

- Это процесс приведения в тесное соприкосновение сыпучих, жидких или газообразных тел.
- Применяется: как для образования эмульсий и суспензий, однородных смесей сыпучих материалов и других сплошных сред, так и для создания контакта тел с целью интенсификации процессов тепло- и массообмена.
- Перемешивание заключается в измельчении элементов жидких, твердых или сыпучих сред и их равномерном перераспределении в пространстве.
- Поэтому смесительные аппараты могут рассматриваться одновременно как измельчители и переносчики вещества в пространстве.
- Выбор метода перемешивания и аппаратуры обуславливается в первую очередь агрегатным состоянием перемешиваемых материалов.
- Соответственно можно разделить на следующие группы: перемешивание в жидкой среде и перемешивание в твердой, сыпучей и тестообразной среде (смешивание)

Перемешивание в жидкой среде

- Независимо от того, что смешивается с жидкостью—газ, жидкость или твердое тело, различают два вида перемешивания в жидкой среде: механическое и пневматическое.

Механическое перемешивание

- Осуществляется при помощи мешалок.
- Мешалка состоит из одной или нескольких пар лопастей различной формы, которые закреплены на валу, приводимом во вращение непосредственно от электродвигателя или с помощью зубчатой, червячной или фрикционной передачи.

Принцип действия. Лопастные мешалки.

- Наиболее просты по устройству
- Бывают с плоскими лопастями из полосовой или угловой стали, установленными перпендикулярно или наклонно к направлению их движения.
- Лопасти укреплены на валу накладками на болтах и на шпонках.
- Вертикальный вал мешалки внизу опирается на подпятник и снабжен зубчатой передачей, приводимой в движение двигателем
- Горизонтальные лопасти мешалок создают горизонтальные токи жидкости.
- Для улучшения перемешивания жидкости чаще применяют мешалки с горизонтальными и вертикальными лопастями или так называемые рамные мешалки, у которых нижняя горизонтальная лопасть имеет радиус кривизны, соответствующий радиусу кривизны днища аппарата.
- В тех случаях, когда при перемешивании необходимо удалять осадок или жидкость со стенок аппарата, для интенсификации процесса теплообмена применяют корневые мешалки, наружный контур которых соответствует очертаниям днища и корпуса аппарата.

- Для интенсивного перемешивания жидкости в сосудах большого диаметра применяют лопастные мешалки с так называемой планетарной передачей (планетарные мешалки).
- Планетарная мешалка, вращаясь вокруг собственной оси, одновременно при помощи зубчатой передачи совершает круговое движение около второй вертикальной оси.
- Таким образом, лопасти мешалки совершают сложное движение и производят энергичное перемешивание жидкости.
- В зависимости от числа валов планетарные мешалки могут быть одинарными, двойными и тройными.

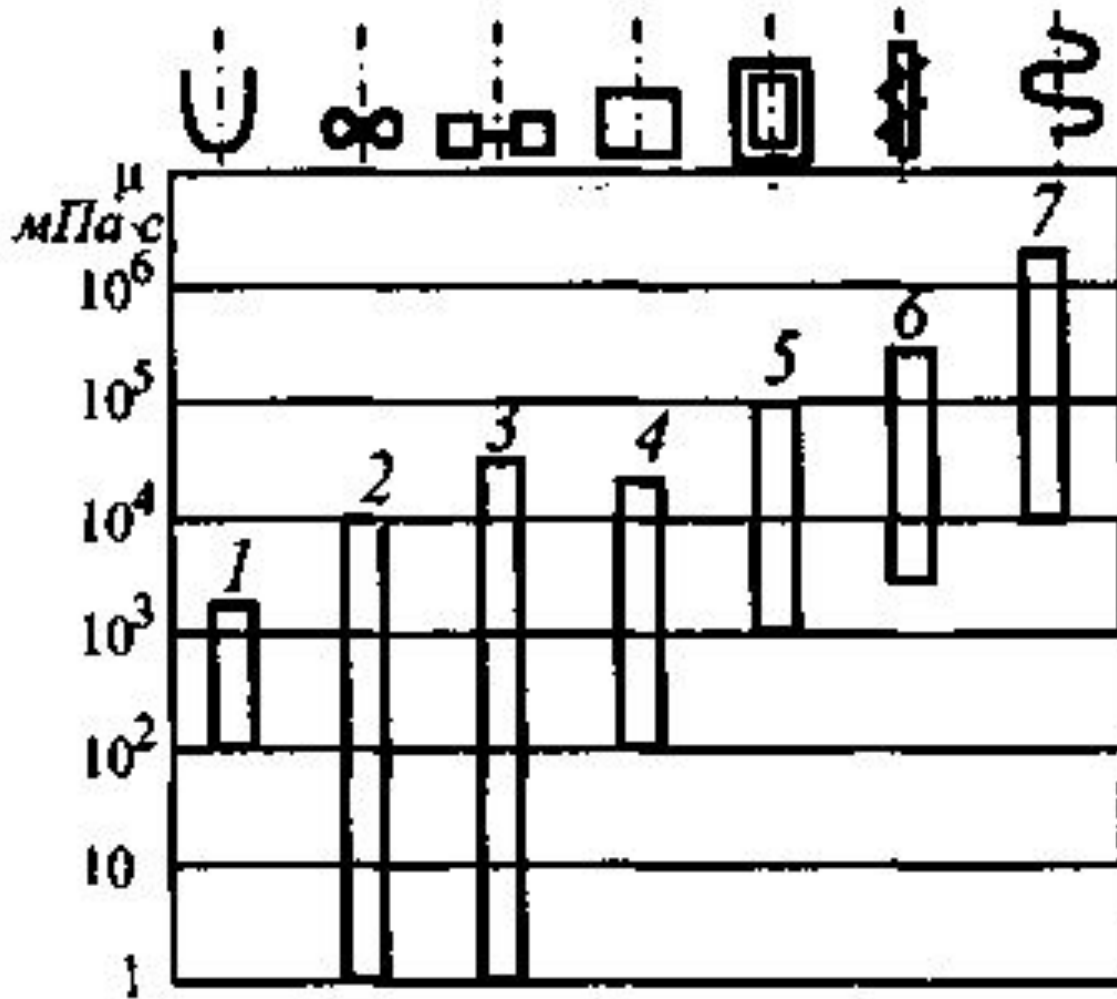
Пропеллерные мешалки

- Для создания интенсивной циркуляции перемешиваемой жидкости широко применяют пропеллерные мешалки
- Лопасти пропеллерной мешалки представляют собой элемент геометрического винта, а поверхность элемента является частью винтовой поверхности.
- Пропеллер насажен на ступицу и укреплен на валу, причем обычно он имеет три лопасти; число пропеллеров на валу мешалки может быть различным, в зависимости от условий перемешивания и высоты слоя перемешиваемой жидкости.

- Пропеллеры типа гребного винта создают интенсивное перемешивание вследствие неравенства скоростей струй жидкости и многократного изменения направления их движения при ударах о дно аппарат и свободную поверхность жидкости.
- Для того чтобы улучшить циркуляцию жидкости, пропеллер часто устанавливается в диффузоре, представляющем собой стакан обычно в форме цилиндра.
- Диффузоры применяют главным образом в аппаратах, снабженных трубами, змеевиками, и в аппаратах с большим числовым значением отношения высоты к диаметру.
- Для улучшения перемешивания массы жидкости по всей высоте применяют пропеллерные мешалки с несколькими пропеллерами и диффузором в виде змеевика с витками, плотно прилегающими друг к другу.
- Такое устройство диффузора позволяет легко регулировать температурный режим перемешивания.

- Вследствие небольших размеров пропеллера эти мешалки устанавливают обычно в аппаратах сравнительно небольшого объема.
- В аппаратах большой емкости для увеличения интенсивности перемешивания пропеллерные мешалки устанавливают наклонно к оси аппарата (под углом $10 - 15^\circ$ к вертикали).

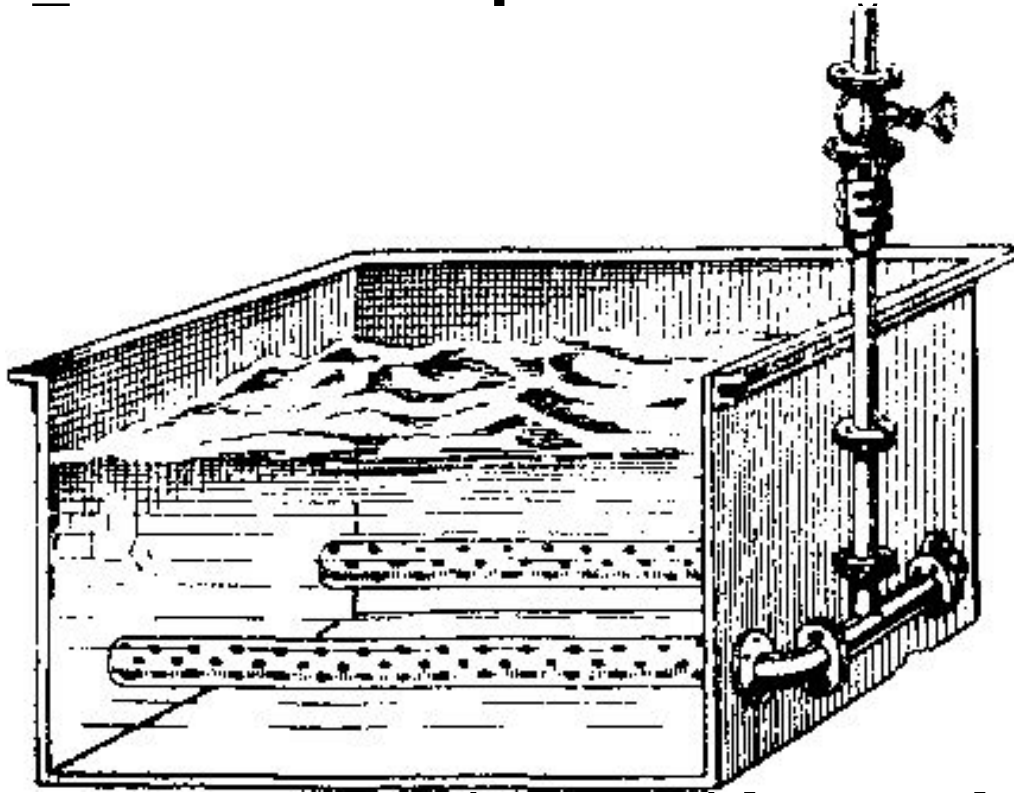
Выбор мешалок



- Выбор мешалки той или иной конфигурации в значительной мере определяется вязкостью перемешиваемой среды.
- Рекомендации к выбору наиболее распространенных мешалок для различных диапазонов динамических вязкостей сред представлены на рисунке.
- 1 — якорная,
- 2 — пропеллерная,
- 3 — турбинная с плоскими лопатками,
- 4 — лопастная
- 5 — рамная,
- 6 — шнековая,
- 7 — ленточная

Пневматическое перемешивание

го проводят путем
узырьков газа
ешивание
соответствующие



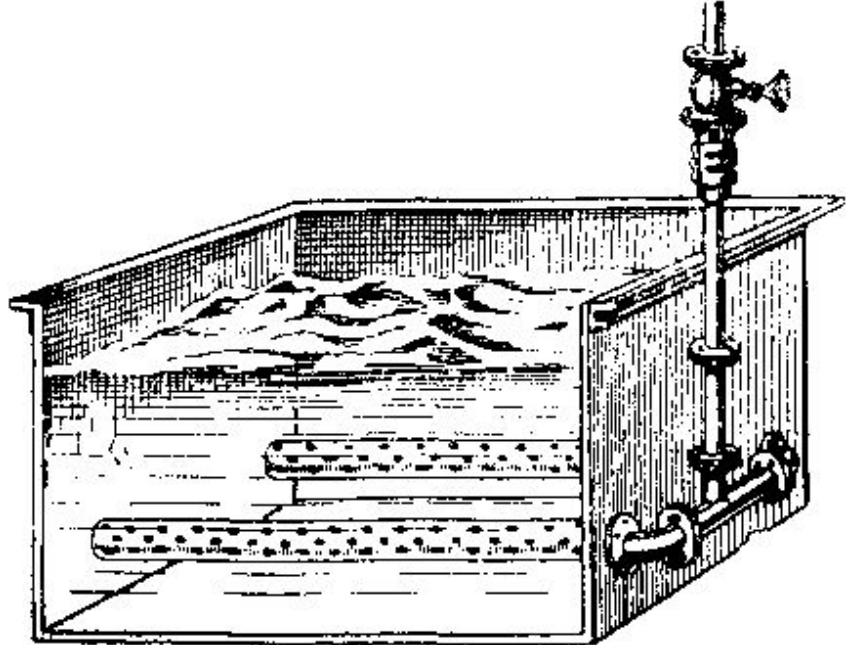
аза или пара
меняется в тех
шиваемых веществ
да одновременно с
«острым» паром.

ия барботирования
ценной до дна

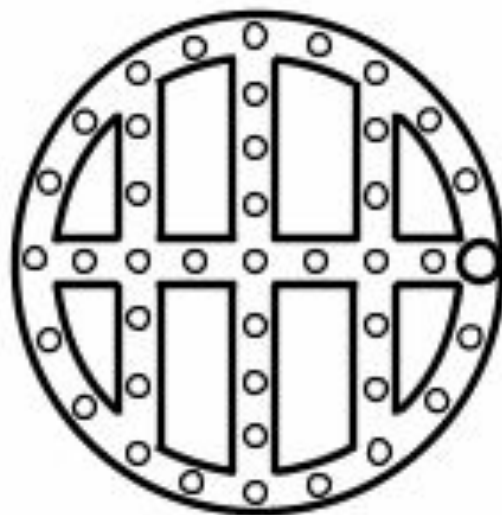
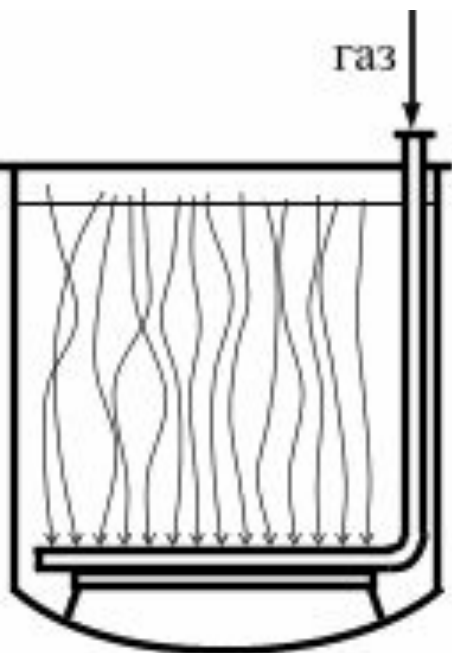
резервуара с перемешиваемой жидкостью.

Принцип действия

- Воздух выходит через нижний конец трубы и, поднимаясь кверху, увлекает за собой частицы жидкости. При этом возникают токи жидкости, интенсивность" которых возрастает (до некоторого предела) с увеличением скорости" воздуха.
- Во избежание ударов струи воздуха о днище аппарата конец трубы изгибают горизонтально.
- Для более равномерного и интенсивного перемешивания устраивают барботеры из нескольких горизонтально расположенных труб со многими отверстиями.



- Трубы необходимо устанавливать строго горизонтально, чтобы воздух при выходе из отверстий преодолевал одинаковое гидравлическое сопротивление и равномерно выходил из всех отверстий;
- кроме того, для лучшего перемешивания и уменьшения вредных потерь рекомендуется отверстия в трубах размещать по винтовой линии.
- Диаметр отверстий барботера выбирают возможно меньшим для лучшего распределения воздуха в жидкости; но для того чтобы не происходило засорение отверстий, они обычно имеют диаметр 3—6 мм. Иногда вместо труб вблизи дна аппарата устанавливают колокол с зубчатыми краями для дробления воздуха или газа на мелкие пузырьки.



- Пневматическое перемешивание применяется в случае жидкостей с не очень высокой вязкостью.
- Пневматическое перемешивание наиболее эффективно в случае необходимости работы с **агрессивными средами**, когда другие перемешивающие устройства (насосы, мешалки) быстро выходят из строя.
- В этом случае внутреннюю поверхность емкости защищают от коррозии (покрывают эмалью, гуммируют, реже — изготавливают из специальных материалов);
- барботер изготавливают из нержавеющей стали или других устойчивых к коррозии материалов, либо предусматривают частую замену барботеров — они относительно дешевы и просты в изготовлении.

Достоинства и недостатки способа

- **Достоинства** способа — простота схемы, высокая интенсивность перемешивания.
- **Недостатки** — брызгоунос и сопутствующие ему потери ценной жидкости;
- потери возможны и в результате ее испарения в газовые пузыри, если жидкость обладает достаточно высокой летучестью.
- Нельзя также игнорировать возможную коррозию трубопроводов и аппаратуры унесенной жидкостью, если она химически агрессивна, а газ используется в последующем технологическом процессе.
- **Наконец, необходимо учитывать экологические аспекты, если газ не используется и выбрасывается из емкости в атмосферу. Во всех этих случаях может потребоваться установка специальных устройств для улавливания паров — процесс становится заметно дороже.**
- **Удорожание пневматического перемешивания происходит, когда жидкость не допускает соприкосновения с кислородом воздуха; приходится заменять дешевый воздух на более дорогой газ, химически инертный по отношению к перемешиваемой жидкости. Разумеется, возможны технологические процессы, предусматривающие химическое взаимодействие какого-либо газового компонента с перемешиваемой жидкостью (например, кислорода в окислительных процессах); в этих случаях пневматическое перемешивание является, как правило, высокоэффективным методом контакта жидкости и газа.**

Объемный расход газа на перемешивание

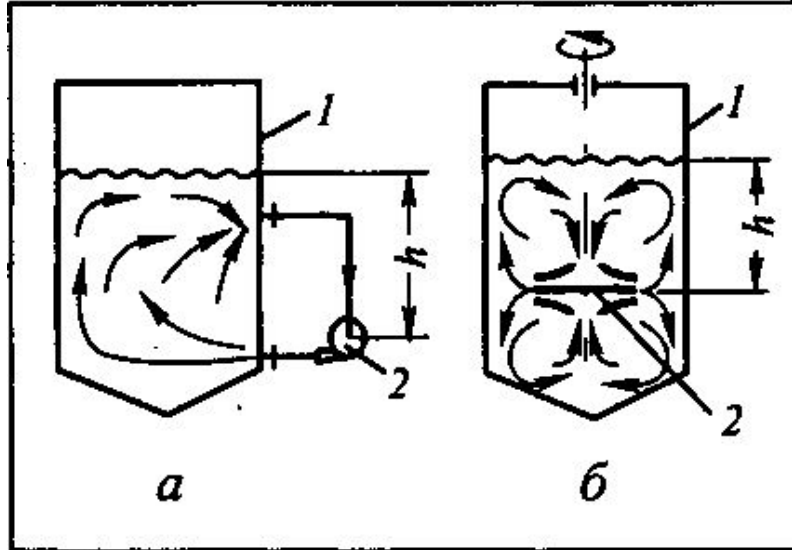
- V определяется необходимостью приемлемого качества перемешивания, т.е. устанавливается эмпирически для каждого конкретного процесса.
- Для ориентировочной оценки можно принять, что на 1 м^2 свободной поверхности жидкости требуется объемный расход газа на уровне $0,01$ — $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$.

Гидравлическое сопротивление системы складывается из сопротивлений:

- подводящих трубопроводов (с прямыми участками и местными сопротивлениями) от дутьевого устройства (газодувки и т.п.) до барботера;
- самого барботера, представляющего собой газопровод с путевым расходом;
- гидростатического столба жидкости (более точно — газожидкостной системы; приближенно, с некоторым запасом, — просто жидкости);
- отводящих трубопроводов, включая брызгоулавливающее устройство и последующие линии.

Циркуляционное перемешивание

- Циркуляционное перемешивание осуществляется с помощью насосов (как правило, центробежных либо пропеллерных),
- расположенных *вне* или *внутри* объема перемешиваемой жидкообразной среды — жидкости, суспензии, эмульсии и т.п.
- **В** первом случае циркуляция именуется **внешней**, во втором — **внутренней**.



- а) Жидкость, находящаяся в сосуде 1, забирается внешним насосом 2 и возвращается в тот же рабочий объем в сосуде – **внешнее перемешивание**.
- б) Схема **внутренней циркуляции**. Побудитель здесь— сидящее на валу рабочее колесо центробежного насоса без корпуса с двухсторонним (сверху и снизу) всасыванием; электродвигатель (на схеме не показан), приводящий в движение вал с рабочим колесом, размещается на крышке сосуда.
- Жидкость засасывается в рабочее колесо по оси и выбрасывается по его периферии, вовлекая в движение весь рабочий объем жидкости.
- В обоих вариантах циркуляционного перемешивания многократное прокачивание жидкостной среды через рабочий объем приводит к выравниванию свойств этой среды в различных его точках.