

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Константинов В.С.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Перемешивающие устройства широко применяются на предприятиях химического производства для получения эмульсий, суспензий и смесей, твёрдых веществ, а так же для интенсификации процессов массо- и теплообмена. Интенсивное перемешивание материалов необходимо для успешного проведения многих химических процессов непрерывным способом. Перемешивание и химическая реакция могут проводиться отдельно или совпадать во времени и в пространстве. В первом случае применяют собственно аппараты для перемешивания (смесители), во втором случае перемешивание проводят непосредственно в реакционных аппаратах, имеющих приспособления для перемешивания (мешалки). Выбор метода перемешивания и аппаратуры обуславливается в первую очередь агрегатным состоянием перемешиваемых материалов. Механические мешалки по конструкции весьма разнообразны. Ниже будут рассмотрены лишь некоторые распространённые типы мешалок.

Лопастными мешалками называются устройства, состоящие из двух или большего числа лопастей прямоугольного сечения, закреплённых на вращающемся вертикальном или наклонном валу (рис. 1.). Наиболее простыми по устройству являются мешалки с плоскими лопастями из полосовой или угловой стали, установленными перпендикулярно или наклонно к направлению их движения. Такая мешалка(рис. 1.) состоит из шести пар лопастей 1, установленных наклонно к горизонтальной плоскости, причём каждая пара лопастей расположена под прямым углом к соседней паре. Лопасти укреплены на валу 2 накладками 3 на болтах и на шпонках 4. Вертикальный вал мешалки внизу опирается на подпятник 5 и снабжен зубчатой передачей 6, приводимой в движение от трансмиссии через ременную передачу.

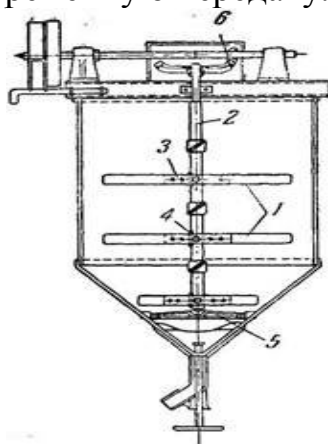


Рисунок 1 – Лопастная мешалка:

1-лопасти; 2-вал; 3- накладка; 4- шпонка; 5-подпятник; 6-зубчатая передача

Для улучшения перемешивания жидкости чаще применяют мешалки с горизонтальными и вертикальными лопастями или так называемые рамные мешалки (рис. 2), у которых нижняя горизонтальная лопасть имеет радиус кривизны, соответствующий радиусу кривизны днища аппарата. В тех случаях, аппарата, для интенсификации процесса теплообмена применяют якорные мешалки (рис. 3), наружный контур которых соответствует очертаниям днища и корпуса аппарата.

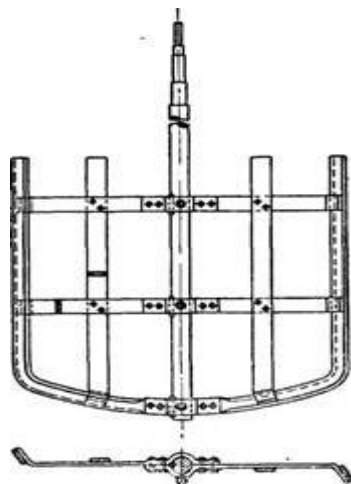


Рисунок 2- Рамная мешалка

Плоские лопасти мешалок, поверхность сопротивления которых перпендикулярна направлению движения перемещаемой жидкости, не могут обеспечить хорошего перемешивания во всех слоях жидкости, так как создают в ней главным образом горизонтальные токи. Хотя частицы жидкости, встречающиеся на пути движения лопасти, при ударах о лопасть будут отталкиваться от неё в различных направлениях, но возникающие при этом токи жидкости не будут интенсивными. При установке плоской лопасти под некоторым углом к направлению её движения возникают также и вертикальные токи жидкости, направление которых зависит (рис. 4) от угла наклона лопасти.

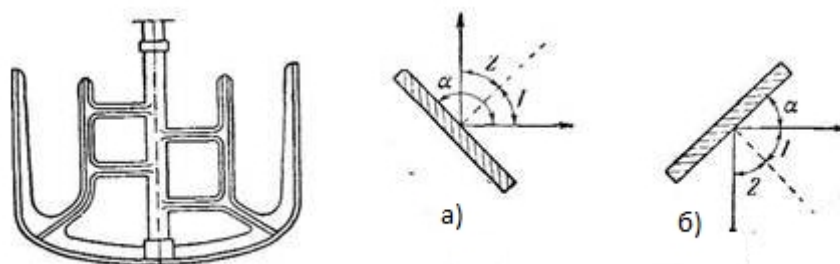


Рисунок 3 - Якорная мешалка:

Рисунок 3: Угол наклона лопастей: а-больше 90° ; б-меньше 90° .

При угле наклона α , большем 90° (рис 4, а), частицы жидкости, ударяясь о лопасть, отражаются после удара по направлению вверх; при угле наклона α , меньшем 90° (рис 4, б), наоборот, частицы жидкости после удара отражаются вниз. Поэтому в тех случаях, при перемешивании необходимо взмучивать со дна резервуара тяжелый осадок, лопасти устанавливаются с углом наклона,

большим 90° , и, наоборот, когда осадок находится в верхних слоях жидкости, для лучшего перемешивания устанавливают лопасти с углом наклона, меньшим 90° . Лопасти мешалок изготавливаются, в зависимости от свойств перемешиваемой среды и условий работы мешалки, из различных материалов: углеродистой и специальной стали, чугуна, дерева и др. Лопастные мешалки вращаются с небольшой скоростью и делают 20/80 об/мин., но в определённых условиях число оборотов их может быть увеличено. При наличии наклонных лопастей или отражательных перегородок они могут эффективно применяться для растворения, а также для суспендирования некоторых веществ. Для интенсивного перемешивания жидкости в сосудах большого диаметра применяют лопастные мешалки планетарной передачей. Планетарная мешалка, вращаясь вокруг собственной оси, одновременно при помощи зубчатой передачи совершает круговое движение около второй вертикальной оси. Таким образом, лопастные мешалки совершают сложное движение и производят энергичное перемешивание жидкости. В зависимости от числа валов планетарные мешалки могут быть одинарными, двойными и тройными.

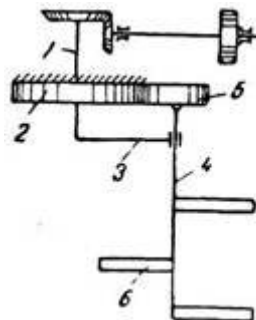


Рисунок 5: - Схема одинарной планетарной мешалки:

1 - вертикальный вал; 2-неподвижное зубчатое колесо; 3-водило; 4-вал; 5-зубчатое колесо; 6-лопасти.

В одинарной планетарной мешалке (рис. 5) вертикальный вал проходит через неподвижное зубчатое колесо 2. На нижнем конце вала укреплено водило 3. На другом конце водила свободно вращается в подшипнике вал 4, который жестко соединен с зубчатым колесом 5, находящимся в зацеплении с колесом 2. На этом же валу находятся лопасти 6 мешалки.

Для создания интенсивной циркуляции перемешиваемой жидкости широко применяют пропеллерные мешалки (рис 6.). Лопасти пропеллерной мешалки представляют собой элемент геометрического винта, а поверхность элемента является частью винтовой поверхности. Пропеллер насажен на ступицу и укреплен на валу, причём обычно он имеет три лопасти; число пропеллеров на валу мешалки может быть различным, в зависимости от условий перемешивания и высоты слоя перемешиваемой жидкости.

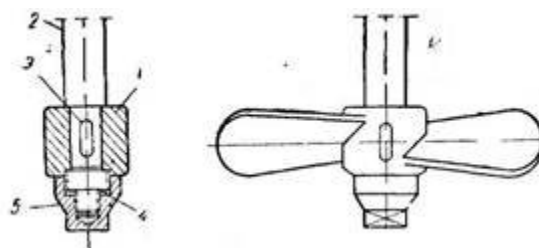


Рисунок 6 - Пропеллерная мешалка:
1-пропеллер; 2-вал; 3-шпонка; 4-шплинт; 5-колпачок.

Шаг винта или высоту лопасти определяют по формуле:

$$h = 2\pi r \operatorname{tg} \alpha \quad (1 - 264)$$

где r - радиус окружности, ометаемой лопастью; α - угол наклона лопасти. Диаметр винта составляет $\frac{1}{3}$ - диаметра аппарата, в котором проводится перемешивание. Для создания интенсивной циркуляции жидкости во всем объеме аппарата более целесообразен пропеллер с постоянным шагом, т. е. с постепенно \square уменьшающимся наклоном лопасти. Такие пропеллеры типа гребного винта создают интенсивное перемешивание вследствие неравенства скоростей струй жидкости и многократного изменения направления их движения при ударах о дно аппарата и свободную поверхность жидкости. Для того чтобы улучшить циркуляцию жидкости, пропеллер часто устанавливается в диффузоре, представляющем собой стакан обычно в цилиндра. Диффузоры применяют главным образом в аппаратах, снабжённых трубами, змеевиками, и в аппаратах с большим числовым значением отношения высоты к диаметру. Для улучшения перемешивания массы жидкости по всей высоте применяют пропеллерные мешалки (рис. 7) с плотно прилегающими друг к другу. Такое устройство диффузора позволяет легко регулировать температурный режим перемешивания.

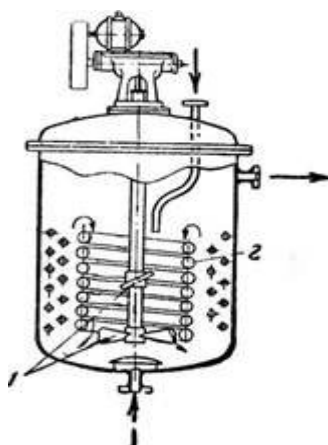


Рисунок 7 – Двойная пропеллерная мешалка с диффузором:
1-пропеллер; 2-диффузор.

Энергичная циркуляция жидкости создается, когда пропеллерные мешалки работают при 400-1750 об/мин., но на вязких жидкостях (имеющих вязкость 500 сантипуаз и выше) рекомендуется работа мешалок со скоростью не более 400 оборотов в мин. При перемешивании вязких жидкостей, содержащих взвеси и образующих пену, число оборотов пропеллерных мешалок колеблется в пределах 150-400 в мин. Перемешивание вязких жидкостей проводят ленточными мешалками, которые при вращении очищают стенки реактора от налипающей реакционной массы. Такая мешалка, установленная в автоклаве, изображена на рис. 8.

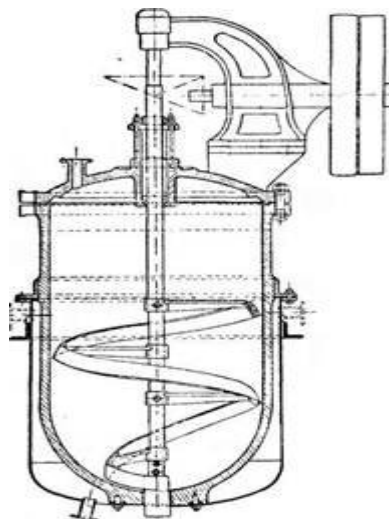


Рисунок 8—Ленточная мешалка в автоклаве.

В химической промышленности большое распространение получили также турбинные мешалки.

Турбинная мешалка состоит из одного или нескольких центробежных колёс (турбинок), укрепленных на вертикальном валу; число лопаток каждого колеса равно 6-16 и более.

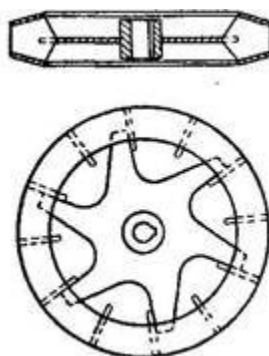


Рисунок 9— Турбинная мешалка.

На рис. 9 изображена турбинная мешалка с прямыми лопатками для подвижных жидкостей применяют (рис.10). При вращении вязких жидкостей применяют турбинные мешалки, снабженные неподвижным направляющим аппаратом (рис.10). При вращении турбинки закрытого типа жидкость

засасывается в неё по оси через центральное отверстие; центробежной силой жидкость проталкивается по внутренним каналам от центра к периферии и с большой скоростью выводится из турбинки по касательной к её наружной окружности.

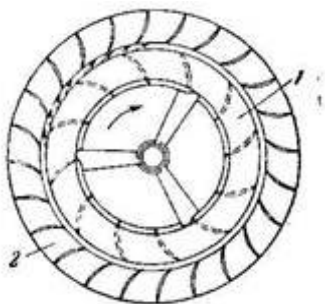


Рисунок 10–Турбинная мешалка с направляющим аппаратом:
1-турбинка; 2-направляющий аппарат.

Иногда каналы устанавливают так, что через верхний канал жидкость выходит по направлению сверху вниз, а из нижнего канала в горизонтальном направлении, вследствие чего потоки сталкиваются и происходит интенсивное перемешивание жидкости (рис.11)

Таким образом, в турбинных мешалках направление движения жидкости может плавно меняться от вертикального до радиального (в горизонтальной плоскости) при небольшой потере кинетической энергии потока; жидкостные потоки, выходящие с большой скоростью из колеса, распространяются по многочисленным направлениям и при этом происходит интенсивное перемешивание всего объема жидкости.



Рисунок 11– Перемешивание турбинной мешалкой.

Турбинные мешалки применяют для быстрого растворения и эмульгирования. В сочетании с барботером-для процессов взаимодействия газа с жидкостью.

Стоимость турбинных мешалок выше, чем пропеллерных. Их применяют вместо пропеллерных в тех случаях, когда вследствие большой вязкости перемешиваемых жидкостей или специфической формы сосуда (например, его очень малой высоты) не могут быть установлены пропеллерные мешалки. Турбинные мешалки пригодны для перемешивания жидкостей, имеющих вязкость до 200 пауз, для интенсивного перемешивания и перемешивания суспензий с твёрдыми частицами больших объёмов (до 4,5-6 м³), для перемешивания суспензий с твёрдыми частицами больших размеров (до 25 мм) и для взмучивания осадков, содержащих до 60% твёрдой фазы.

На рис. 12 изображена дисковая мешалка, применяемая для перемешивания жидкостей с разным удельным весом. Мешалка состоит из; двух дисков 1, укрепленных на небольшом расстоянии друг от друга на вертикальном валу и вращающихся с большой скоростью в направляющих цилиндрах 2. Каждый из дисков снабжен отверстиями специальной формы. Для того чтобы устранить вращение жидкости, на крышке сосуда, в котором ведётся перемешивание, укреплены три вертикальных перегородки 3.

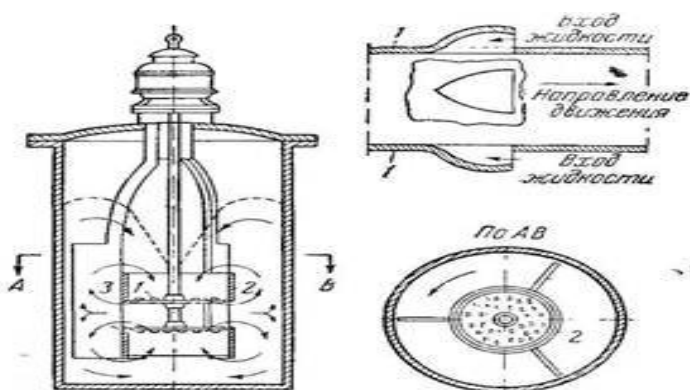


Рисунок 12– Дисковая мешалка:

1-диски; 2-цилиндры; 3-вертикальные перегородки.

При вращении дисков слои жидкости, находящиеся под нижним диском, поднимаются с большой скоростью по оси нижнего диска, опускаются вниз по оси верхнего направляющего цилиндра.

Столкновение потоков вызывает завихрение во всём объёме жидкости, что способствует интенсивному перемешиванию.

При эксплуатации мешалок одной из проблем является выход из строя приводного мотор-редуктора, связанного с повышением вязкости перемешиваемых жидкостей в зимнее время. Данная проблема будет решаться путем уточнения всех факторов, влияющих на мощность перемешивания, выявление напряженно-деформированного состояния зубьев передач редуктора и составление инструкций и рекомендаций для эксплуатации технического обслуживания привода мешалки.

Список литературы.

- 1. Поникаров И.И. Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазовой переработки: Учебник. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Альфа-М, 2006.- 608 с.*
- 2. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазовой переработки (примеры и задачи): Учебное пособие. – М.: Альфа-М, 2008.- 720 с.*
- 3. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. под ред. Ю.И. Дытнерского: М.: Химия, 1991. – 496 с.*
- 4. Конструирование и расчет машин химических производств/ Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э. Польшман – Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.*