Химическая технология: *что нового?*

Вадим К. Хлесткин, к.х.н.

Новосибирский государственный университет

Перемешивание в жидких средах

- Виды перемешивания.
- Эффективность и интенсивность перемешивания, методы их оценки.
- Расчет мощности на механическое перемешивание.

Перемешивание

Перемешивание состоит в многократном относительном перемещении макрочастиц объема среды под действием импульса (количества движения), передаваемого ей побудителем - струей жидкости или газа, насосом, мешалкой и т.д. Процесс перемешивания используют для получения однородной или неоднородной жидкостной системы.

Цели перемешивания

- перемешивание жидкости с жидкостью, жидкости с твёрдым веществом, жидкости с газом;
- перемешивание с целью сохранения гетерогенной системы и предотвращения расслоения, выпадения осадка или всплывание лёгких фракций;
- перемешивание с целью интенсификации тепло –и массообменных процессов.

Оценочные характеристики перемешивания

- интенсивность перемешивания,
- степень перемешивания,
- распределение ключевого компонента в среде.

Оценочные характеристики перемешивания

- **Ключевой компонент** - вещество, которое вносят в жидкость для перемешивания.
- **Степень перемешивания** - взаимное распределение компонентов после перемешивания (формула Хигсона – Тени):

$$I = \frac{X_1 + X_2 + \ldots + X_n}{n}$$

где X_i - относительная концентрация ключевого компонента во взятых пробах;

n - число проб.

Относительная концентрация

$$X_i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{i0}}$$

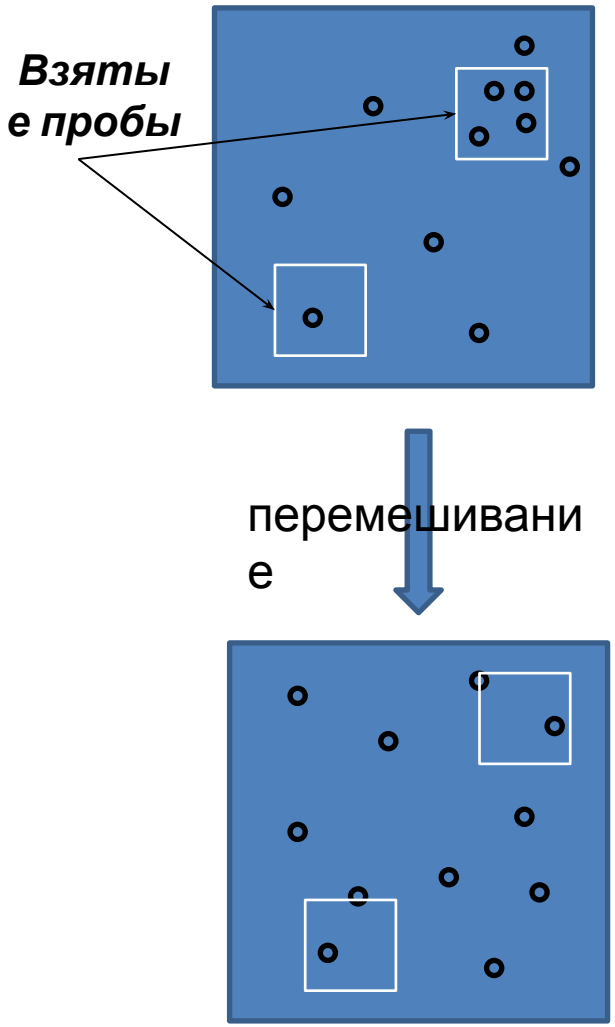
или

$$X_i = \frac{1-\Phi_i}{1-\Phi_{i0}}$$

для $\Phi_i > \Phi_{i0}$

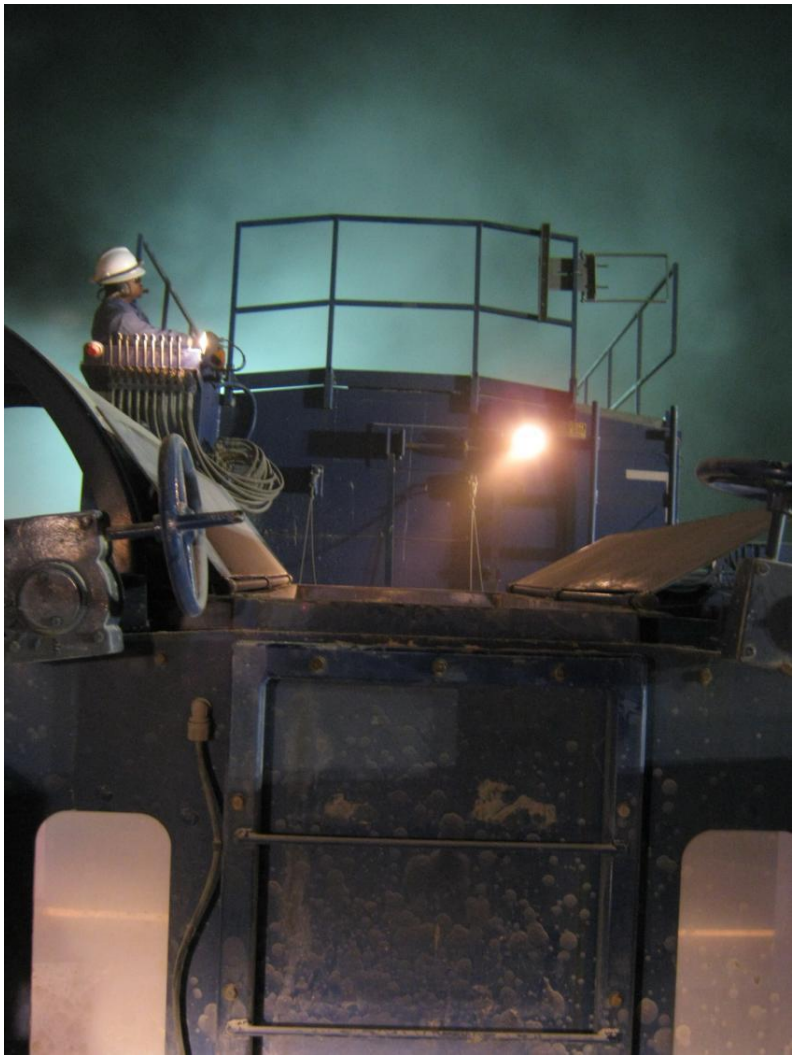
где Φ_i – массовая или объемная доля ключевого компонента в пробе,

Φ_0 - массовая или объемная доля ключевого компонента во всей системе.



Готовится работа по перемешиванию «на лету» многих тонн песка в нескольких тоннах гидрогеля. На снимках – транспорт для перевозки песка.

Наполняются машины для подачи песка.



Песок поступает в устройство дозирования.

(Песок смешиваетс я с гелем.)

10.12.2017

Интенсивность перемешивания

- Важна для определения времени, необходимого для достижения технологического результата (определенной степени перемешивания I).

$$K = I/t$$

где K - интенсивность перемешивания, $с^{-1}$

t -продолжительность перемешивания, с

Технологический эффект

- Отношение скорости процесса при перемешивании и без;
- Равномерность расположения фаз в суспензии или эмульсии

Наиболее распространенные виды перемешивания

- перемешивание механическое;
- перемешивание пневматическое;
- перемешивание циркуляционное;
- перемешивание в потоке путём создания искусственной турбулизации.

Механическое перемешивание

- Основано на применении различного рода мешалок, располагаемых в каких-либо емкостях и совершающих вращательное движение, которое и осуществляет перемешивание компонентов, содержащихся в емкости за счет циркуляции жидкости.
- Три вида течения:
  - Тангенциальное;
  - Радиальное;
  - Осевое.

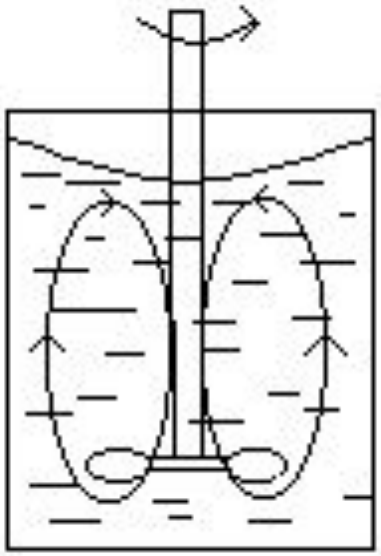
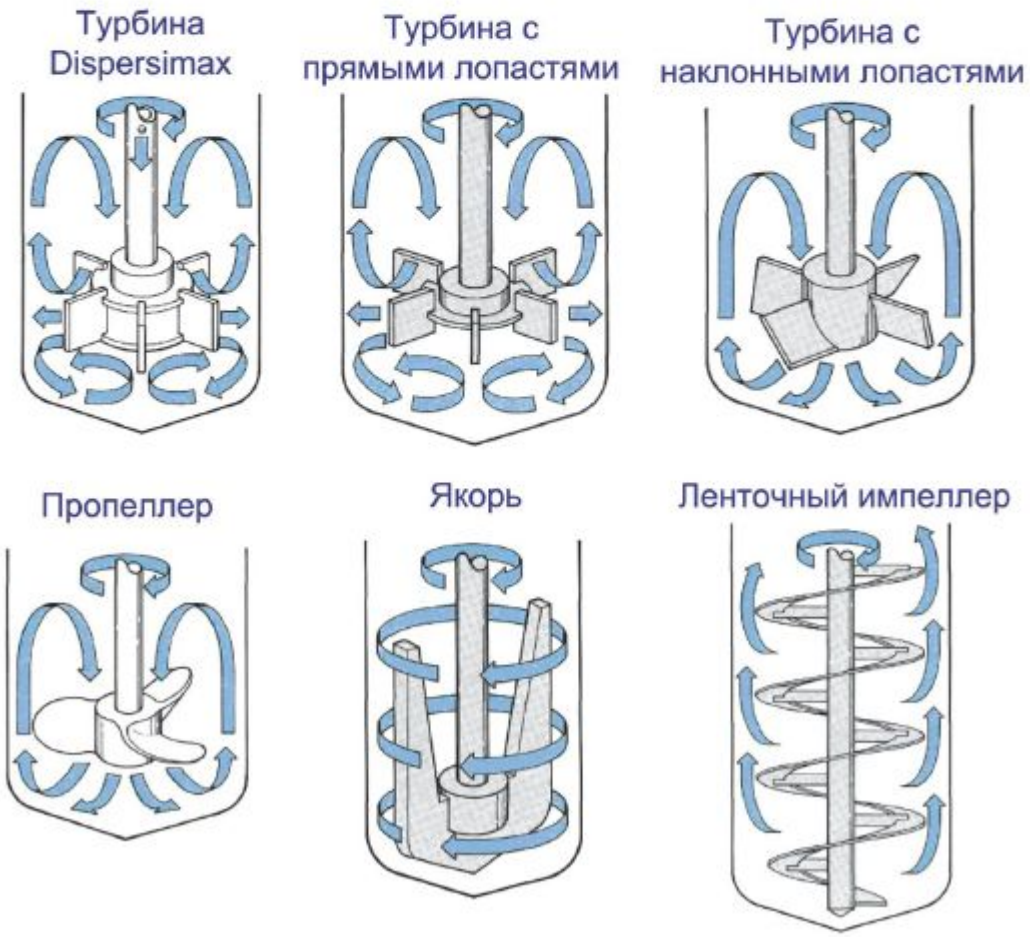


Рис. 1.

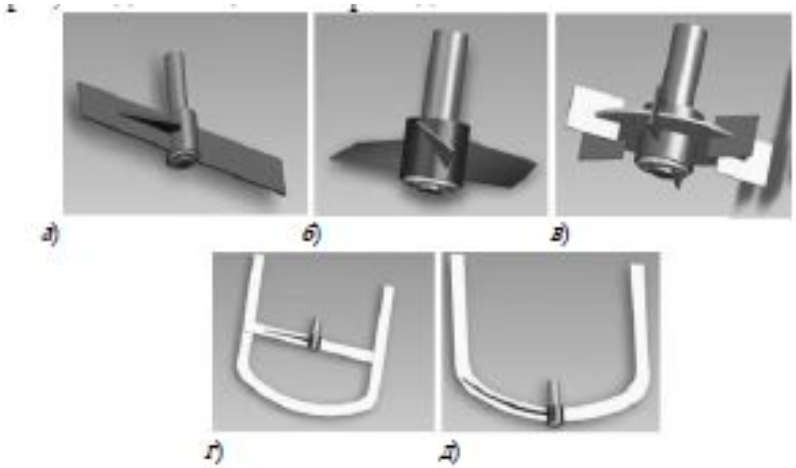
Виды мешалок:

однолопастные; многолопастные; рамные; пропеллерные; турбинные; якорные; шнековые

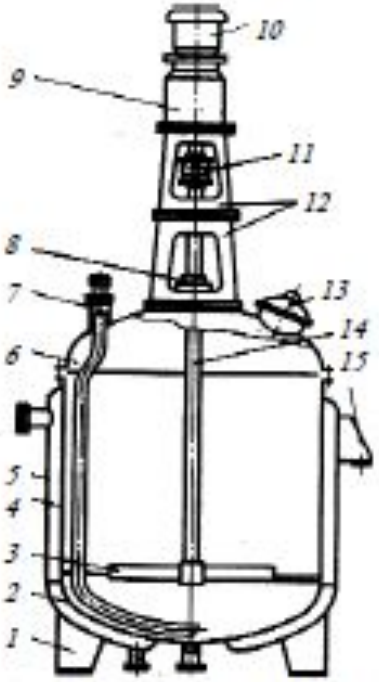
- Лопастные и рамные используются для перемешивания маловязких жидкостей,
- пропеллерные – жидкостей умеренной вязкости,
- турбинные – невязких и вязких систем,
- якорные и шнековые – высоковязких и пластичных систем.



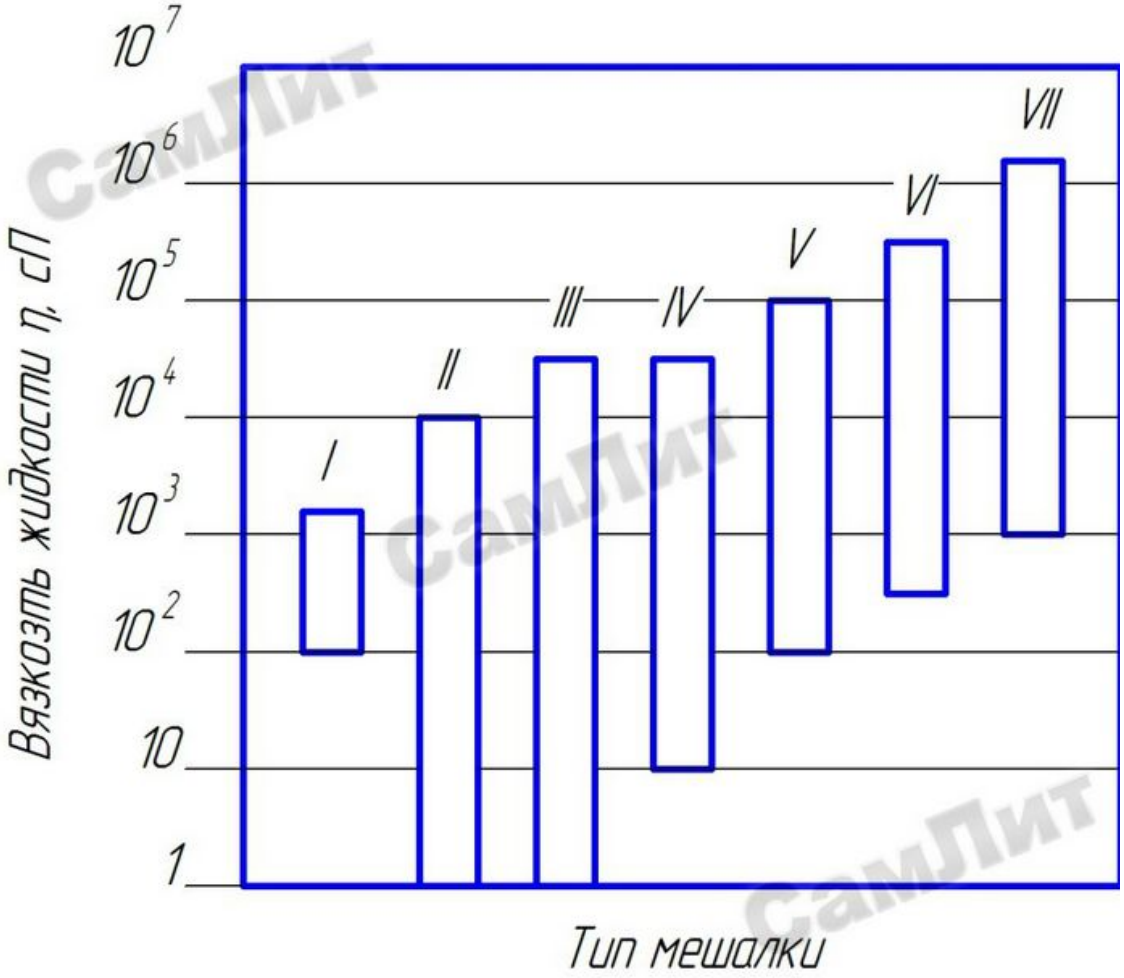
- ✔ Dispersimax с полым валом при вращении захватывает газ из внутреннего объема реактора, и барботирует его через жидкость. Хорошо подходит для реакций газ – жидкость в средах с низкой вязкостью.
- ✔ Турбина с прямыми лопастями подходит, когда требуется большое усилие в радиальном направлении.
- ✔ Турбина с наклонными лопастями создает осевой поток и особенно хороша, когда использование волнорезов не желательно. Поток может быть восходящим или нисходящим, в зависимости от наклона лопастей.
- ✔ Пропеллер также создает осевой поток и хорош для жидкостей с низкой вязкостью.
- ✔ Якорь – для создания радиального потока при невысоких скоростях и хорош для вязких жидкостей (5 – 50 Па*с).
- ✔ Ленточный – в средах с высокой вязкостью (полимеры и др). Работает на невысоких скоростях. Как и якорь, обеспечивает хорошую теплопередачу в вязких жидкостях.



Механические мешалки:
а – лопастная; *б* – трёхлопастная; *в* – открытая турбинная; *г* – рамная; *д* – якорная



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



I – якорная; II – пропеллерная; III – турбинная с плоскими лопатками; IV – лопастная; V – рамная; VI – шнековая; VII – ленточная

Критерий Рейнольдса

Критерий Рейнольдса в случае процессов перемешивания имеет следующий вид:

$$Re = \frac{nd^2}{\gamma}$$

где n - частота вращения мешалки, $с^{-1}$;

d - диаметр мешалки, м;

γ - коэффициент кинематической вязкости перемешиваемой жидкости.

Модифицированные критерии

Значение критерия Рейнольдса позволяет определить режим перемешивания:

- $Re_м$<100 –ламинарный режим;
- $Re_м$ от 100 до 1000 –переходный режим;
- $Re_м$ >1000 –турбулентный режим.

Критерий Эйлера (модифицированный)

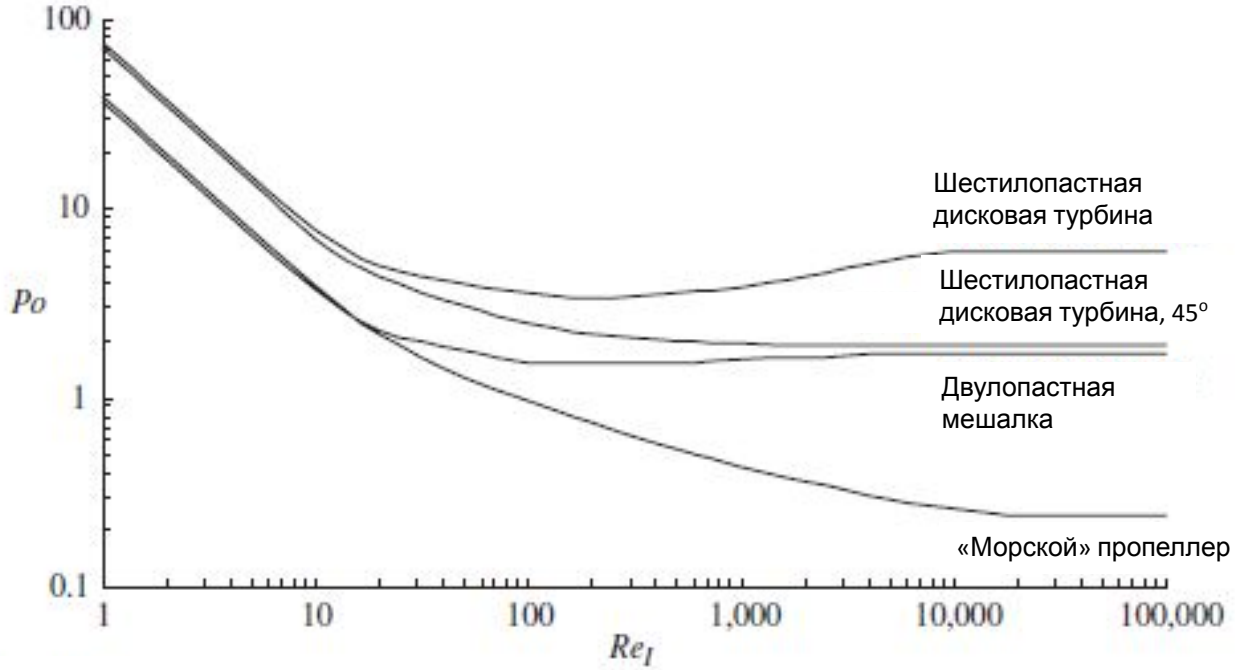
$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho \omega^2} = \frac{N}{\rho S \omega^3} = \frac{N}{\rho n^3 d^5} = K_N$$

где ΔP- разность давлений между передней (со стороны набегания потока) и задней плоскостями мешалки, Па;

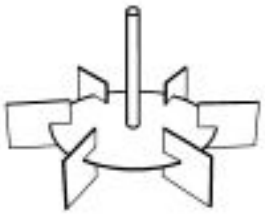
K_N- фактор мощности;

P - плотность перемешиваемой системы,

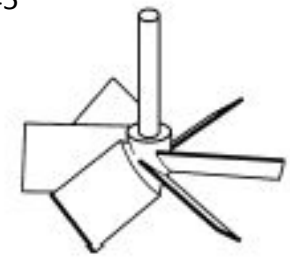
N - мощность двигателя (рассчитывается, а K_N определяется по таблице по числу Рейнольдса)



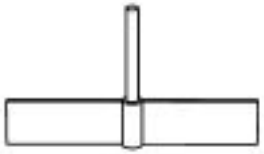
Шестилопастная дисковая турбина



Шестилопастная дисковая турбина, 45°

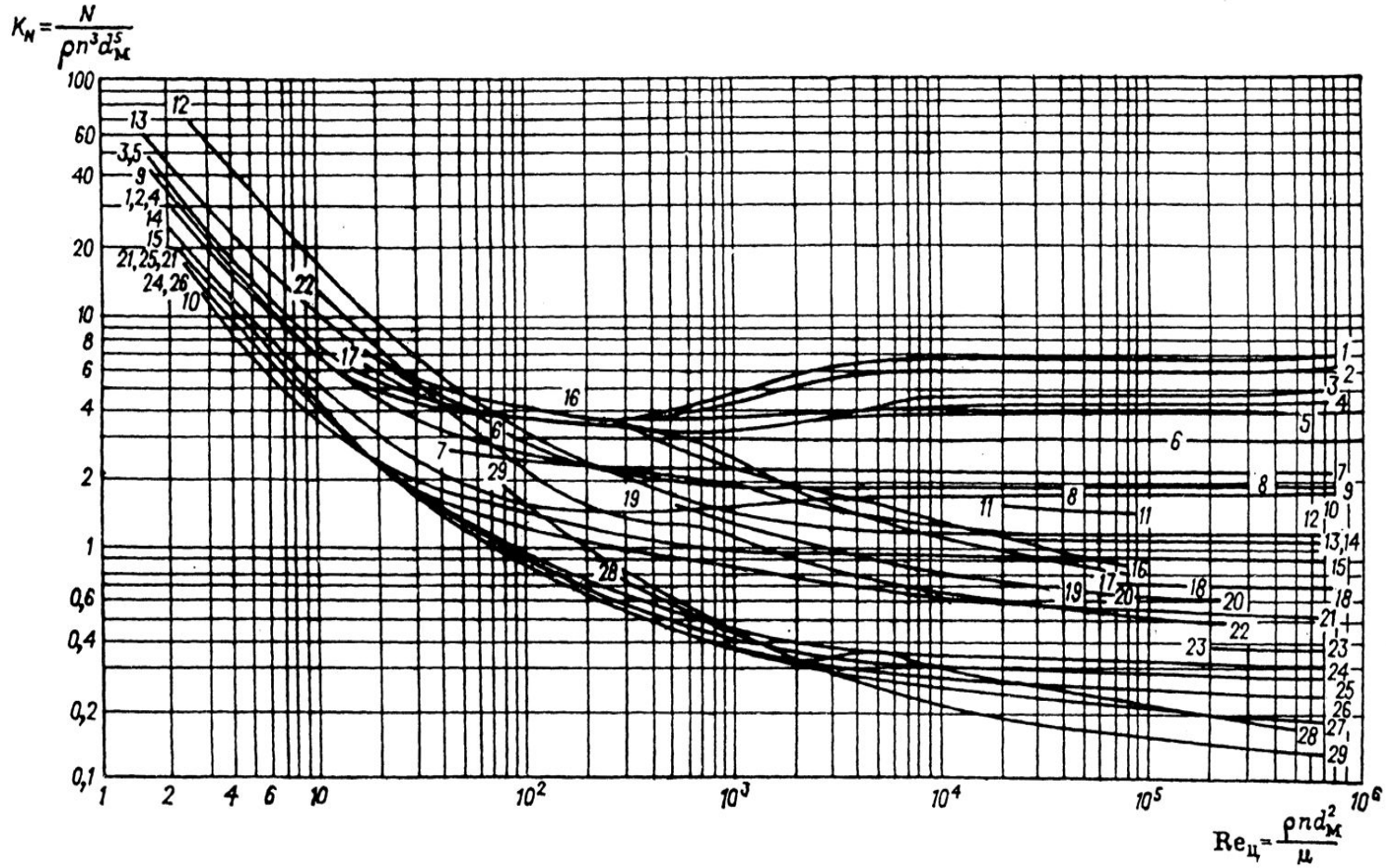


Двулопастная мешалка



«Морской» пропеллер

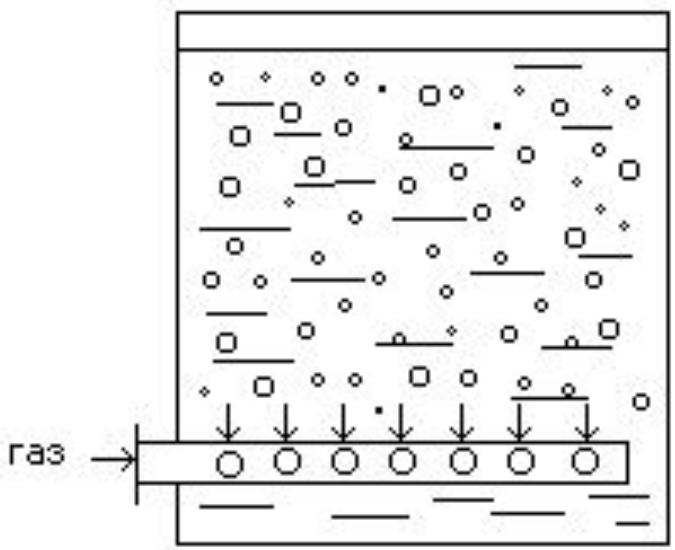
Зависимость мощности от Re для разных мешалок.

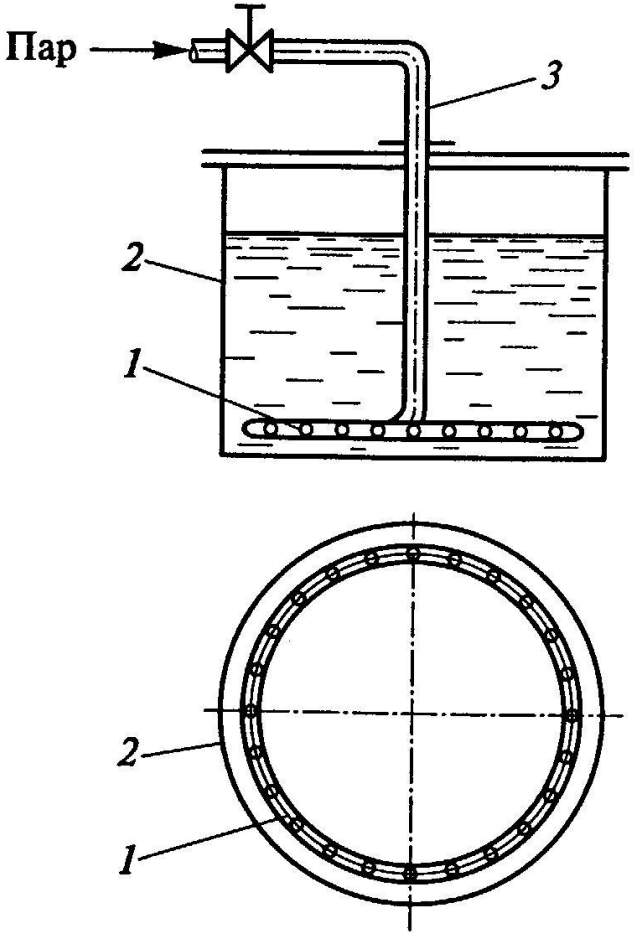

$K_N = \frac{N}{\rho n^3 d_м^5}$
$Re_ц = \frac{\rho n d_м^2}{\mu}$

Пневматическое перемешивание

- Через жидкую систему барботируют газ (воздух или пар).
- Не рекомендуется использовать при перемешивании вязких жидкостей,
- при перемешивании систем, содержащих жир и вещества, способные к окислению

Пневматическое перемешивание

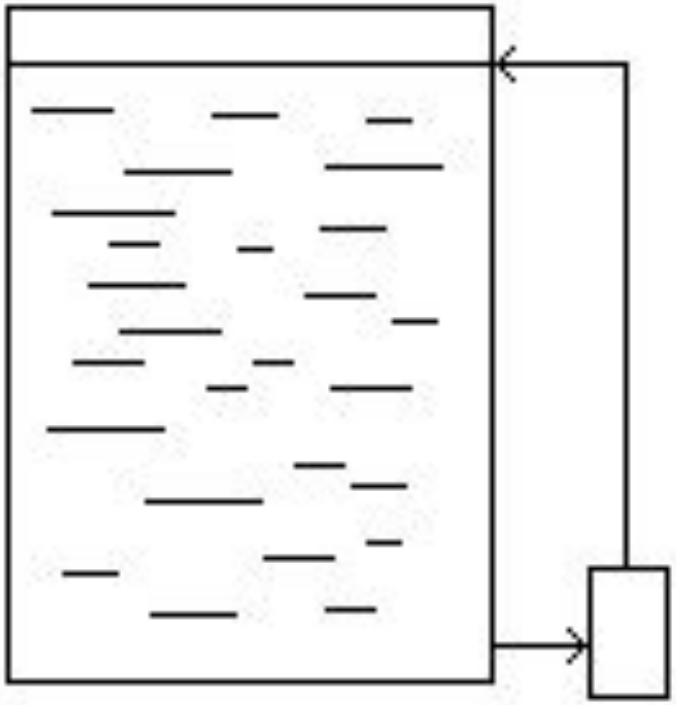




1 – барботер; 2 – корпус; 3 - паропровод

Циркуляционное перемешивание

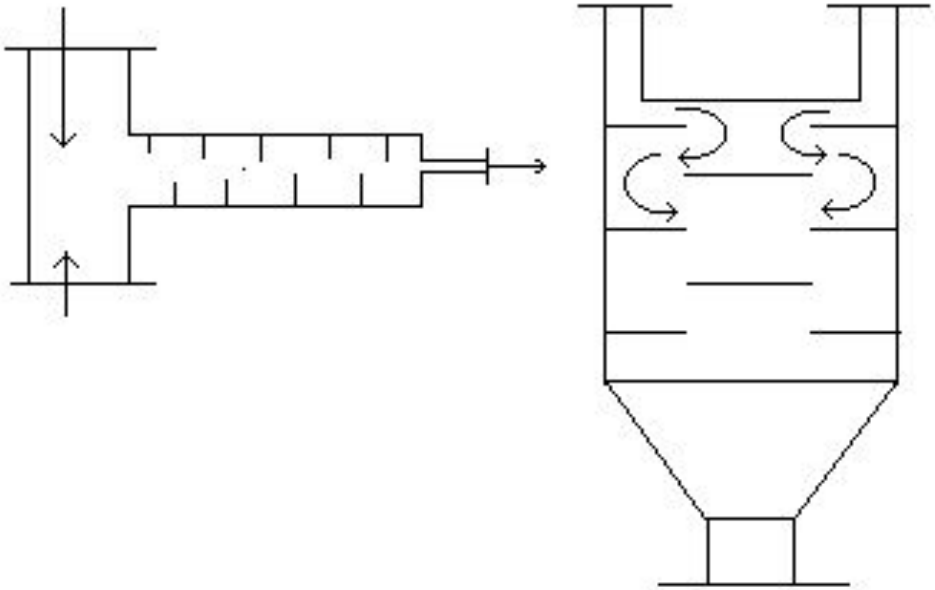
- Жидкостную систему многократно пропускают через насос по замкнутому циклу «насос-емкость». Используют для получения устойчивых эмульсий или суспензий
- Насосы центробежные или струйные;



10.12.2017

Перемешивание в потоке путем создания искусственной турбулизации

- За счет многократного изменения направления движения потока, приводящее к возникновению интенсивной турбулизации, или за счет движения жидкости то в радиально расширяющемся, то в радиально сходящемся потоке.
- Жидкости не вязкие, взаиморастворимые



«ОСВ Технология» в России
OSV