

ПРИНЦИП ВЫБОРА ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ АППАРАТОВ

Хрюкин М.Б.

Хрюкин Михаил Борисович - бакалавр, студент,
кафедра технической механики,
Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж

Аннотация: в статье рассмотрены устройство и принцип работы перемешивающих аппаратов. Приведены особенности выбора параметров и размеров, используемых при проектировании мешалки.

Ключевые слова: перемешивающие аппараты, мешалки, основные размеры.

Перемешивание- один из наиболее распространенных процессов технологии химической и нефтехимической промышленности. Аппараты с перемешивающими устройствами используются для проведения разнородных технологических процессов. А значит вопрос создания мешалки с правильно подобранными параметрами является актуальным.

Традиционный вид оборудования для перемешивания- вертикальный цилиндрический аппарат с мешалкой (рис. 1), ось вращения которой совпадает с осью корпуса аппарата. Объем аппаратов с механическими мешалками составляет от 10 дм³ до 2000 м³.

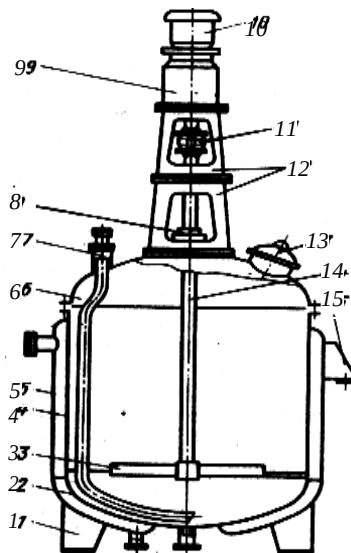


Рис. 1. Аппарат с механической мешалкой:

1 – опорная стойка; 2 – днище; 3 – мешалка; 4 – обечайка; 5 – рубашка; 6 – крышка; 7 – труба передавливания; 8 – уплотнение; 9 – редуктор; 10 – электродвигатель; 11 – соединительная муфта; 12 – стойка привода; 13 – люк; 14 – вал; 15 – опорная лапа

Конструктивным элементом, непосредственно предназначенным для приведения жидкости в вынужденное движение, служит мешалка. Практика показывает, что большинство задач перемешивания может быть успешно решено путём использования ограниченного числа конструкций мешалок: лопастные, турбинные, трёхлопастные (пропеллерные), рамные, якорные. При этом для отдельных типов мешалок существуют наиболее характерные области применения и диапазоны геометрических соотношений.

По величине отношения диаметров аппарата и мешалки G_D перемешивающие устройства подразделяются на две категории:

1) мешалки с вертикальными лопастями (якорные, рамные), которые принято использовать для перемешивания жидкостей повышенной вязкости при значениях $G_D = 1,05 \dots 1,5$;

2) мешалки с горизонтальными лопастями (лопастные, турбинные и другие), используемые при значениях $G_D > 1,5$.

Целью расчёта параметров механического перемешивающего устройства является ответ на вопрос: способно ли устройство обеспечить требуемые условия реализации указанных процессов в рассматриваемом аппарате при выполнении ограничений на геометрические размеры мешалки, глубину центральной воронки (h_B) и потребляемую мощность (N). При отрицательном ответе на этот вопрос возникает задача выбора оптимальной конструкции перемешивающего устройства. Эта задача актуальна

для любых производств, где вертикальные емкостные аппараты в разные периоды эксплуатации могут входить в состав различных технологических систем и использоваться для осуществления разных процессов.

Методики расчета мешалок основаны на том, что при установившемся режиме течения жидкости должны выполняться условия равновесия всех приложенных к системе сил и моментов. При вращательном движении жидкости относительно оси аппарата условие равновесия моментов выражается в форме равенства крутящего момента, приложенного к жидкости при движении лопастей мешалки, и момента сопротивления на стенках, днище аппарата и установленных в сосуде внутренних устройствах. Такой подход обеспечивает возможность использования единых расчетных зависимостей для аппаратов с мешалками разных типов. В качестве исходных данных для расчета используются конструктивные характеристики аппарата с мешалкой, физические свойства перемешиваемой среды.

К числу основных параметров конструкции механического перемешивающего устройства вертикального емкостного аппарата относятся:

- тип мешалки, расчётной характеристикой которого является коэффициент её гидравлического сопротивления (ζ);

- число идентичных мешалок на валу перемешивающего устройства (z_m);

- диаметр мешалок (d_m);

- частота вращения вала перемешивающего устройства (n);

- диаметр вала перемешивающего устройства (d).

В большинстве случаев промышленные аппараты с механическими мешалками реализуют турбулентный режим перемешивания, когда режимы обтекания лопастей мешалки и течения основной массы жидкости являются турбулентными. При этом значение центробежного критерия Рейнольдса

$$Re_u = \frac{nd_m^2}{\nu} \quad (1)$$

превышает 1000 [1]. Здесь ν – кинематическая вязкость перемешиваемой среды, $\text{м}^2/\text{с}$.

Радиальная и осевая составляющие скорости потока перемешиваемой жидкости, как правило, во много раз меньше окружной, значения которой почти не изменяются по высоте аппарата и практически не зависят от высоты расположения мешалки [2]. Профиль окружной скорости жидкости, перемешиваемой механическими мешалками в вертикальном емкостном аппарате, представлен на рис. 2.

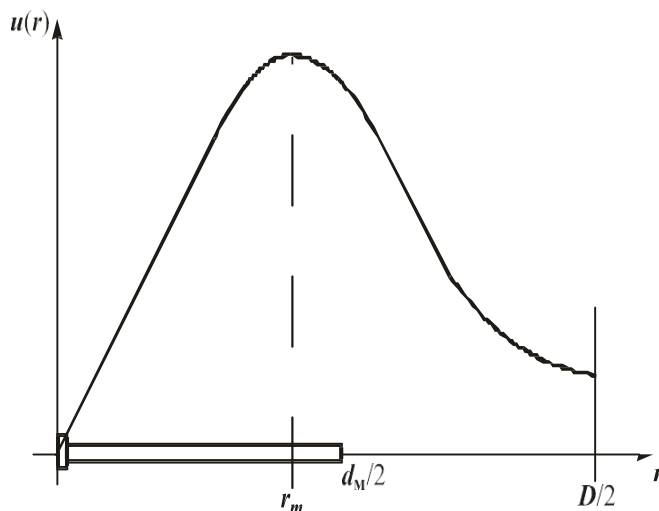


Рис. 2. Профиль окружной скорости перемешиваемой среды:

u – окружная скорость жидкости; r – текущий радиус; r_m – радиус максимума окружной скорости; D – внутренний диаметр аппарата

Установка в аппарате неподвижных внутренних устройств (отражательных перегородок, труб, отражателей, змеевиков) приводит к уменьшению скорости окружного течения, увеличению радиальной и осевой составляющих скорости. Распределение скоростей в этом случае зависит, в основном, от величины суммарного гидравлического сопротивления $R_{вн}$ внутренних устройств окружному потоку. В аппаратах с внутренними устройствами, обладающими высоким гидравлическим сопротивлением, все пространственные составляющие скорости оказываются близкими по величине и важнейшим элементом гидродинамической обстановки становится меридиональная циркуляция.

Гидродинамический расчёт аппаратов с механическими мешалками включает расчёт затрат мощности на перемешивание и определение параметров, характеризующих эффективность перемешивания конкретной среды [4]. Методики расчёта различны в зависимости от соотношения значений $R_{вн}$ и

значения произведения $0,1DH$: при $R_{вн} \leq 0,1DH$, когда осевая и радиальная составляющие скорости потока существенно меньше окружной, в качестве гидродинамической основы расчёта используется параметр профиля окружной скорости перемешиваемой среды ψ_1 , а при $R_{вн} > 0,1DH$ расчёт основан на использовании относительного осреднённого значения окружной скорости потока $u_{ср}$.

Для расчёта необходимы следующие исходные данные:

1. Конструктивные параметры аппарата: внутренний диаметр D ; высота заполнения аппарата рабочей средой без перемешивания H .

2. Параметры перемешивающего устройства (табл. 1): тип мешалки (коэффициент её сопротивления ζ); коэффициент расхода мешалки k_2 ; число мешалок на валу z_M ; диаметр мешалки d_M ; частота вращения вала мешалки n .

Таблица 1. Основные характеристики наиболее распространённых мешалок

Тип мешалки	Рекомендуемые значения $G_D = D/d_M$	Коэффициент сопротивления ζ	Коэффициент расхода k_2
Лопастная	1,5 – 2,5	0,88	0,0013
Трёхлопастная (пропеллерная)	3 – 6	0,56	0,0028
Турбинная	3 – 6	8,4	0,0013
Якорная	1,15 – 1,5	1,28	0,0013
Рамная	1,1 – 1,3	1,28	0,033
Фрезерная	3 – 6	1,5	0,002

3. Параметры установленных в аппарате внутренних устройств: число внутренних устройств z_B ; коэффициенты их гидравлического сопротивления ζ_i , $i = 1, \dots, z_B$; геометрические размеры каждого внутреннего устройства; радиусы расположения их вертикальных осей в аппарате r_i , $i = 1, \dots, z_B$.

4. Физические характеристики перемешиваемой среды: плотность ρ ; кинематическая ν или динамическая μ вязкость; средний диаметр взвешенных частиц; массовая или объёмная концентрация компонентов среды.

На вал предполагается установка нескольких мешалок, если отношение высоты заполнения аппарата (H) к диаметру аппарата (D) превышает 1,3, а именно:

$$\frac{H}{D} \geq 1,3 - \text{условие установки на вал нескольких мешалок.}$$

В случае установки на вал нескольких мешалок, предполагается установка одинаковых мешалок, с расстоянием между ними не менее диаметра мешалки.

Также, для нормальной работы перемешивающего аппарата, высота воронки не должна превышать разности высоты заполнения аппарата и высоты установки мешалки: $H - h_M > h_B$.

Таким образом установка дополнительных устройств, выбор типа мешалки, ее размеров, предполагает анализ и воспроизведение процесса перемешивания, при котором будут соблюдаться благоприятные условия для эффективной работы аппарата.

Список литературы

1. РД 26- 01- 90- 85 «Механические перемешивающие устройства».
2. Карпушкин С.В., Краснянский М.Н., Борисенко А.Б. Расчёты и выбор механических перемешивающих устройств вертикальных ёмкостных аппаратов. ТГТУ, 2009.
3. Беляев В.М., Миронов В.М., Тихонов В.В. Расчет и конструирование основного оборудования отрасли, Часть 1. ТПУ, 2008.
4. Лазинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры, Машиностроение. Л., 1970.