, действующих на частицу в среде, состоящую из таких же частиц, рассмотрено Тихоновым О.Н. [14].

1. Суммарная сила тяготения, действующая на все частицы (и материала, и среды), заключенные в объеме V группы:

$$g\iiint\limits_V dV\left[m\int \rho\gamma\, d\rho + (1-m)\,\rho_{cp}\right] = F_g ,$$

где $gdVm\rho\gamma(\rho)d\rho$ – сила, действующая на узкую фракцию материала в объеме dV ($mdV\gamma\, d\rho$ – объем узкой фракции в dV); $gdV(1-m)\rho_{cp}$ – сила, действующая на среду в объеме dV. Величина силы тяготения, приходящаяся на частицу, зависит от ее физического признака ρ.

2. Архимедова сила. Эта сила, приходящаяся на объем V, равна весу материала внутри объема V:

$$-g\iiint\limits_V dV\left[m\int \rho\gamma\, d\rho + (1-m)\,\rho_{cp}\right] = F_A .$$

Примем, что в среднем сила распределяется пропорционально объему частиц. Тогда можно считать, что на единицу объема V, независимо от того, чем она заполнена, действует архимедова сила

$$\lim_{V\to 0}\frac{F_A}{V}=\frac{-g\iiint\limits_V dV\left[m\int\rho\gamma(\rho)d\rho+(1-m)\rho_{cp}\right]}{V}=$$
$$=-g\left[m\int\limits_{\rho_{MIN}}^{\rho_{MAX}}\rho\gamma(\rho)d\rho+(1-m)\rho_{cp}\right].$$

3. Градиентная упругая (или диффузионная) сила.

На единицу объема частиц узкой фракции $k_M\frac{1}{\gamma(\rho)}grad\,\gamma(\rho)$. На отдельную частицу объема $V_ч$ $-V_ч k_M\frac{1}{\gamma(\rho)}grad\,\gamma(\rho)$.

4. Сила трения (сопротивление движению)

Средняя сила трения, действующая на частицу из-за ударов: $m_ч\frac{V}{\tau}=a_M V$, где τ – среднее время пробега частицы между столкновениями, V – направленная скорость частицы (предполагается, что она полностью теряется при столкновении). $\tau=\frac{\lambda}{\vec{v}}=\frac{1}{\vec{v}n\sigma}$, где λ – длина свободного пробега; n – полное число частиц в единице объема; σ – сечение частицы (πD^2, D – ее диаметр).

5. Трение о среду. $-a_M\left(V-V_\Sigma\right)-a_{cp}\left(V-V_\Sigma\right)$,

где $V_\Sigma=\int\limits_{\rho_{MIN}}^{\rho_{MAX}}v\gamma d\rho$, a_M и a_{cp} – коэффициенты пропорциональности.

Процесс перемещения частиц может быть рассмотрен как случайное блуждание при диффузии и броуновском движении. Это вытекает из второго закона Ньютона $\sum F=0$.

В схеме случайных блужданий отдельные шаги крайне малы, но очень быстро следуют друг за другом. В пределе такой процесс будет казаться непрерывным движением, что объясняется наложением многих малых воздействий на частицу. При переходе к пределу получаемые формулы сохраняют смысл и согласуются с физически осмысленными формулами теории диффузии. Это можно доказать чисто математическим путем. Рассмотрим неограниченное случайное блуждание, начинающееся в нуле.

Пусть $\pi_{x,n}$ – вероятность того, что *n*-ый шаг приведет частицу в точку *x*. Если *r* из *n* шагов направлены вправо, то *n* – *r* шагов направлены влево, и суммарное перемещение равно $r-(n-r)=2r-n$ единиц. Поскольку это перемещение должно равняться *x*, имеем 2*γ* – *n* = *x*. Это возможно, только, если *n* и *x* имеют одинаковую четность (последнее означает, что после четного числа шагов абсцисса *x* является четным числом). Из *n* шагов *γ* могут быть выбраны C_n^r способами, и поэтому $\pi_{x,n}=C_n^{\frac{(n+x)}{2}}p^{\frac{(n+x)}{2}}q^{\frac{(n-x)}{2}}$. Биномиальный коэффициент считается равным нулю, когда $\frac{n+x}{2}$ не есть целое число из интервала $[0,n]$ или $\pi_{x,n+1}=p\pi_{x-1,n}+q\pi_{x+1,n}$, $\pi_{0,0}=1$, $\pi_{x,0}=0$.

Выберем единицу длины так, чтобы каждый шаг имел длину *Δx*, и предположим, что промежуток времени между двумя последовательными шагами равен *Δt*. За время *t* частица совершит $\frac{t}{\Delta t}$ скачков, и смещение x эквивалентно теперь $\frac{x}{\Delta x}$ единицам. При этом имеют смысл лишь значения, кратные *Δx* и *Δt*, но в пределе, когда *Δx* → 0, *Δt* → 0 становятся возможными все смещения и все интервалы времени.

Чтобы найти правильное соотношение, заметим, что суммарное перемещение частицы за время *t* есть сумма примерно $\frac{t}{\Delta t}$ взаимно независимых случайных величин, имеющих каждая среднее значение $(p-q)\Delta x$ и дисперсию $\left(1-(p-q)^2(\Delta x)^2\right)=4pq(\Delta x)^2$. Поэтому среднее значение и дисперсии всего перемещения за время *t* приблизительно равны $\frac{t(p-q)\Delta x}{\Delta t}$ и $\frac{4pqt(\Delta x)^2}{\Delta t}$ соответственно. Чтобы получить разумные результаты, нужно устремить *Δt* и *Δx* к нулю так, чтобы среднее значение и дисперсия суммарного перемещения частицы оставались конечными при всех *t*. Конечность дисперсии требует ограниченности величины $\frac{(\Delta x)^2}{\Delta t}$; из конечности математического ожидания следует, что $p-q$ должно быть величиной порядка Δx. Поэтому положим $\frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} = 2D$, где D – коэффициент диффузии; c – скорость течения.

Суммарное перемещение частицы за время $t = n\Delta x$ определяется результатами n испытаний Бернулли, и поэтому предельный вид $\pi_{x,n}$ определяется нормальным распределением. При фиксированном Δx суммарное перемещение равно сумме конечного числа независимых случайных величин и имеет математическое ожидание $t(p-q)\Delta x/\Delta t = 2ct$ и дисперсию $4pqt(\Delta x)^2/\Delta t = 2Dt$. Поэтому вероятность того, что в момент t перемещение частицы заключено между x_0 и x_1, стремится к

$$(2\pi)^{-1/2}\int_{y_0}^{y_1} e^{-\lambda^2/2} d\lambda,$$

где $y_1 = \frac{(x_1 - 2ct)}{(2Dt)^{\frac{1}{2}}}$. Что касается уравнения (2.1), то мы перейдем к обычным функциональным обозначениям и запишем это уравнение в виде $\pi(x, t+\Delta t) = p\pi(x-\Delta x, t) + q\pi(x+\Delta x, t)$. Разлагая функции от $t+\Delta t$ и $x+\Delta x$ в ряды Тейлора и сохраняя в этих разложениях члены не выше второго порядка, формально получаем

$$\Delta t \frac{\partial \pi(x,t)}{\partial t} = (q-p)\Delta x \frac{\partial \pi(x,t)}{\partial x} + \frac{(\Delta x)^2}{2}\frac{\partial^2 \pi(x,t)}{\partial x^2} + \ldots$$

В пределе получим

$$\frac{\partial \pi(x,t)}{\partial t} = -2c\frac{\partial \pi(x,t)}{\partial x} + D\frac{\partial^2 \pi(x,t)}{\partial x^2}.$$

Это хорошо известное уравнение Колмогорова-Фоккера-Планка для диффузии при наличии течения.

Учет всех рассмотренных сил также приводит к интегро-дифференциальному уравнению типа Фоккера-Планка. Кроме Тихонова О.Н. эти уравнения численно решались Рубинштейном Ю.Б. и Филипповым Ю.А. [15, 16]. Без применения аналитических результатов эти расчеты выполнялись практически "вручную" и не могли быть рекомендованы для практического применения.

Следуя идеям, заложенным в кривых извлечения Тромпа и исходя из решения уравнения Фоккера-Планка в качестве кривой извлечения [11, 13] можно предложить: $\mathrm{E} = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} ln \frac{x}{m}\right)$. Однако, поскольку идеальное извлечение ($\mathrm{E} = 1$) невозможно встретить на практике, логично ввести некий поправочный коэффициент E_{max}, представляющий собой максимальное извлечение экспериментальных данных. Тогда

$$\mathrm{E} = \mathrm{E}_{max}\left(1 - \Phi\left(\frac{1}{s} ln \frac{x}{m}\right)\right).$$

Для получения зависимости между параметрами продифференцируем полученное выражение: $\frac{d\mathrm{E}}{dx} = -\varphi\left(\frac{1}{s} ln \frac{x}{m}\right)\frac{\mathrm{E}_{max}}{sx} = -\frac{1}{sx}\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\left(\frac{1}{s} ln \frac{x}{m}\right)^2}{2}}$. Значение параметра m соответствует значению x, при котором E = 0,5. В точке $x = m$ $-\frac{d\mathrm{E}}{dx}\Big|_{x=m} = \frac{1}{sm}\frac{1}{\sqrt{2\pi}} = k$, где k – модуль тангенса угла наклона кривой. Отсюда $s = \frac{1}{km\sqrt{2\pi}}$.

Для подбора начальных значений для параметров m, k, s можно предложить следующую схему: пусть x_1 и x_2 таковы, что $\mathrm{E}_1 = \mathrm{E}(x_1)$ ближайшее к $\mathrm{E} = 0{,}5$ справа, а $\mathrm{E}_2 = \mathrm{E}(x_2)$ ближайшее к $\mathrm{E} = 0{,}5$ слева, тогда $m = \frac{x_1 + x_2}{2}$, $k = \left|\frac{\mathrm{E}_2 - \mathrm{E}_1}{x_2 - x_1}\right|$, $s = \frac{1}{km\sqrt{2\pi}}$.

Следует подчеркнуть, что использование полученных результатов особенно эффективно в случае несимметричных относительно центральной части кривых разделения. Такие кривые – это особенность работы гидроциклонов. Их применение к данным промышленных испытаний позволяет сделать следующие выводы.

Решение основного уравнения массопереноса – Колмогорова-Фоккера-Планка приведено к аналитическому выражению для основного в обогащение понятия – кривой извлечения. Раскрыт физический смысл входящих в нее параметров. Получены способы расчета этой кривой как для разделения по крупности, так и для результатов разделения в гравитационных аппаратах. Характерно, что точность сравнения с экспериментом не зависит от симметричности кривой разделения, как это требуется по Тромпу.

Для всех вычислений проверялась гипотеза об адекватности теоретических результатов в сравнении с экспериментальными. Достоверность [14] получена на уровне 95%.

Список литературы

1. **Фоменко Т.Г., Бутовецкий В.С., Погарцева Е.М.** Исследование углей на обогатимость. – М.: Недра, 1978. – 263 с.

2 **. Коткин А.М., Геращенко К.Д.** Определение показателей выхода и качества товарных продуктов обогащения // Сб. Обогащение и брикетирование угля. – М., 1972. – № 6. – С. 76–79.

3. **Павлович В.И., Фоменко Т.Г., Погарцева Е.М.** Определение показателей обогащения углей. – М.: Недра, 1966. – 374 с.

4. **Тихонов О.Н.** Решение задач по автоматизации процессов обогащения и металлургии. – Л.: Недра, 1969. – 256 с.

5. **Барский М.Д.** Оптимизация процессов разделения зернистых материалов. – М.: Недра, 1978. – 168 с.

6. **Барский М.Д., Ревнивцев В.И., Соколин Ю.В.** Гравитационная классификация зернистых материалов. – М.: Недра, 1978. – 316 с.

7. **Гайденрайх Г.** Оценка промышленных результатов обогащения полезных испокаемых. – М.: ГНТИ по горн. делу, 1962. – 190 с.

8. **Самыгин В.Д., Митрофанов С.И., Барский М.Д**. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М.: Недра, 1974. – 435 с.

9. **Толубинский Е.В.** Интегральный метод решения общей задачи; переноса тепла и вещества ДАН СССР, 160, Л° 6, 1965; Интегральный метод решения общей задачи диффузионного переноса тепла и вещества. Данный сборник, стр.13.

10. **Пожидаев В.Ф.** Статическое описание распределений смеси зерен // Горный журнал. – Свердловск: Издательство Вузов. 1974. – № 8. – С. 150–153.

11. **Гарус В.К., Грачев О.В., Пожидаев В.Ф., Полулях А.Д.** Формализация результатов разделительных процессов в углеобогащении. – Луганск: вид. ООО "НВФСТЕК". – 2003. – 176 с.

12. **Рубинштейн Ю.Б., Волков Л.А.** Математические методы в обогащении полезных ископаемых. – М.: Недра, 1987. – 296 с.

13. **Пожидаев В.Ф., Пилов П.И., Полулях А.Д., Шандар С.В.** Анатилическое описание распределения зольности угля по фракциям // Наук.-техн. зб.: Збагачення корисних копалин.

– Дніпропетровськ: НГА, 2000. – № 8(49). – С. 12–18.

14. **Тутубалин В.Н.** Теория вероятностей. Краткий курс и научно-методические замечания. – Издательство московского университета, 1972. – 228 с.

Надійшла до редколегії 25.04.2006 р.
Рекомендовано до публікації

УДК 622.794

О.А. КРУТЬ, канд. техн. наук
(Україна, Донецьк, НВО "Хаймек"),
В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук,
П.В. СЕРГЄЄВ, канд. техн. наук
(Україна, Донецьк, Донецький національний технічний університет)

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ ТВЕРДОЇ ФАЗИ ВОДОВУГІЛЬНОЇ СУСПЕНЗІЇ З ПОЗИЦІЙ ТЕОРІЇ ДЛФО

В умовах дефіциту паливних ресурсів і зміни цінової політики щодо нафти та газу в Україні все актуальнішим стає збільшення частки вугілля у паливно-енергетичному балансі. Однією з перспективних технологій є використання в якості палива висококонцентрованих водовугільних суспензій (ВВВС). Вона, по-перше, дозволяє одержувати стійке транспортабельне паливо, яке може спалюватись в топках котлів без попереднього зневоднення. По-друге, ця технологія відрізняється суттєво більшою екологічною чистотою[1, 2].

Разом з тим сама висококонцентрована водовугільна суспензія являє собою складний об’єкт, який характеризується багатьма фізико-хімічними факторами, що визначають її агрегативну і седиментаційну стійкість та реологічні властивості.

Високу стабільність і текучість суспензій обумовлюють їх тиксотпропні властивості. Зокрема, в умовах турбулентних потоків обернена тиксотропта відновлюваність забезпечується, згідно теорії ДЛФО, коагуляцією дисперсної твердої фази суспензії у положенні так званої "другої потенційної ями" на кривих "сумарна енергія взаємодії (E_c) – відстань між частинками (h)" [3–5].

Теоретичні основи тиксотропних рідинних систем базуються на основних положеннях колоїдної хімії, розроблених в роботах [3, 4, 6, 7]. Теорія водовугільних суспензій наразі знаходиться на стадії накопичення емпіричного матеріалу і опрацювання робочих гіпотез.

Метою цієї роботи є оцінка базисних властивостей ВВВС і тенденцій їх зміни з позицій сучасної теорії стійкості ліофобних колоїдів (теорії ДЛФО).