

С.В. ЕРЕМЕНКО, студент, НТУ “ХПИ”,
А.Г. ТРОШИН, канд. техн. наук, доц., НТУ “ХПИ”

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТРАНСПОРИРОВКУ ОСАДКА В КОНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РОТОРА ОСАДИТЕЛЬНОЙ ШНЕКОВОЙ ЦЕНТРИФУГИ

В статье рассматривается проблема транспортировки жидкотекучих осадков. Проанализировано влияние различных параметров центрифуги на выгружаемый осадок в конической ее части. Произведен расчет минимального значения динамической вязкости

В статті розглядається проблема транспортування рідко-плинних осадів. Проаналізовано вплив різних параметрів на осад у конічній частині ротора центрифуги. Зроблено розрахунок мінімального значення величини динамічної в'язкості

The article deals with problem of transportation of liquid-like sediments. The influence of various centrifuge's parameters on the paged sediments in the conical part of centrifuge's rotor is analyzed. The calculation of dynamic viscosity minimum value was made

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями. В настоящее время получили широкое распространение горизонтальные осадительные центрифуги непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка. Они успешно применяются для разделения суспензий в широком диапазоне крупности частиц твердой фазы (от 2 мм до 5 мкм при разности плотностей более 200 кг/м^3) и концентрацией суспензии по объему от 5 до 40%. В современных условиях центрифуги целесообразно применять при размерах частиц в осадке 100 мкм и менее. Данные машины позволяют разделять суспензии с разными механо-реологическими характеристиками осадков. Однако, при работе с аморфными и гелеобразными гидроокисными осадками (образующимися при очистке: электролитов; буровых растворов; отходов горно-обогатительной отрасли; коммунальных сточных вод и др.) в связи с большой текучестью, наблюдается затруднение их выгрузки шнеком. Нарушение выгрузки осадка приводит к накоплению твердой фазы внутри ротора,

повышению объемной доли твердой фазы в зоне осаждения центрифуги, загромождению шнекового канала осадком и, в итоге, срыву процесса разделения либо к существенному загрязнению фугата. В связи с этим нами была предпринята попытка проанализировать процессы, проходящие в конической части шнекового канала и получить приближенные числовые данные.

Целью данной работы является проведение оценки параметров оказывающих влияние на возможность выгрузки осадка. Конкретные задачи исследования таковы:

- определение конструктивных параметров ротора и свойств осадков, влияющих на возможность их выгрузки;
- оценка минимальной величины динамической вязкости осадка для существующих конструктивных параметров центрифуги ОГШ-461Л производства НТЦ «Экомаш».

Изложение основного материала исследований. В конусной части ротора, именуемой еще зоной отжима, вынесенная из зоны осаждения твердая фаза представляет собой валик, подобный изображенному на рис. 1.

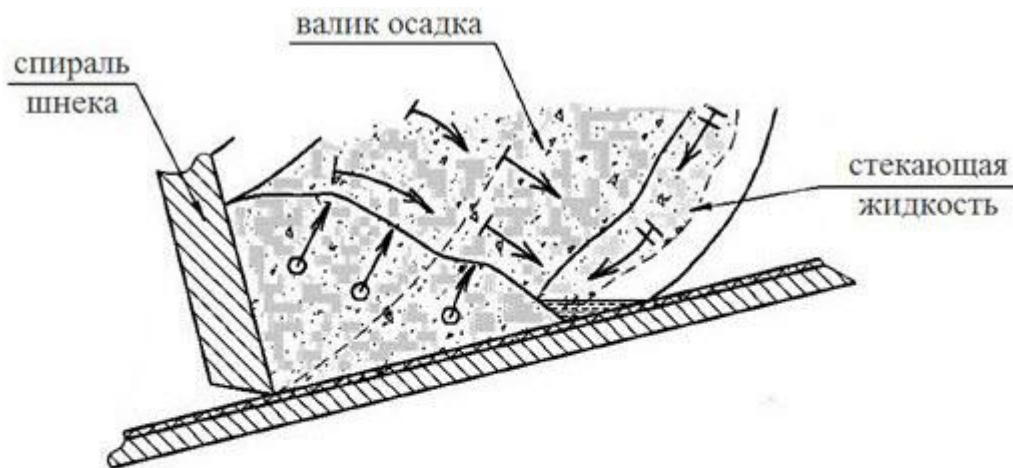


Рис. 1. Разрез участка винтового канала шнека показывающий движение влаги в осадке :

- движение жидкости в осадке
- └→ перемещение жидкости по поверхности осадка
- └→ унос жидкости в сторону большего диаметра

Его форма в нормальном сечении не остается постоянной, а угол естественного откоса валика увеличивается на протяжении транспортировки от основания конуса до окон выгрузки [1]. Это происходит вследствие удаления из него свободной влаги и уплотнения. Получается, что в поле больших по величине центробежных сил, находится более текучий осадок.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее проблемной областью для транспортировки мелкодисперсной твердой фазы является зона перехода от цилиндрической части ротора к конической.

Последнее время имеет место тенденция снижения размеров частиц твердой фазы в суспензиях, разделяемых в осадительных центрифугах. Зачастую разделению подвергаются суспензии с содержанием частиц мельче 100 мкм более 70 %. Исследование свойств осадков таких суспензий показывает, что они более похожи на вязкую жидкость, чем на сыпучее тело [2]. Таким образом, модели движения осадка - сыпучего тела, в котором заложен кулоновский механизм внутреннего и внешнего трения не позволяют надежно предсказывать поведение осадка в шнековом канале или описать существующие факты.

Предлагается в качестве идеализированной модели движения осадка в шнековом канале использовать модель движения вязкой жидкости в проточной части винтового насоса.

Воспользуемся формулой для расчета объемного расхода вязкой жидкости, транспортируемой винтовым насосом [3]:

$$Q = \left(\frac{V_z WH}{2} \right) F_D - \frac{WH^3}{12\mu} \left(\frac{\partial P}{\partial z} \right) F_P, \quad (1)$$

где Q – расход транспортируемой жидкости; V_z – проекция скорости относительного движения корпуса и шнека на ось Z винтового канала ($V_z = \pi D n \cos \theta$); W , H – геометрические параметры нормального сечения шнекового канала (ширина и высота); $\left(\frac{\partial P}{\partial z} \right)$ – градиент давления в винтовом канале; F_D , F_P – коэффициенты формы канала (определяются соотношением H/W).

В формуле (1) первый член уравнения представляет собой расход вынужденного потока в сторону выгрузки, а второй член уравнения – расход «потока под давлением», который направлен в противоположную сторону.

Определим приблизительную величину $\left(\frac{\partial P}{\partial z}\right)$ применительно к шнековому каналу в конической части ротора центрифуги. Градиент давления в этом случае обусловлен гидростатическим давлением жидкости в поле центробежных сил. Перепад давлений ΔP на одном витке шнекового канала в конической части определим как:

$$\Delta P = \rho_{oc} a_y W \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где: $\rho_{i\dot{n}}$ – плотность осадка; \dot{a}_o – ускорение поля центробежных сил; α – угол наклона конической части ротора.

Длина шнекового канала на протяжении одного витка:

$$\Delta z = \pi D \cos \theta. \quad (3)$$

Таким образом:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial z}\right) = \frac{\rho_{i\dot{n}} \dot{a}_o \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \theta}{\cos \theta}. \quad (4)$$

Определим параметры влияющие на возможность транспортировки осадка по шнековому каналу и производительность по выгружаемому осадку. Для этого подставим уравнение (4) в (1) и получим:

$$Q = \left(\frac{\pi D n \cos \theta W H}{2}\right) F_D - \frac{W H^3 \rho_{i\dot{n}} \dot{a}_o \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \theta F_P}{12 \mu \cos \theta}. \quad (5)$$

Из данного уравнения видно, какие параметры оказывают влияние на выгрузку осадка. По сравнению с известными результатами, полученными на основе модели сыпучего тела, данное уравнение учитывает ускорение поля центробежных сил и динамический

коэффициент вязкости выгружаемого осадка, кроме того влияние частоты вращения шнека выражается не прямопропорциональной зависимостью.

На основе уравнения (5) можно оценить вязкость осадка, который будит выгружаться шнеком в конической части ротора. Для этого примем $Q = 0$ (нулевая производительность по осадку). Учитывая, что в диапазоне \dot{I} / W от 0 до 1, $F_D \approx F_P$, после преобразования получим:

$$\mu = \frac{H^2 \rho_{oc} n^2 \operatorname{tg} \alpha W}{180 n_{шн} \cos \theta D}. \quad (6)$$

Зададимся параметрами серийно выпускаемой центрифуги ОГШ–461Л: диаметр ротора 460 мм; угол подъема спирали шнека (θ) 4°; скорость вращения ротора (n) 2000 об/мин, а шнека относительно ротора ($n_{шн}$) 25 об/мин. Плотность выгружаемого осадка (ρ_{oc}) 1350 кг/м³. Подставив значения вышеперечисленных параметров в формулу (6), определим величину динамического коэффициента вязкости в интервале $H = 0,01 - 0,03$ м. Полученная зависимость изображена на рис. 2.



Рис. 2. Зависимость высоты валиков от величины динамич. вязкости осадка

Результаты расчетов показывают, что для обеспечения выгрузки осадка величина динамического коэффициента вязкости должна быть больше $3,7 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Основываясь на эксперименте, можно сказать, что центрифуга не обеспечивает выгрузку осадка при динамической вязкости менее $1,7 \text{ Па}\cdot\text{с}$ (гидроокись титана), осадок вязкостью $3,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ (высокодисперсный угольный шлам с содержанием частиц мельче 63 мкм до 70%) выгружается неустойчиво, с периодическими «шламованиями» [2].

Подставляя различные числовые значения параметров, таких как: W ; n_{oi} ; углы θ и α , несложно пронаблюдать степень влияния каждого параметра на возможность транспортировки и выгрузки осадка.

Законы пропорциональности в первом приближении следующие: например двукратная «нехватка» вязкости может быть компенсирована двукратным уменьшением шага шнека или двукратным уменьшением угла подъема конуса или соответствующим увеличением частоты вращения шнека, а также сочетанием изменений, указанных параметров.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.

1. Предложено рассматривать транспортировку осадка в конической части ротора осадительной шнековой центрифуги как движение вязкой жидкости в шнековом канале.

2. Определены параметры, влияющие на движение осадка в шнековом канале: величина динамической вязкости осадка; угол конусности ротора; шаг транспортирующего шнека и частота его вращения.

3. Расчетным путем установлено минимально допустимое значение динамического коэффициента вязкости выгружаемого осадка для центрифуги ОГШ-461Л, оно составляет $3,7 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Список литературы: 1. Соколов В.И. Центрифугирование. – М.: Химия – 1976, 407 с. 2. Шульгина Е.А., Еременко С.В., Трошин А.Г. Механо-реологические характеристики осадков шнековых центрифуг // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – №21. – С. 39. 3. Мак-Келви Д.М. Переработка полимеров. – М.: Химия – 1965, 445 с.

Поступила в редколлегию 21.03.12