© В.Г. Черкасов, 2004

УДК 622.7

В.Г. Черкасов

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ПОТОКОВ

Семинар № 21

Процесс разделения полидисперсных гидровзвесей достаточно сложен: практически невозможно применить подход Лагранжа, описывая поведение каждой частицы. Применяя количественную характеристику перерабатываемого сырья согласно теоретическим разработкам О.Н. Тихонова как дифференциальную функцию распределения $\gamma(\xi)$ частиц смеси по физическому свойству ξ, которая несет информацию об исходном сырье, можно с последующим наложением распределительных свойств обогатительного аппарата проследить массовое движение твердой фазы гидросмеси по рабочему пространству в вероятностном смысле.

Если $\gamma(\xi)$ является распределительной функцией твердой фазы по элементарным фракциям, то $L = L(\xi)$ или $\xi = \xi(L)$ – распределительная функция рабочего пространства, устанавливающая связь между физическим признаком частиц и геометрическим параметром аппарата, то есть функция чувствительности аппарата на свойства частиц.

Так для тонкослойных аппаратов, разделяющих гидросмесь на твердую и жидкую фазы, с целью определения положения ценного компонента, можно получить характеристику распределения частиц по длине канала с качественно-количественной оценкой образовавшегося в нем слоя осадка.

В качестве физического свойства частиц ξ примем гидравлическую крупность – w, а распределительного признака – предельную длину переноса частицы в канале – L.

Если твердая фаза на входе в канал распределяется по его высоте равномерно, то при прохождении тонкослойного пространства с ламинарным режимом легкая фракция (w_{min}) осядет по предельной длине канала L_{max}, тяжелая (w_{max}) – по длине L_{min}, а фракция w_i – по длине L_i. Конечная длина распределения i-ой фракции для ламинарного режима массопотока в канале связана зависимостью $w_i = w(L_i)$

$$w_i = \frac{HV_{cp}}{L_i \cos\alpha}, \qquad (1)$$

где H – высота канала, V_{cp} – средняя скорость гидровзвеси в канале, α - угол наклона канала. Очевидно, для анализа распределения твердой фазы по длине тонкослойного пространства интерес представляет зависимость $\gamma_i = \gamma(L_i)\Delta L$.

Заменяя w_i на $w_i = w(L_i)$, получаем условие нормировки для всего объема полидисперсной твердой фазы, проходящей через канал

$$\int_{w_{min}}^{w_{max}} \gamma(w)dw = \qquad (2)$$

$$= \int_{L(w_{min})=L_{max}}^{L(w_{max})=L_{min}} -\gamma\left[w(L)\right]\frac{HV_{cp}}{L^2\cos\alpha}dL = \int_{L_{min}}^{L_{max}} \gamma\left[w(L)\right]\frac{HV_{cp}}{L^2\cos\alpha}dL = 1$$

Для γ-функции с двумя признаками твердой фазы $\gamma(\rho, d_Э)$ распределительная функция рабочего пространства канала в пределах применимости формулы Стокса имеет вид

$$L_i = \frac{18HV_{cp}\mu}{d_Э^2 g(\rho - \rho_Ж)\cos\alpha}, \qquad (3)$$

где $\rho_{ж}$ и μ - соответственно плотность и динамическая вязкость жидкой фазы, ρ - плотность и $d_э$ - эквивалентный диаметр частиц, g – ускорение свободного падения.

Каждая узкая фракция в канале занимает определенный объем тонкослойного пространства, и при постоянной ширине условная высота слоя Δh_i составит

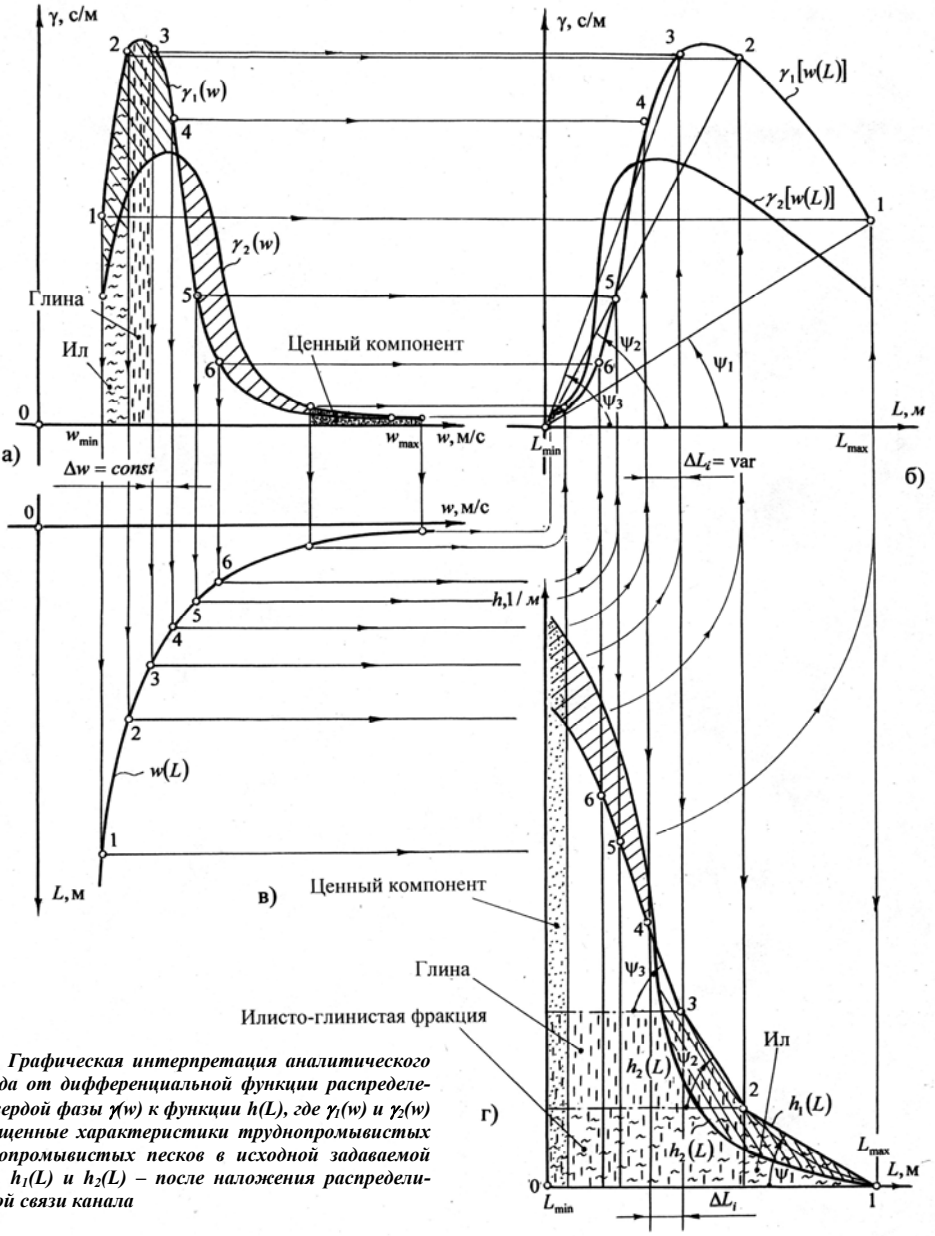

Рис. 1. Графическая интерпретация аналитического перехода от дифференциальной функции распределения твердой фазы γ(w) к функции h(L), где γ₁(w) и γ₂(w) – обобщенные характеристики труднопромывистых и легкопромывистых песков в исходной задаваемой форме, h₁(L) и h₂(L) – после наложения распределительной связи канала

$$\Delta h_i = \frac{\gamma(w_i)\Delta w}{L_i} = \frac{\gamma[w(L)]HV_{cp}\Delta L}{L_i^3 \cos\alpha}, \qquad (4)$$

а для всего объема твердой фазы, перешедшей в осадок, будем иметь зависимость h = h(L), полученную интегрированием

$$h(L) = \int \gamma[w(L)]\frac{HV_{cp}}{L^3 \cos\alpha}dL. \qquad (5)$$

Постоянная величина интегрирования находится из условия полного оседания неустойчивой твердой фазы при $L = L_{max}$, когда $h(L_{max}) = 0$.

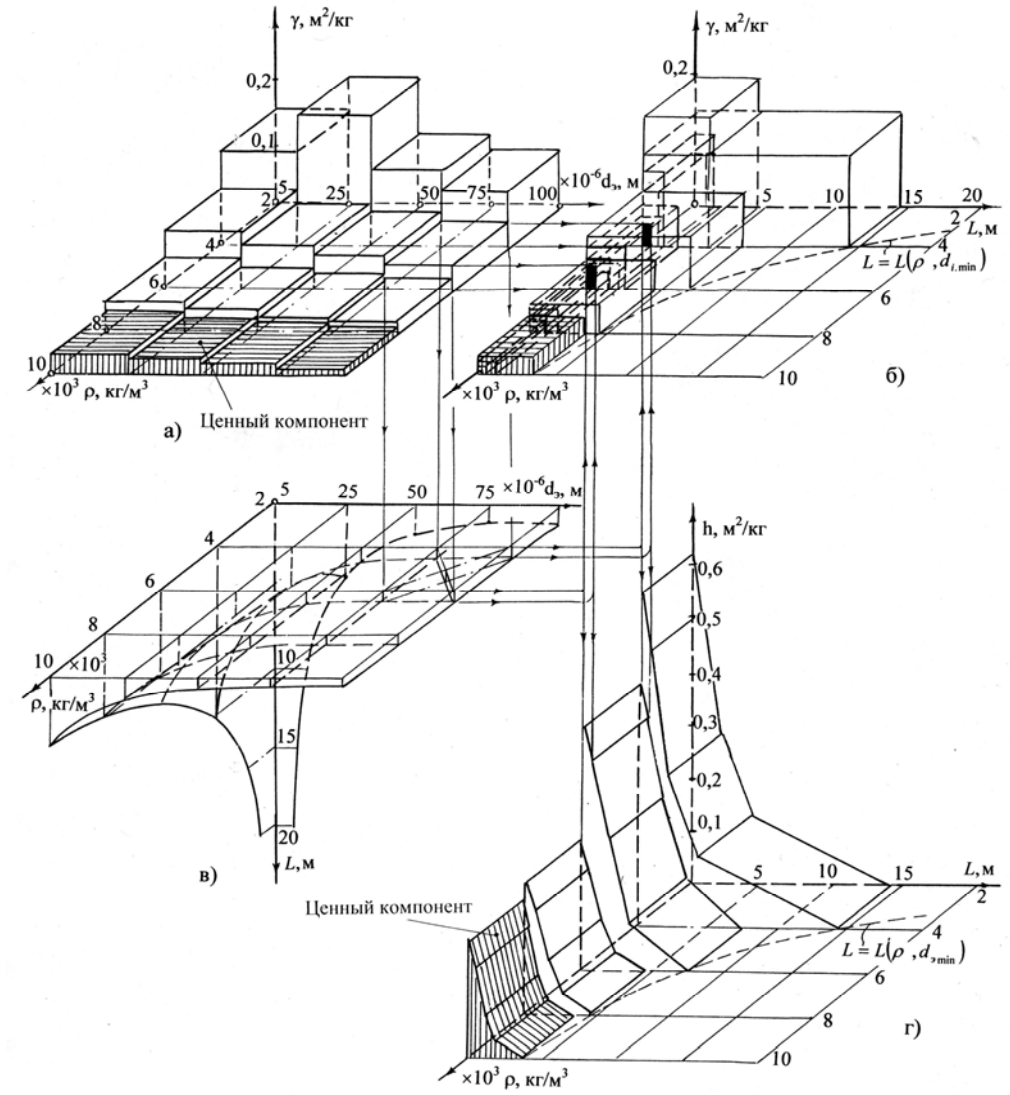

Рис. 2. Графическая интерпретация аналитического перехода от γ-функции с двумя признаками ρ и $d_э$ к h-функции, где: а – исходная γ-функция в дискретном виде; б – промежуточная функция γ(ρ,L); в – распределительная функция L=L(ρ,$d_э$); г – h-функция

При переходе всего исходного объема частиц в осадок должно выполнятся условие нормировки

$$\int_0^{L_{\max}} h(L)dL = 1 \quad (6)$$

Слово “высота” принята условно и представляет дифференциальную функцию распределения объемной доли твердой фазы по высоте канала при статическом состоянии осадка, и размерность этого параметра (1/м) перевернутая, как и у γ - функции. Зависимость $h = h(L)$ характеризует “деформацию” объема исходной полидисперсной смеси частиц по длине канала согласно их физическим свойством.

Если γ-функция характеризует исходную твердую фазу на входе по выбранному параметру в данном случае w (или ρ и $d_э$) в объемных (или массовых) долях по узким фракциям, то полученная функция h=h(L) показывает пе-

перераспределение этого объема или массы частиц по геометрическому пространству рабочей зоны канала при наложении на исходную γ-функцию дополнительных связей, вызванных сочетанием свойств физического параметра, например w, с распределительными свойствами аппарата. Иными словами γ-функция претерпевает технологическую “деформацию” с сохранением условия нормировки, например по объему: если на входе объем твердой фазы оценивался 1, то на выходе (в осадке и сливе) тоже 1. Более наглядно переход от функции γ(w) к функции h(L) показан графически на рис. 1.

Совместный анализ зависимостей γ(w) и h(L) позволяет оценить влияния состава исходной полидисперсной смеси на ее распределение вдоль канала в осадке с учетом геометрических параметров тонкослойного пространства.

В диапазоне двумерного измерения γ-функции $\gamma(\rho,d_э)$ получаемая зависимость вида $h(\rho,L)$ так же представляет дифференциальную функцию перераспределения исходного объема твердой фазы по высоте осадка вдоль канала

$$h(\rho,L)=\int\int \gamma\{\rho\ [d_э(L\ )]\}\times$$

$$\times(-2{,}12L^{-\frac{5}{2}}\upsilon\sqrt{\frac{\mathrm{Re}\,\rho_{ж}}{g(\rho-\rho_{ж})\cos\alpha}})d\rho dL. \qquad (7)$$

где постоянные интегрирования определяются из условия: при $\rho_{\min}$ и $L_{\max}$ имеем h = 0. При этом по всему рассматриваемому диапазону характеристик исходного питания должно соблюдаться условие нормировки

$$\int_{L_{\max}}^{0} dL \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} h(\rho,L)d\rho = 1. \qquad (8)$$

Это означает, что вся исходная твердая фаза плотностью $\rho_{\min}<\rho<\rho_{\max}$ крупностью $d_{эmin}<d_э<d_{эmax}$ на участке $0<L<L_{\max}$ переходит в осадок.

Применительно к суспензии, возникающей при промывке высокоглинистых песков с диапазоном изменения физических параметров частиц по плотности 2<ρ<10 кг/дм^3, крупностью 0,005<d<0,1 мм и с описанием объемной характеристики твердой фазы двумерной дифференциальной функцией вида γ(ρ,d), заданной дискретно и приближенной по содержанию к гидровзвесям хвостов промывки металлоносных песков, определена графоаналитическим методом зависимость h=h(ρ,d) для канала с углом наклона $\alpha=60^0$ и числом Рейнольдса Re=1000 по исходному потоку, который обеспечивает ламинарный режим в тонкослойном пространстве, рис. 2. Так как преобладающая область изменения физических признаков для частиц в водной среде попадает под действие закона Стокса, то при условии их сферичности в качестве распределительной функции вида $L_i=L(\rho,d_э)$ принята зависимость (3).

Операция выполнена последовательно, в соответствии с плоской задачей, рис. 1, по уровням ρ_i.

Полученная зависимость $h_i=h(\rho_i,L_i)$, рис. 2, показывает распределение узких фракций с геометрической точки зрения и объемной характеристики осадка по длине канала в зависимости от плотности частиц исходной твердой фазы. Для перехода от условной высоты осадка h к реальной h_e в его подвижном состоянии введем η - масштабный коэффициент и $\eta_д$ – динамический коэффициент. Комплекс $\eta\eta_д$ определяется из баланса твердой фазы в канале как

$$\eta\eta_{д}=\frac{cV_{ср}HL_{\max}}{cV_{ср}+U_{ср}c_{д}}, \text{ (м}^2\text{)}, \qquad (9)$$

где c и $c_д$ – объемное содержание твердой фазы в исходном питании и в осадке соответственно, $U_{ср}$ – скорость перемещения осадка в канале.

Переход от первообразной $\gamma(\rho,d_э)$ к $h(\rho,L)$ дает возможность теоретически оценить выбранные параметры и режимы канала в естественной форме. Так, например, при 5 % содержании твердой фазы по объему в исходном питании гидровзвеси, перемещающейся вдоль канала со скоростью $V_{ср}$ = 0,04 м/с, и 30 % - в подвижном слое осадка, перемещающегося со скоростью $2V_{ср}$, естественная высота $h_{д\max}$ слоя осадка по сумме всех фракций на выходе из канала с параметрами H = 0,025 м, $L_{\max}$ = 14 м и Re = 1000 составит с учетом (9) и исходных данных, рис. 2,

$$h_{д\max}=\eta\eta_{д}\sum_{i=1}^{i=4}h(\rho_i,L_{\min})=0{,}027\cdot 1{,}34=0{,}0336>H \text{ ,(м),}$$

что на 34 % превышает высоту самого канала H и, очевидно, при выбранных параметрах произойдет его закупорка.

Кроме того, функция $h(\rho, L)$, представленная графически, дает наглядную картину положения ценного компонента, например, тяжелой фракции, в объемном соотношении по длине распределения осадка в канале. В рассмотренном случае для полного улавливания этой фракции длину канала можно сократить в 3,5 раза.

Таким образом, оседающие полидисперсные частицы образуют в наклонном канале определенный слой осадка, качественную и количественную характеристику которого с определенной степенью точности можно описать теоретически разработанными уравнениями вида $h = h(L)$ или $h = h(\rho, L)$ отображающие объемное содержание твердой фазы в исходном питании по одно- или двуфакторным признакам с учетом распределительных свойств тонкослойного пространства, включая его геометрические параметры и пропускную способность.

Трансформация исходной γ-функции в h-функцию обеспечивает на стадии проектирования осуществлять направленный поиск рациональных схем и режимов движения массопотоков с учетом функционального назначения аппарата, так как по своей сущности последняя включает в себя как параметры канала, направления потоков, так и саму характеристику исходных минералов.

Коротко об авторах

Черкасов В.Г. – ЧитГУ.

НОВИНКИ

ИЗДАТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Геодезия и маркшейдерия / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич и др.; Под ред. В.А. Букринского, В.Н. Попова: Учебник для вузов. — 453 с.: ил.

ISBN 5-7418-0300-8 (в пер.)

Приведены теоретические основы геодезии и маркшейдерии, обобщен опыт производства работ при проектировании, строительстве и эксплуатации горно-рудных предприятий, наземных и подземных сооружений различного назначения. Рассмотрены особенности создания геодезических и маркшейдерских сетей, изложены методы геодезических и маркшейдерских съемок с описанием приборов для измерения угловых и линейных величин на местности и в выработках. Содержатся методы геометризации и подсчета запасов месторождений полезных ископаемых, сведения о сдвижении горных пород и земной поверхности под влиянием горных выработок и об охране сооружений от их вредного воздействия, устойчивости бортов карьеров и отвалов.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Физические процессы горного или нефтегазового производства», «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», «Шахтное и подземное строительство», «Открытые горные работы», «Взрывное дело» направления подготовки дипломированных специалистов «Горное дело».

УДК 622.528:622.1