

Исследованный теплообменник-подогреватель имеет простую конструкцию, легко встраивается в существующие емкостные или колонные аппараты и не требует установки насоса.

Литература

1. Теплотехника: Учеб. для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др.: Под ред. В. Н. Луканина – 2-е изд. перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 671 с.
2. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 416 с.
3. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Зингер Н. М. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
4. Цегельский, В. Г. Двухфазные струйные аппараты / В. Г. Цегельский. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 408 с.
5. Соснин, Ю. П. Контактные водонагреватели / Ю. П. Соснин. – М.: Стройиздат, 1974. – 359 с.

УДК 621.926

Козловский В. И., Вайтехович П. Е.
(Белорусский государственный технологический университет)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА БИСЕРНЫХ МЕЛЬНИЦ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РОТОРА

При конструировании горизонтальных бисерных мельниц начальными данными в основном являются: производительность (Q , м³/ч), объем рабочей камеры (V , м³), свойства измельчаемого материала, начальный и конечный размеры частиц.

При диспергировании материала в бисерной мельнице не всегда получается продукт необходимого конечного размера. Поэтому данные измельчители в основном работают периодически и материал пропускают сквозь них несколько раз, пока не будет достигнут необходимый конечный размер продукта. В связи с этим такой параметр, как конечный размер частиц, в данном случае не совсем удобен, его можно заменить на эффективность диспергирования:

$$E = 100 - R_d, \quad (1)$$

где R_d – аналог остатка на сите с отверстиями d , мкм.

Критерий эффективности в таком виде показывает, какое количество продукта за один проход имеет граничный размер, равный или

меньший, чем необходимо. Его удобнее использовать при определении необходимого количества проходов материала через мельницу.

На первом этапе (рисунок) в зависимости от эффективности диспергирования по эмпирическим формулам можно предварительно определить скорость подачи суспензии (v_c , м/с) и диаметр мелющих тел ($D_{ш}$, мм) [1, 2].

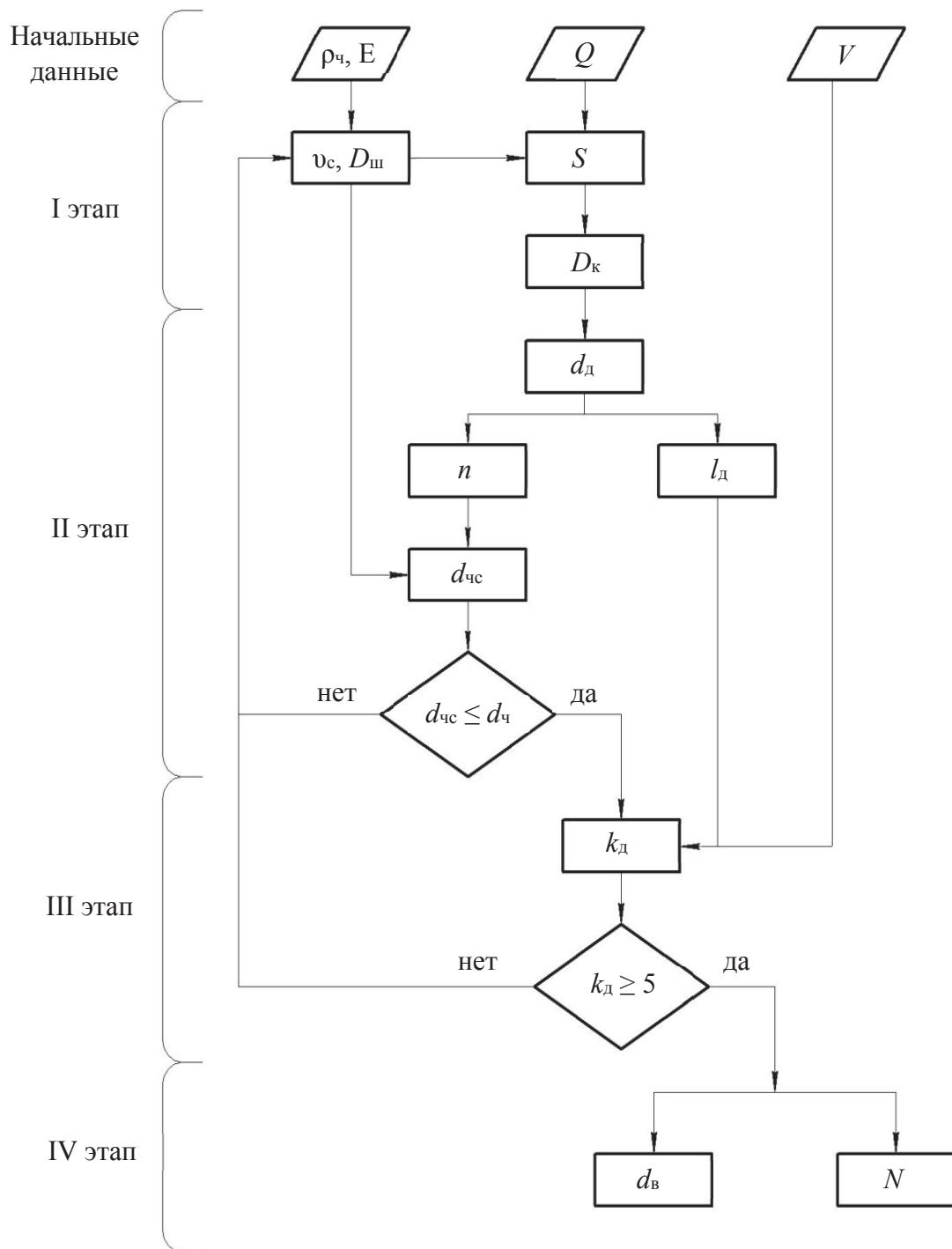


Рисунок – Алгоритм расчета горизонтальной бисерной мельницы

Далее определяется площадь поперечного сечения ($S = Q / v_c$, м²) и диаметр рабочей камеры ($D_k = (4S / \pi)^{0,5}$, м).

Второй этап (рисунок) заключается в определении геометрических и технологических параметров ротора: диаметра перемешивающих дисков и расстояния между ними, частоты вращения ротора, основных размеров динамического сепаратора.

Построение профилей распределения скоростей среды в зоне дисков [3] показало, что максимальное возмущающее воздействие, характеризующееся значительным изменением скорости среды, диск оказывает только на расстоянии 15–20 мм. Таким образом, оптимальное расстояние между двумя соседними дисками (l_d , мм) не должно превышать 30–40 мм.

В результате проведенного компьютерного моделирования оптимальным соотношением диаметра диска d_d и корпуса D_k можно считать [3]:

$$d_d / D_k = (0,65 - 0,74). \quad (4)$$

По поводу частоты вращения следует обратиться к экспериментальным данным, которые показали, что наибольшая эффективность диспергирования достигается при линейной скорости вращения дисков v_d равной 10 м/с. Зная диаметр дисков, можно определить частоту вращения ротора по формуле

$$n = \frac{v_d}{\pi d_d}. \quad (5)$$

Методика расчета динамического сепаратора подробно описана в работе [4]. Она позволяет на основе теоретического и компьютерного анализа движения загрузки в бисерной мельнице определить границу разделения материала:

$$d_{ac} = \frac{3}{4} c_q k_\phi R_c \frac{\rho_c v_r^2}{\rho_m v_\phi^2}, \quad (6)$$

где c_q – коэффициент сопротивления движению частицы в жидкости; k_ϕ – коэффициент формы; R_c – радиус сепаратора по внешним кромкам пальцев, мм; v_r и v_ϕ – составляющие скорости в радиальном и окружном направлениях соответственно, м/с; ρ_c – плотность среды внутри мельницы, кг/м³; ρ_m – плотность измельчаемого материала, кг/м³.

Если рассчитанный по формуле (6) диаметр частиц меньше либо равен конечному, то параметры подобраны верно, если больше – необходимо понизить значение скорости подачи суспензии и произвести перерасчет.

Третий этап (рисунок) расчета заключается в определении количества дисков в зависимости от параметров, рассчитанных выше, и объема рабочей камеры. На основе анализа промышленных установок и с целью создания продолжительной зоны диспергирования количество перемешивающих дисков должно быть не менее пяти. Если оно меньше, то также понижается значение скорости подачи суспензии и производится перерасчет.

На четвертом этапе (рисунок) производится расчет затрат мощности на перемешивание (N , Вт) и определение диаметра вала (d_v , м).

Выражение (7) для определения затрат мощности было получено при теоретическом анализе движения среды, обтекающей вращающийся диск [3].

$$N = 0,616\pi\rho_c\omega^2r^4k_d\sqrt{v\omega}. \quad (7)$$

где r – радиус дисков, м; k_d – количество дисков; v – кинематическая вязкость среды, Па·с; ω – угловая скорость вращения диска, рад/с.

Как можно заметить, при анализе этого выражения основными параметрами, которые могут оказывать воздействие на потребляемую мощность, являются угловая скорость и радиус диска. Также можно отметить, что при проведении экспериментальных исследований было получено довольно хорошее совпадение расчетных и экспериментальных значений мощности.

Диаметр вала (d_v , мм) ротора играет очень важную роль в процессе работы горизонтальной бисерной мельницы. Основной его недостаток – это большая консоль, на которой помимо перемешивающих дисков располагается динамический сепаратор. Хотя в процессе работы и происходит самоцентрирование вала, но при пуске и остановке мельницы возникает его смещение относительно оси и как, следствие, радиальное биение. Оно приводит не только к быстрому выходу из строя подшипников качения, но и износу дорогостоящего торцевого уплотнения. Поэтому диаметр вала должен определяться из условий виброустойчивости, жесткости и прочности [5]. Можно отметить, что основными параметрами, влияющими на него, являются не только масса сепаратора и дисков, но и расстояние между подшипниками качения.

Литература

1. Козловский В. И., Вайтехович П. Е. Влияние конструктивных особенностей шаровой мельницы с мешалкой на ее эффективность // Лакокрасочные материалы и их применение. 2015. № 7. С. 43–45.
2. Козловский В. И., Вайтехович П. Е., Камлюк Т. В. Влияние размера мелющих тел на эффективность диспергирования материала в

шаровой мельнице с мешалкой // Труды БГТУ. 2016. № 3: Химия и технология неорганических веществ. С. 136–141.

3. Козловский В. И., Вайтехович П. Е. Определение энергозатрат на вращение рабочего органа шаровой мельницы с мешалкой // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2016. № 5–6. С. 14–17.

4. Козловский, В. И., Вайтехович П. Е. Определение границы разделения материала в динамическом сепараторе горизонтальной бисерной мельницы // Вестник ГРГУ имени Янки Купалы. Сер. 6, Техника. 2018. № 2. С. 61–67.

5. Васильцов Э. А., Ушаков В. Г. Аппараты для перемешивания жидких сред: справочное пособие: Ленинград: Машиностроение, 1979. 272 с.

УДК 661.715

Петров О.А. Павлечко В.Н. Францкевич В.С. Козловский В.И.
(Белорусский государственный технологический университет)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В МНОГОТОННАЖНЫХ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Решаемая производственная задача состояла в необходимости интенсификации процесса перемешивания нефтяного пластификатора с концентратом в высокой цилиндрической емкости с обогревом, имеющей циркуляционный контур. Причем количество вводимого концентрата не превышало 6% общего объема.

Проведенные исследования показали, что находящийся в емкости продукт нагрет неравномерно. Возле стенок за счет электрообогрева смесь имеет более высокую температуру, чем по центру аппарата. То есть имеет место термогравитационная конвекция в неравномерно нагретой жидкости [1]. Разность плотностей приводит к разности гравитационных сил. В периферийной области возле стенки емкости продукт, имеющий меньшую плотность, поднимается снизу вверх, а в центральной части с большей плотностью опускается вниз (рисунок 1).

Продукт вводится в емкость насосом по циркуляционному контуру, расположенному в нижней части. Как показали расчеты, скорость ввода продукта сопоставима со скоростью свободной циркуляции. Кроме того, при вводе продукта из-за трения о близлежащие слои со сравнительно высокой вязкостью, его скорость в результате принудительной циркуляции будет еще меньше. При вводе продукта через штуцер создается вынужденная циркуляция в объеме смеси. То есть,