

УДК 66-5

## **МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МЕХАНИЧЕСКИМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ ЖИДКОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ СОСУДЕ С ПЕРЕГОРОДКАМИ**

Л.А.Фейлер – студент ИХНТ, ХМб-171

Рук. В.А. Плотников - доцент (к.н.) (Кафедра энергоресурсосберегающих процессов в химической и нефтегазовой технологиях)

Принципы современного конструктивного оформления процесса перемешивания сложились в период становления химической технологии (конец XIX – начало XX века). Однако методы инженерного расчёта перемешивания начали разрабатываться значительно позже, и справочные пособия 1930- х гг., включающие, например, методики расчёта процессов абсорбции и ратификации, ещё не содержали сведений о расчёте мешалок. Систематическое изучение процессов перемешивания началось в середине 1940- х гг., на основе применения методов теории подобия [1].

Значительный процент в выпуске основного технологического оборудования для новых технологических процессов химической, нефтехимической и других отраслей промышленности занимают аппараты с перемешивающими устройствами. Аппараты этого типа являются в мировой практике основным доминирующим типом аппаратов для перемешивания жидких гетерогенных систем. Это объясняется универсальностью этих аппаратов, надёжностью их конструкций, наиболее высоким коэффициентом полезного действия мешалок по сравнению с другими видами перемешивающих механизмов. [2].

Перемешивание – один из наиболее распространённых процессов химической технологии. Аппараты с перемешивающими устройствами используются для проведения весьма разнородных технологических процессов, таких как кристаллизация, абсорбция, экстрагирование, гомогенные и гетерогенные химические реакции и т. д. Рассматривая физико-химическую природу этих процессов, можно выделить несколько групп явлений, которые непосредственно связаны с условиями перемешивания: 1) смешение взаимно растворимых жидкостей; 2) выравнивание температуры в объём перемешиваемой среды; 3) распределение взвешенных частиц в объём жидкости или предотвращение их оседания; 4) диспергирование капель жидкости или пузырьков газа; 5) теплообмен; 6) массообмен [1].

Основной целью этой работы является, определить экспериментальными методами потребляемую и полезную мощность привода (электродвигателя) механического перемешивающего устройства при перемешивании жидкости в вертикально цилиндрическом сосуде с перегородками. Сопоставить ре-

зультаты эксперимента с расчётными характеристиками энергопотребления, вычисленным по современным методам. Для начала разберёмся с классификацией оборудования для механического перемешивания и конструкциями мешалок.

Мешалка - оборудование или часть оборудования для смешивания, перемешивания, диспергирования, циркуляции веществ, а также для поддержания однородности. Мешалки являются одним из основных элементов аппарата для перемешивания жидких сред. Они предназначены для передачи механической энергии от динамических элементов аппарата к перемешиваемой среде. ГОСТом 20680-2002 [3] регламентируется 12 типов мешалок. Каждый тип мешалки имеет обозначение, указанное цифрами в скобках: трехлопастная с углом наклона лопасти  $\alpha=24^\circ$  (01); винтовая (02); турбинная открытая (03); турбинная открытая(04); шестилопастная, с углом наклона лопасти  $\alpha=45^\circ$  (05); клетьевая(06); лопастная(07); шнековая (08); якорная(09); рамная(10); ленточная (11); ленточная со скребками (12) [2].

Интенсивное промешивание реагирующих компонентов в химических ректорах при помощи быстроходных вращающихся мешалок различных конструкций способствует гомогенизации систем, а также интенсифицирует тепло- и массообменные процессы [4].

Основными элементами аппарата являются перемешивающее устройство и его корпус. Под перемешивающим устройством понимается конструкция, состоящая из привода, вала и мешалки, соединённых между собой в единый узел [2].

Привод перемешивающего устройства в общем случае состоит из электродвигателя, редуктора (или мотора) и стойки привода. Выходной вал мотор-редуктора через муфту соединяется с сплошным или разрезным валом аппарата, на конце которого закреплена мешалка. Вал устанавливается в опорах качения, которые монтируются в стойке привода [5].

Под корпусом аппарата принимается сосуд любой, в основном цилиндрической формы, в котором осуществляется перемешивание. Корпус аппарата, используется для осуществления теплообменных процессов, обычно имеет теплообменные устройства – наружные в виде рубашки или встроенные в корпус в виде змеевиков [2].

Традиционный вид оборудования для перемешивания – вертикальный цилиндрический аппарат с мешалкой, ось вращения которой совпадает с осью аппарата (рис. 1). Такая конструктивная схема наиболее рациональна; она сложилась более двух тысяч лет назад и до сих пор не претерпела принципиальных изменений. В настоящее время в промышленности применяются различные модификации аппаратов для перемешивания. Объем аппаратов с мешалками составляет от 10 дм<sup>3</sup> до 2000 м<sup>3</sup>. Известны устрой-

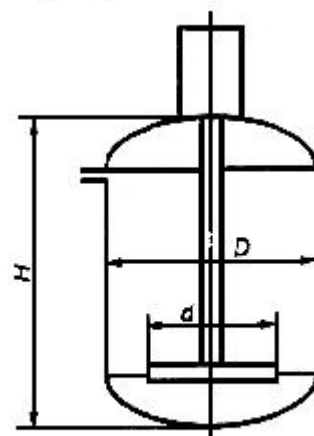


Рисунок 1

ства, обеспечивающие перемешивание в бетонных сооружениях объёмом несколько сотен тысяч кубических метров. Разработан также ряд специальных устройств для перемешивания (петлевые реакторы, статические смесители, планетарные мешалки и т.п.). Однако в подавляющем большинстве случаев конструкция аппаратов для перемешивания соответствует традиционной схеме [1].

В настоящее время в соответствии с ГОСТ 20680-2002 [3] химическим машиностроением могут быть изготовлены аппараты следующих десяти типов: с эллиптическим днищем и эллиптической крышкой (тип 0); с неразъёмным корпусом и эллиптическим днищем и крышкой (тип 1); с коническим отбортованным днищем, углом при вершине  $90^\circ$  эллиптической отъёмной крышкой (тип 2); с неразъёмным корпусом с коническим отбортованным днищем, углом при вершине  $90^\circ$  и эллиптической крышкой (тип 3); с эллиптическим днищем и плоской отъёмной крышкой (тип 4); с неразъёмным корпусом, с эллиптическим днищем и плоской крышкой (тип 5); с коническим неотбортованным днищем, углом при вершине конуса  $120^\circ$  и плоской крышкой (тип 6); с неразъёмным корпусом, коническим неотбортованным днищем, углом при вершине корпуса  $120^\circ$  и плоской крышкой (тип 7); с плоским днищем и плоской отъёмной крышкой (тип 8); с неразъёмным корпусом, плоским днищем и крышкой (тип 9).

Вертикальные цилиндрические аппараты являются наиболее распространённым видом аппаратов, применяемых в химическом машиностроении. Они стандартизированы и выпускаются серийно [2].

Приведение жидкости в вынужденное движение требует непрерывного подвода энергии. Связь между энергией, затрачиваемой в единицу времени (мощностью) и условиями перемешивания принято выражать в форме зависимости:

$$N = K_N \rho n^3 d_M^5, \text{ Вт.}$$

Коэффициент  $K_N$ , называют часто критерием мощности и иногда рассматривается аналог критерия Эйлера. Мощность, потребляемую на перемешивание, можно выразить как произведение угловой скорости мешалки  $\omega_0$  на крутящий момент  $M_{кр}$ , приложенный к лопастям:

$$N = \omega_0 M_{кр}, \text{ Вт.}$$

Очевидно, что возникновение крутящего момента вызывается наличием разности скоростей между лопастями мешалки и жидкостью и крутящим момент равен моменту сил гидравлического сопротивления лопастей при их обтекании [1].

В перспективе дальнейшей работы определение мощности потребляемой мешалкой методом измерения реактивного момента, методом измерения параметров электрического тока электродвигателя, расчёт энергопотребления и расчёт вала перемешивающего устройства на прочность.

### Список литературы:

1. Л.Н. Брагинский., В. И. Бегачев., В. М. Барабаш. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета. Лю: Химия. 1984. – 336 с.
2. Э.А. Васильцов., В. Г. Ушаков. Аппараты для перемешивания жидких сред: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1979. – 272 с.
3. ГОСТ 20680-2002 Аппараты с механическими перемешивающими устройствами. Общие технические условия..
4. Михалев, М. Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др]. – под общей ред. М. Ф. Михалева. – 2-е изд., исправленное и дополненное. М.: ООО Торгово-издательский дом «Арис», – 2010. – 312с.
5. ОСТ 26-01-343-71 Мешалки переносные. Типы параметры, конструкции и основные размеры.