

Типовое решение автоматизации технологического процесса приготовления углеводородной шихты

Мономеры, используемые для приготовления углеводородной фазы, должны удовлетворять строгим требованиям по содержанию примесей, оказывающих существенное влияние на скорость полимеризации. Устранить многие из перечисленных возмущений при управлении процессом полимеризации невозможно.

Нагрузку всего производства по углеводородной фазе стабилизируют регулятором расхода. Ее состав стабилизируют регулированием соотношений расхода углеводородной фазы и расходов бутадиена и стирола дистиллята.

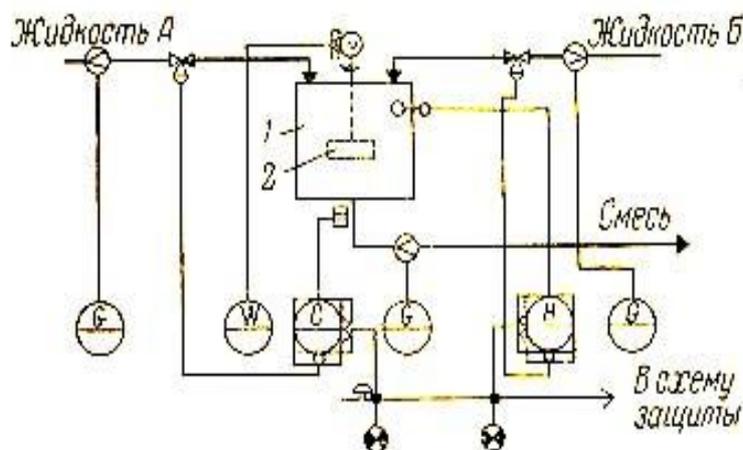


Рисунок 1 – Типовая схема процесса автоматизации смешивания

При разработке типового решения под объектом управления будем понимать емкость с механической мешалкой, в которой смешиваются два мономера. Показателем эффективности процесса смешивания примем концентрацию какого-либо компонента в смеси, а целью управления – получение смеси с определенной концентрацией этого компонента.

Зависимость показателя эффективности от параметров процесса можно вывести из уравнения материального баланса по искомому компоненту:

$$F_{CM}Q_{CM} = F_1Q_1 + F_2Q_2 \quad (1)$$

где F_{CM} , F_1 , F_2 , - расходы соответственно смеси, мономера; Q_{CM} – концентрация искомого компонента в смеси; Q_1 , Q_2 – концентрация искомого компонента в мономерах.

Учитывая, что расход F_{CM} в установившемся режиме равен сумме расходов F_1 F_2 , и решая это уравнение относительно концентрации Q_{CM} , получим:

$$Q_{CM} = \frac{F_1Q_1 + F_2Q_2}{F_1 + F_2} \quad (2)$$

С изменением расходов F_1 , F_2 , в объект будут поступать возмущающие воздействия. Если между предыдущими процессами и процессом смешивания установить емкости, то можно целенаправленно изменять один из этих расходов с целью поддержания концентрации Q_{CM} на заданном значении. Более эффективно изменять расход того мономера, в которой концентрация искомого компонента выше.

Концентрация Q_1 , Q_2 определяются технологическими режимами предыдущих процессов, поэтому стабилизировать или изменять их для достижения цели управления невозможно.

Итак, в смеситель могут поступать возмущающие воздействия, поэтому следует регулировать непосредственно концентрацию Q_{CM} , внося регулирующие воздействия изменением одного из расходов F_1 F_2 .

В смесителе необходимо иметь определенный объем мономеров. Существенное изменение объема может привести к переполнению аппарата или его опорожнению, при этом процесс смешения становится невозможным. Показателем объема мономера является уровень в аппарате, поэтому его необходимо стабилизировать. Уровень зависит от расхода F_{CM} , F_1 , F_2 .

Если расход F_{CM} определяется ходом последующего процесса, то его нельзя ни стабилизировать, ни использовать для внесения регулирующих воздействий. Один из расходов F_1 , F_2 , (например, F_1), как уже сказано, будет использоваться для внесения регулирующих воздействий при регулировании

концентрации Q_{CM} . Следовательно, единственным каналом для внесения регулирующих воздействий при стабилизации уровня является другой расход (F_2). Отметим, что осуществляя регулирующее воздействие, регулятор уровня создает возмущения для регулятора концентрации Q_{CM} .

Для успешной эксплуатации смесителя, определенного управления им и подсчета ТЭП следует контролировать концентрацию Q_{CM} , расходы F_1 , F_2 , уровень мономера в смесителе и количество энергии, потребляемой приводом мешалки. При значительном отклонении концентрация Q_{CM} и уровня в смесителе от заданных значений должен быть подан сигнал. При достижении критического значения уровня подача мономера должна быть прекращена.

1.1 Расчет концентрации и подачи углеводородной шихты

Применим вышеизложенное описание смешивания мономеров в пункте 1 к данному технологическому процессу приготовления углеводородной шихты.

В данном процессе изначально идет подача четырех мономеров: бутадиен-концентрат; бутадиен-ректификат; α -метилстирол-дистилат; α -метилстирол-ректификат соответственно F_1 F_2 F_3 F_4 , которые имеют концентрацию Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 . Между собой основной мономер перемешивается в трубопроводе со своим ректификатом, т.е. происходит усреднение мономера. Следовательно, в системе регулирования будем рассматривать две подачи (расход) F_{12} F_{34} , которые имеют концентрацию Q_{12} и Q_{34} и являются регулирующими воздействиями для регулирования концентрации углеводородной шихты.

Из норм технологического режима углеводороды имеют следующие значения:

Концентрация бутадиена-концентрата – 98%;

Концентрация бутадиена-ректификата – 98%;

Концентрация α -метилстирол-дистилат – 92%;

Концентрация α -метилстирол-ректификата – 99,7%.

Подача углеводородов производится в одинаковом количестве одна тонна в час или 0,27кг/с, следовательно, расходы $F_1=F_2=F_3=F_4$. Используя, изначально подаваемый расход и концентрацию посчитаем, расход F_{12} , F_{34} и концентрацию Q_{12} и Q_{34} , затем рассчитаем расход и концентрацию углеводородной шихты F , Q по формулам:

$$F_{CM} = F_1 + F_2 \quad (3)$$

$$Q_{CM} = \frac{F_1 Q_1 + F_2 Q_2}{F_1 + F_2} \quad (4)$$

Расчет:

1) $F_1=F_2=0,27$ кг/с, $Q_1=Q_2=98\%$

$$F_{12} = 0,27+0,27=0,54 \text{ кг/с}$$

$$Q_{12} = 98\%$$

2) $F_3=F_4=0,27$ кг/с, $Q_3=92\%$ $Q_4=99,7\%$

$$F_{34} = 0,54 \text{ кг/с}$$

$$Q_{34} = 95,8\%$$

3) $Q = \frac{F_{12} Q_{12} + F_{34} Q_{34}}{F_{12} + F_{34}} = \frac{98 * 0,54 + 95,8 * 0,54}{0,54 + 0,54} = 96,9\%$

$$F = F_{12} + F_{34} = 0,54 + 0,54 = 1,08$$

Концентрация углеводородной шихты – 96,9%; подача 1,08 кг/с.

2. Описание функциональной схемы автоматизации приготовления углеводородной шихты

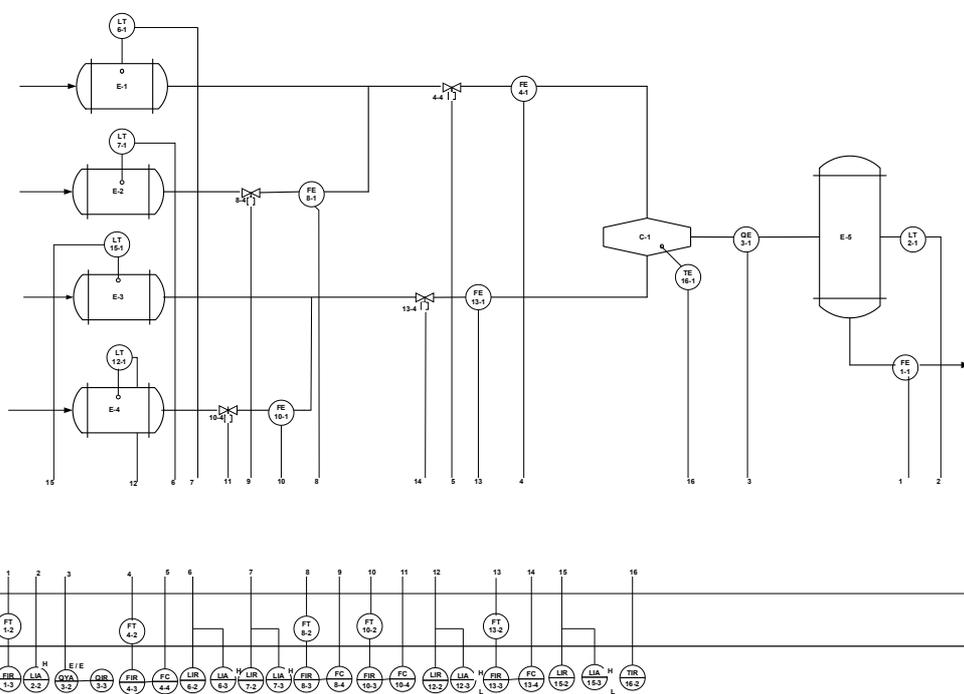


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматизации приготовления углеводородной шихты.

Углеводородная шихта готовится непрерывным способом в вертикальной ёмкости N 5 .

(Метил) стирол - ректификат насосом из емкости N 4 , (метил) стирол - дистиллат насосом из емкости N 3 непрерывно, через смеситель C-1 закачивается в емкость N 5. Расход (метил) стирола-ректификата регистрируется прибором поз.10-1. Регулирующий клапан поз.10-4 установлен на трубопроводе подачи (метил) стирол - ректификата после насосов. Расход (метил) стирола общего регулируется автоматически прибором поз.13-1, регулирующий клапан поз.13-4 установлен на трубопроводе подачи (метил) стирола общего. Уровень в емкости N 3 измеряется прибором поз.15-1 с сигнализацией по минимальному и

максимальному уровню. Уровень в емкости N4 измеряется прибором поз.12-1 с сигнализацией по минимальному и максимальному уровню.

Бутадиен-концентрат из емкости N 1 насосом непрерывно подается через смеситель в емкость N 5. Уровень в емкости N1 измеряется прибором поз. 6-1 с сигнализацией по минимальному и максимальному уровню.

В смесителе бутадиен-концентрат смешивается с (метил) стиролом. Расход бутадиена-концентрата регулируется автоматически прибором поз.4-1. Регулирующий клапан поз.4-4 установлен на трубопроводе подачи бутадиена-концентрата в смеситель. Схема позволяет производить усреднение концентрации бутадиена, подаваемого на приготовление углеводородной шихты, при этом насосом бутадиен-концентрат откачивается на приготовление углеводородной шихты, а другим насосом бутадиен-концентрат подается из емкости N 2 на усреднение с бутадиеном из емкости N 1. Расход бутадиена-концентрата на усреднение регулируется автоматически прибором поз.8-1 регулирующий клапан поз. 8-4 установлен на нагнетательном трубопроводе насосов. Уровень в емкости N2 измеряется прибором поз.7-1 с сигнализацией по минимальному и максимальному уровню. Уровень в емкости N 5 измеряется прибором поз.2-1 с сигнализацией максимального уровня. На трубопроводе углеводородной шихты после смесителя установлен ультразвуковой датчик типа АСА-2, для регистрации удельного веса шихты, прибор поз.3-1. Удельный вес углеводородной шихты и соотношение между бутадиеном и альфа-метилстиролом задается инженером-технологом, в зависимости от содержания сополимера в каучуке.

Готовая углеводородная шихта из емкости N 5 насосом подается на водно-щелочную отмывку в цех Е-1. Расход углеводородной шихты регистрируется прибором поз.1-1. Температура в смесителе С-1 измеряется прибором поз. 16-1.

3. Разработка автоматической системы регулирования приготовления углеводородной шихты

Автоматическое регулирование – это частный случай автоматического управления, когда цель управления заключается в обеспечении заданного алгоритма функционирования – закона изменения некоторого технологического параметра (регулируемой величины). В частном уровне регулирующую величину нужно поддерживать на заданном постоянном уровне.

Если обозначить через $x_1(t)$ требуемое изменение регулируемой величины во времени, а через $x_2(t)$ – её действительное изменение во времени, то задача автоматического регулирования сведется к поддержанию равенства:

$$x_2(t) = x_1(t). \quad (5)$$

В промышленных системах на объект регулирования практически непрерывно действуют разного рода возмущающие воздействия, благодаря которым регулируемая величина отклоняется от заданного закона изменения. Такими возмущающими воздействиями могут быть скачки напряжения питания, изменение температуры воздуха и др.

Чтобы ликвидировать нежелательные последствия возмущающих воздействий, необходимо с помощью исполнительного элемента (регулирующего органа) вручную или автоматически осуществлять регулирующее воздействие на объект для обеспечения равенства (5). Устройство, автоматически решающее задачу регулирования в данном объекте, называется автоматическим регулятором. Совокупность объекта регулирования и автоматического регулятора образует автоматическую систему регулирования.

3.1 Структурно-функциональная схема проектируемой АСР концентрации углеводородной шихты

Рассмотрим АСР предназначенную для регулирования (поддержания на постоянном заданном значении) технологической величины – концентрации углеводородной шихты.

АСР представляет собой замкнутую цепь, состоящую из объекта регулирования ОР – емкость №5; автоматического регулятора АР; исполнительное устройство ИУ – пневматический регулирующий клапан состоящего из регулирующего органа и исполнительного механизма; датчика обратной связи ДОС – акустический анализатор жидких сред; $ЗО_1$ – задающий орган расхода F_1 , $ЗО_2$ – задающий орган концентрации Q , $ЗО_3$ – задающий орган расхода F_2 ,

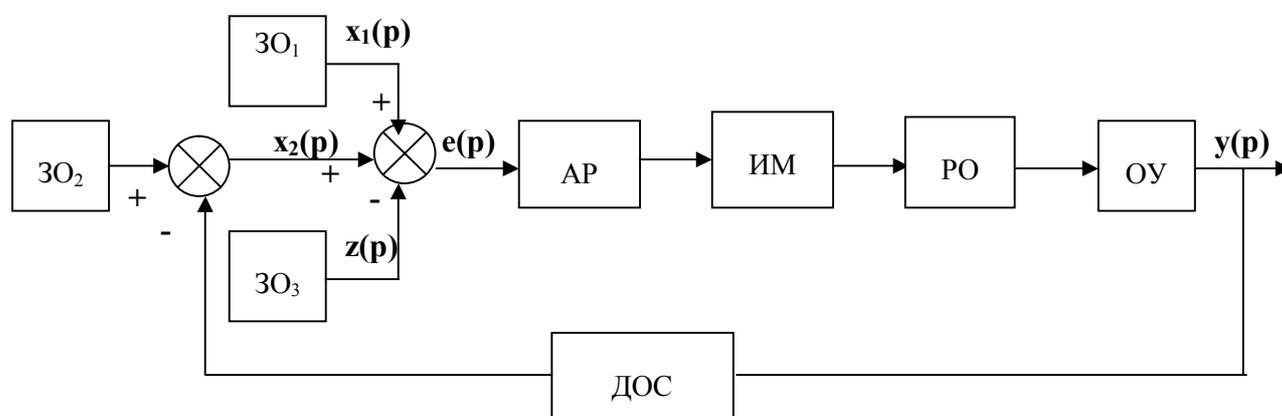


Рисунок 3 – Структурно-функциональная схема АСР приготовления углеводородной шихты

Возмущающее воздействие приводит к отклонению регулируемой технологической величины объекта от заданного значения. Информация об изменении регулируемой величины воспринимается измерительным преобразователем системы и передается на автоматический регулятор. Последний

сравнивает текущее значение регулируемой величины с заданным значением и в зависимости от знака и величины рассогласования по заранее заложенному в регулятор закону (алгоритму) вырабатывает регулирующее воздействие, которое через исполнительное устройство направляется на объект регулирования и приводит к ликвидации или уменьшения этого рассогласования.

4. Математическое описание элементов системы и определение параметров их математических моделей

4.1 Математическое описание объекта управления

Математическое описание объекта управления (емкость №5) постоянного объема V , обеспечивающего идеальное перемешивание углеводородов. В емкость подаются мономеры, расходы и концентрации которых соответственно равны F_{12} , Q_{12} и F_{34} , Q_{34} . Выходной величиной смесителя является состав углеводородной шихты Q в емкости и на выходе из него, а входными переменными – величины потоков на входе F_{12} и F_{34} , а также концентрация Q_{12} . Причем $Q_1 > Q > Q_2$.

Для нахождения уравнения динамики смесителя составим полный материальный баланс, а также материальный баланс с учетом концентрации вещества в каждом потоке за промежуток времени dt

$$F_{12} + F_{34} = F \quad (6)$$

$$F_{12}Q_{12}dt + F_{34}Q_{34}dt = VdQ + FQdt \quad (7)$$

где F – расход углеводородной шихты на выходе из смесителя. Преобразуем уравнение с учетом формулы

$$V \frac{dQ}{dt} + (F_{12} + F_{34}) Q = F_{12}Q_{12} + F_{34}Q_{34} \quad (8)$$

Данное уравнение нелинейное, так как три его слагаемых представляют собой произведения переменных величин. Линеаризуем его, заменив каждую переменную на сумму базисного значения и приращения. Получим:

$$\begin{aligned}
& V \frac{d\Delta Q}{dt} + F_{120}Q_0 + F_{120}\Delta Q + \Delta F_{12}Q_0 + F_{340}Q_0 + F_{340}\Delta Q + \Delta F_{34}Q_0 = \\
& = F_{120}Q_{120} + F_{120}\Delta Q_{12} + \Delta F_{12}Q_{120} + F_{340}Q_{34} + \Delta F_{34}Q_{34}
\end{aligned} \quad (9)$$

Уравнение смесителя при равновесном состоянии имеет вид

$$F_{120}Q_0 + F_{340}Q_{34} = F_{120}Q_{120} + F_{340}Q_{34} \quad (10)$$

Вычтем почленно уравнение 10 из уравнения 9, оновременно учитывая, что $F_{120} + F_{340} = F$, и найдем уравнение смесителя в прращениях

$$V \frac{d\Delta Q}{dt} + F_0\Delta Q = F_{120}\Delta Q_{12} + (Q_{120} - Q_0)\Delta F_{12} - (Q_0 - Q_{34})\Delta F_{34} \quad (11)$$

Из этого уравнения следует, что концентрация вещества Q в смесителе возрастает с увеличением Q_{12} и F_{12} , так как $Q_{120} > Q_0$, и понижается с увеличением F_{34} , так как $Q_0 > Q_{34}$ по условию.

Подставляя в уравнение 6 относительные величины

$$y = \frac{\Delta Q}{Q_0} \quad z = \frac{\Delta Q_{12}}{Q_{120}} \quad x_1 = \frac{\Delta F_{12}}{F_{120}} \quad x_2 = \frac{\Delta F_{34}}{F_{340}}$$

получим:

$$V \frac{d\Delta Q}{dt} + F_0Q_0y = F_{120}Q_{120}z + (Q_{120} - Q_0)F_{120}x_1 - (Q_0 - Q_{34})F_{340}x_2 \quad (12)$$

Разделив все слагаемые уравнения 11 на сомножитель F_0Q_0 , окончательно найдем

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = k_1z + k_2x_1 - k_3x_2 \quad (13)$$

где $T_0 = \frac{V}{F_0}$ - постоянная времени объекта; k_1, k_2, k_3 - коэффициенты усиления по каналам Q_1-Q , F_1-Q , F_2-Q :

$$k_1 = \frac{F_{120}Q_{120}}{F_0Q_0} \quad k_2 = \frac{F_{120}(Q_{120} - Q_0)}{F_0Q_0} \quad k_3 = \frac{F_{340}(Q_0 - Q_{34})}{F_0Q_0}$$

Таким образом, по всем трем каналам прохождения сигналов рассматриваемый смеситель представляет собой устойчивый объект 1-го порядка; его устойчивость объясняется наличием внутренней обратной связи.

Уравнение динамики смесителя в операторной форме:

$$(T_0p + 1)y = k_1z + k_2x_1 - k_3x_2 \quad (14)$$

Передаточная функция объекта по его каналам описывается равенствами:

$$W_1(p) = \frac{k_1}{T_0 p + 1} \quad W_2(p) = \frac{k_2}{T_0 p + 1} \quad W_3(p) = -\frac{k_3}{T_0 p + 1}$$

4.2 Уравнение динамики и передаточные функции элементов АСР концентрации углеводородной шихты

Уравнение динамики:

- объекта управления $(T_0 p + 1)y = k_1 z + k_2 x_1 - k_3 x_2$

- исполнительное устройство типа НЗ $T_{ИУ} \frac{dx}{dt} + x = k_{ИУ} x_1$ (15)

- датчик концентрации $y = k_{ОС} x$ (2.16)

Преобразуем уравнение в передаточные функции:

- $W_{OY}(p) = \frac{k_1 + k_2 - k_3}{T_0 p + 1}$ (2.17)

это апериодическое звено первого порядка;

- $W_{ИУ}(p) = \frac{k_i}{T_d p + 1}$ (2.18)

это апериодическое звено первого порядка

- $W_{ОС}(p) = k_{ОС}$ (2.19)

4.3 Расчет коэффициентов передаточных функций каждого звена

На основе расчетных данных и справочной информации из технической литературы были сделаны описания каждого из звеньев анализируемой системы. Формулы передаточных функций были взяты из литературы, описывающей данные системы.

Используя те же данные, были получены расчетным путем все значимые коэффициенты объекта регулирования.

Рассчитаем коэффициенты усиления по каналам Q_{12} - Q , F_{12} - Q , F_{34} - Q и постоянную времени объекта, где $V=46\text{м}^3$.

$$k_2 = \frac{F_{120}(Q_{120} - Q_0)}{F_0 Q_0} = \frac{0,54(98 - 96,9)}{104,7} = 0,006$$

$$k_3 = \frac{F_{340}(Q_0 - Q_{34})}{F_0 Q_0} = \frac{0,54(96,9 - 95,8)}{104,7} = 0,006$$

$$T_0 = \frac{V}{F_0} = \frac{46}{1,08} = 42,6$$

Численные значения параметров: $k_1=0,5$; $k_2=0,006$; $k_3=0,006$; $T_0=42,6$; $k_P=1$; $T_I=1$; $k_{ИМ}=0,5$; $T_D=0,25$; $k_{ОС}=1$.