

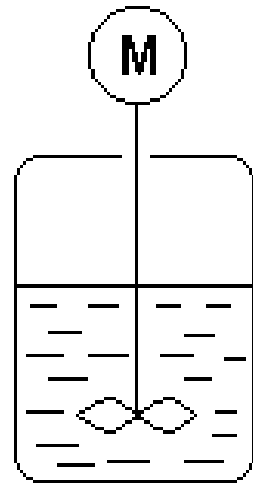
Автоматизация процесса перемешивания

Лекция 16. Часть 2.

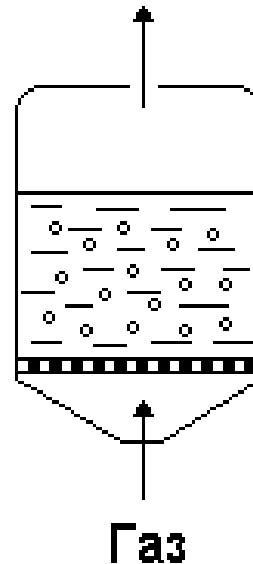
Автоматизация химико-
технологических процессов

- ***Перемешивание*** - гидромеханический процесс взаимного перемещения частиц в жидкой среде с целью их равномерного распределения во всем объеме под действием импульса, передаваемого среде мешалкой, струей жидкости или газа
- ***Цели перемешивания:***
 - *Создание суспензий* - обеспечение равномерного распределения твердых частиц в объеме жидкости;
 - *Образование эмульсий, аэрация* - равномерное распределение и дробление до заданных размеров частиц жидкости в жидкости или газа в жидкости;
 - *Интенсификация нагревания или охлаждения обрабатываемых масс;*
 - *Интенсификация массообмена в перемешиваемой системе (растворение, выщелачивание).*

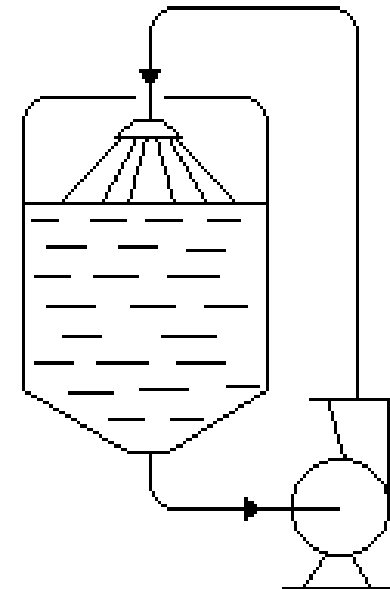
Основные схемы перемешивания



**Механическое
перемешивание**



**Барботажное
перемешивание**



**Циркуляционное
перемешивание**

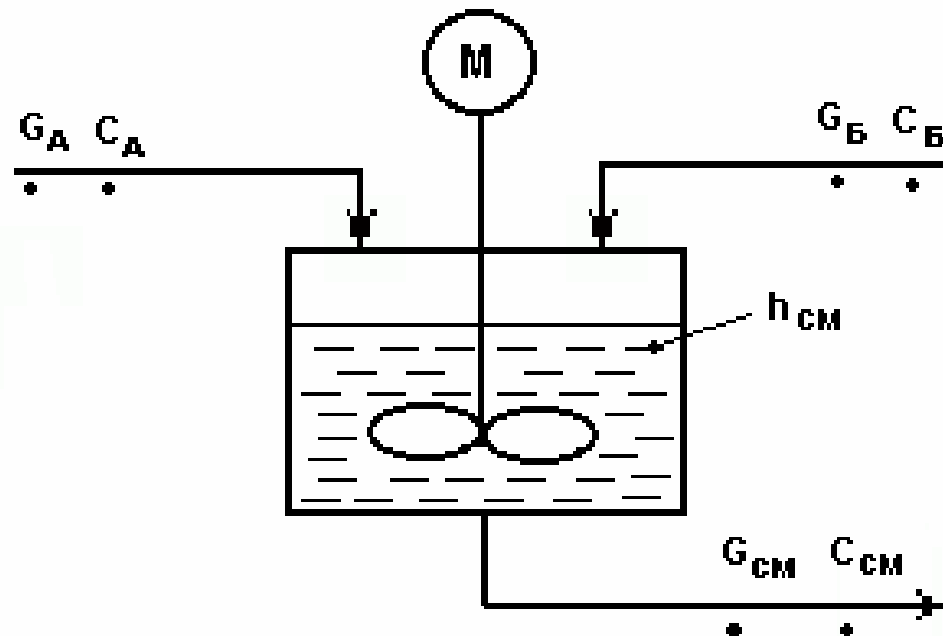
Механическое - перемешивание мешалками, вращающимися в аппарате с перемешиваемой средой.

Барботажное - перемешивание путем пропускания через жидкую среду потока воздуха или газа, раздробленного на мелкие пузырьки, которые, поднимаясь в слое жидкости под действием Архимедовой силы, интенсивно перемешивают жидкость.

Циркуляционное перемешивание - перемешивание, осуществляемое путем создания многократных циркуляционных потоков в аппарате с помощью насоса.

Объект управления

Объект управления - емкость с мешалкой, аппарат непрерывного действия, в котором смешиваются две жидкости А (с концентрацией целевого компонента **С_а**) и Б (с концентрацией целевого компонента **С_б**) для получения гомогенизированного раствора с заданной концентрацией целевого компонента **С_{см}**.



- **Показатель эффективности процесса** - концентрация целевого компонента в гомогенизированном растворе (смеси) - **Ссм**.
- **Цель управления процессом** - обеспечение заданной концентрации смеси при эффективном и интенсивном перемешивании.
- **Эффективность перемешивания** обеспечивается выбором параметров аппарата, перемешивающего устройства, числа оборотов мешалки, обеспечивающих равномерность концентрации смеси в аппарате с **заданной интенсивностью** (т.е. за заданное время).
- **Однако в реальных условиях** технологические объекты подвержены действию **внешних и внутренних возмущений**, которые приводят к отклонению технологических режимов работы от расчетных.
- **Задача разработки системы автоматизации** обеспечить в условиях действия внешних и внутренних возмущений в процессе эффективное и интенсивное его функционирование с требуемыми характеристиками качества.

Теоретические аспекты процесса механического перемешивания

- При вращении лопасти мешалки в аппарате возникает *вынужденное движение* жидкости, которое описывается критериальным уравнением вида:

$$Eu_M = f(Re_M, \Gamma) \quad (1),$$

где

- модифицированный критерий Эйлера Eu_M :

$$Eu_M = \frac{N_M}{\rho * n^3 * d_M^5} = K_N \quad (2),$$

- модифицированный критерий Рейнольдса Re_M :

$$Re_M = \frac{\rho * n * d_M^2}{\mu} \quad (3),$$

- геометрический симплекс Γ :

$$\Gamma = d_M / D_{app} \quad (4),$$

где d_M - диаметр мешалки, м;

n - скорость вращения мешалки, об /с;

ρ - плотность жидкости, кг/м³;

N_M - мощность, потребляемая мешалкой, Вт;

μ - динамическая вязкость, Па*с;

K_N – критерий мощности.

Методика расчета конструктивно-технологических параметров процесса механического перемешивания

1. Выбирают тип мешалки, ее диаметр d_m , размеры аппарата $D_{\text{апп}}$ и $H_{\text{апп}}$.
2. Определяют коэффициент $C\tau$ в зависимости от размеров аппарата и типа перемешивающего устройства.
3. Определяют число оборотов мешалки: $n = \frac{C\tau}{\tau_m}$.
4. Рассчитывают Re_m по соотношению (3).
5. По графику $KN = f(Re_m)$ находят KN .
6. Рассчитывают N_m из выражения (2):

$$N_m = K_N * d_m^5 * n^3 * \rho.$$

Методика расчета конструктивно-технологических параметров процесса механического перемешивания (2)

7. Рассчитывают мощность $N_{дв}$, потребляемую приводом перемешивающего устройства:

$$N_{дв} = \frac{K * N_m}{\eta_{пер}}$$

где K - поправочный коэффициент, учитывающий конструктивные особенности аппарата и перемешивающего устройства; $\eta_{пер}$ - к.п.д. передачи.

В реальной установке непрерывного действия:

$$\tau_m = \tau_{пр} = \frac{\rho * V_{см}}{G_{см(эфф)}} = \frac{\rho * S * h_{см}^{эфф}}{G_{см}^{эфф}}$$

т.е. необходимо обеспечить: $G_{см} \leq G_{см}^{эфф}$ и $h_{см} \geq h_{см}^{эфф}$.

Материальный баланс по целевому КОМПОНЕНТУ

Уравнение динамики:

$$\rho_{\text{см}} * V_{\text{см}} * \frac{dC_{\text{см}}}{dt} = G_A * C_A + G_B * C_B - G_{\text{см}} * C_{\text{см}}$$

Уравнение статики при $\frac{dC_{\text{см}}}{dt} = 0$:

$$G_{\text{см}} * C_{\text{см}} = G_A * C_A + G_B * C_B$$

На основании (1) и (2) можно принять:

$$C_{\text{см}} = f(G_A, G_B, G_{\text{см}}).$$

Материальный баланс по всему веществу

Уравнение динамики:

$$\rho_{\text{см}} * S_{\text{апп}} * \frac{dh_{\text{см}}}{dt} = G_A + G_B - G_{\text{см}}$$

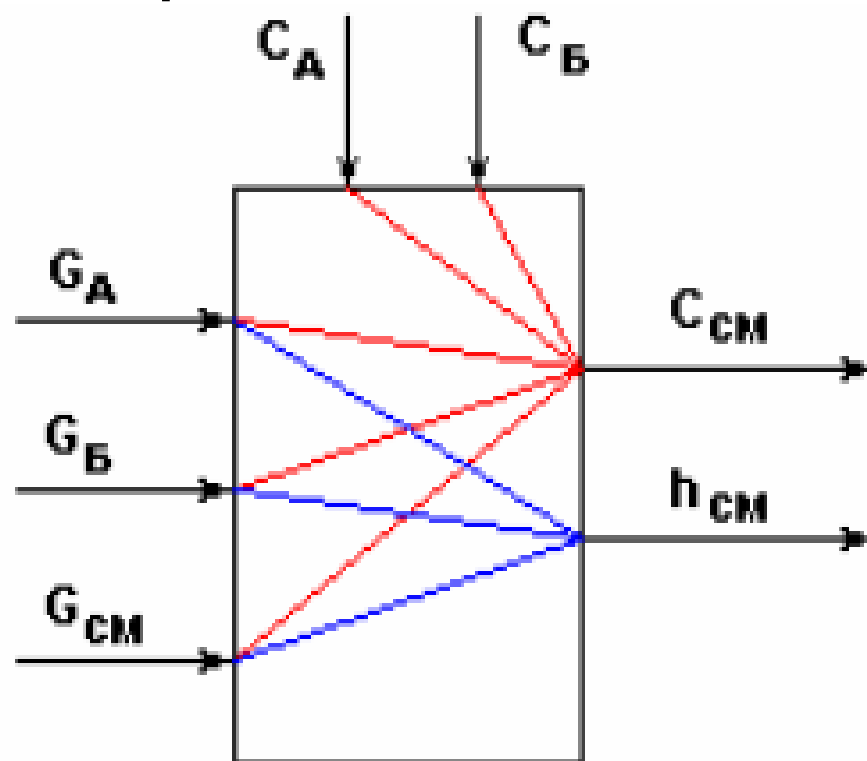
Уравнение статики при $\frac{dh_{\text{см}}}{dt} = 0$:

$$G_{\text{см}} = G_A + G_B$$

На основании (4) и (5) можно принять:

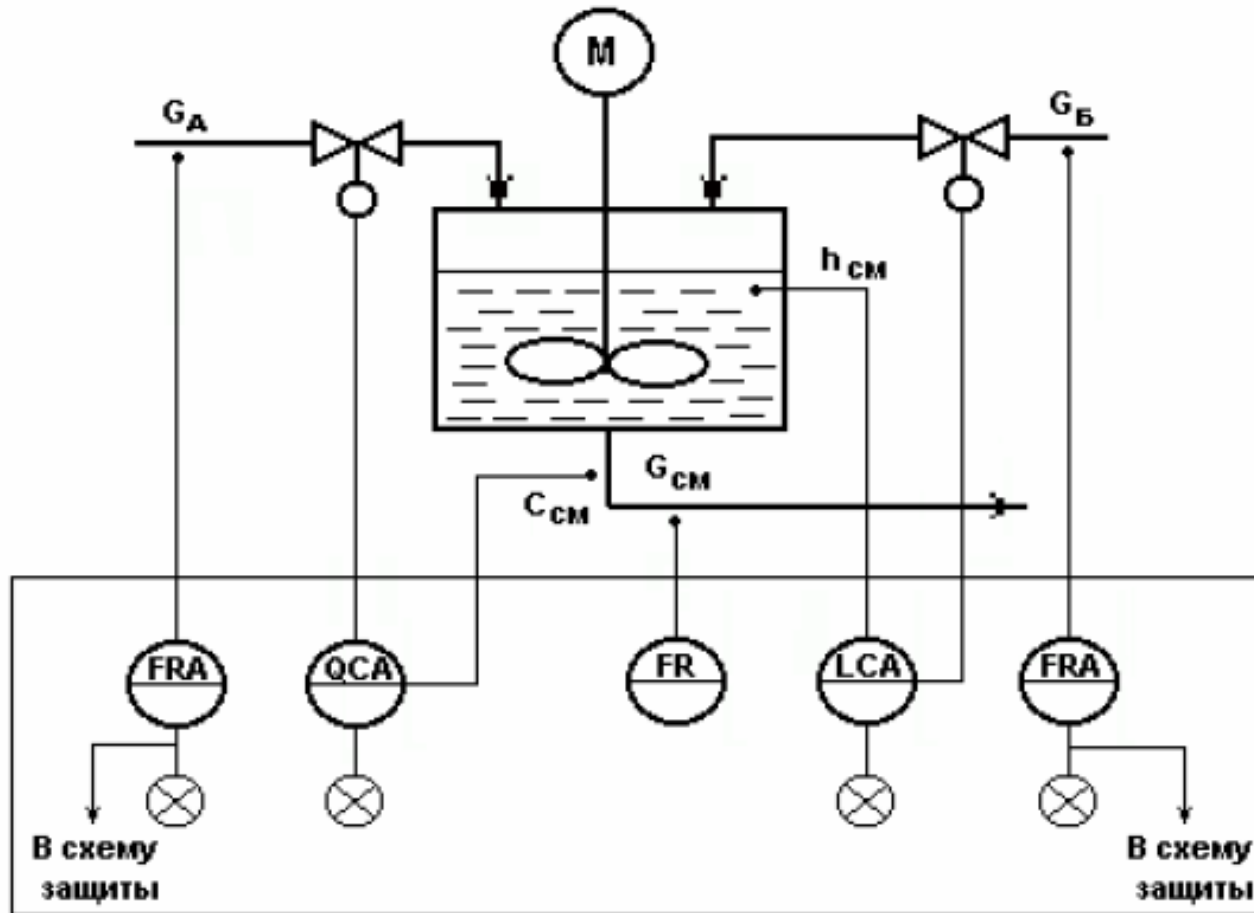
$$h_{\text{см}} = f(G_A, G_B, G_{\text{см}}).$$

Информационная схема объекта



- Управляемые переменные - C_{CM} и h_{CM} .
- Возможные контролируемые возмущения: C_A, C_B ,
причем задано, что $C_A \gg C_B$.
- Возможные управляющие воздействия: G_A, G_B, G_{CM} .
- Однако, в данном случае, G_{CM} определяется последующим технологическим процессом и поэтому не может использоваться в качестве регулирующего воздействия.

Типовая схема автоматизации процесса перемешивания



Типовое решение автоматизации

1. Регулирование.

- Регулирование концентрации $C_{см}$ по подаче реагента G_A - как показателя эффективности процесса перемешивания с целью получения гомогенизированного раствора.
- Регулирование уровня в аппарате $h_{см}$ по подаче реагента G_B - для обеспечения материального баланса по жидкой фазе.

2. Контроль.

- расходы - $G_A, G_B, G_{см}$;
- концентрация - $C_{см}$;
- уровень - $h_{см}$.

3. Сигнализация.

- существенные отклонения $C_{см}$ и $h_{см}$ от задания;
- резкое падение расходов исходных реагентов $G_A \downarrow$ или $G_B \downarrow$, при этом формируется сигнал «В схему защиты».

4. Система защиты.

По сигналу «В схему защиты» - отключаются магистрали подачи исходных реагентов G_A, G_B и отбора смеси $G_{см}$.