

## ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БАРБОТАЖНЫМ АБСОРБЕРОМ АММИАКА

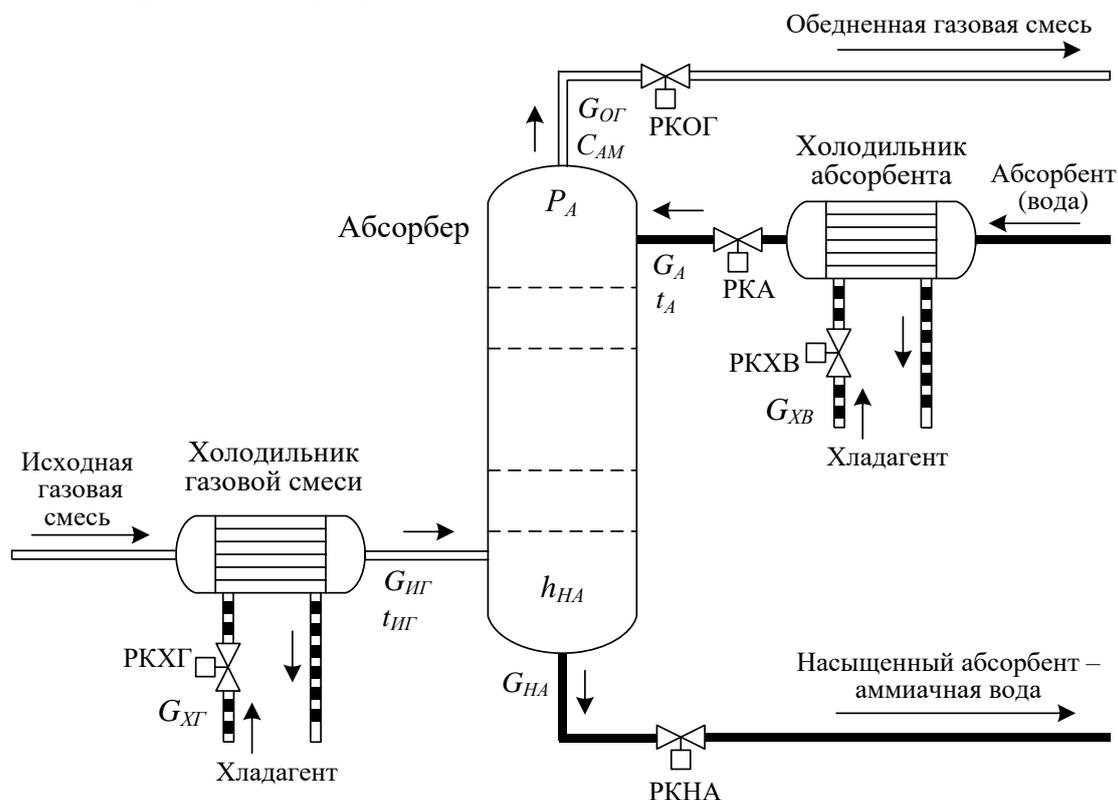
**Берлов В.О., студент; Попов В.А., к.т.н., доц.; Федюн Р.В., к.т.н., доц.**

(ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк, ДНР)

Абсорбцией называют процесс поглощения паров или газов из парогазовых или газовых смесей жидкими поглотителями – абсорбентами. Если поглощаемый газ, называемый абсорбатом – химически не взаимодействует с абсорбентом, то такой вид абсорбции называют физической. Если же абсорбат образует с абсорбентом химическое соединение, возникающее в процессе химической реакции, то такой процесс называют хемсорбцией. В технике достаточно часто встречается сочетание обеих видов абсорбции. В промышленности технологический процесс абсорбции широко используется для очистки горючих и технологических газов от вредных примесей, для выделения из газовых смесей ценных компонентов, для санитарной очистки газов и т.д. [1,2].

В процессе абсорбции массопередача между газовой и жидкой фазами осуществляется на поверхности их соприкосновения. Поэтому, в аппаратах для поглощения газов жидкостями – абсорберах, должна быть создана достаточно большая поверхность соприкосновения между газовой и жидкой фазами. По способу образования этой поверхности абсорбционные аппараты классифицируют на поверхностные, барботажные и распыливающие. Преимуществом рассматриваемого в данной работе барботажного абсорбера является хороший контакт между фазами и возможность работы при любом, в том числе и очень низком, расходе жидкости, кроме того в барботажных абсорберах легко осуществляется отвод теплоты [2].

Технологическая схема процесса абсорбции аммиака из исходной многокомпонентной газовой смеси приведена на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Технологическая схема процесса абсорбции аммиака*

В барботажный абсорбер (рис.1) тарельчатого типа подается исходная многокомпонентная газовая смесь, содержащая, в том числе и поглощаемый компонент или абсорбат – аммиак. Исходная газовая смесь расходом  $G_{ИГ}$  предварительно охлаждается в холодильнике газовой смеси до температуры  $t_{ИГ}$ , за счет подачи хладагента газовой смеси расходом  $G_{ХГ}$  (рис.1). Для извлечения абсорбата – аммиака из многокомпонентной исходной газовой фазы в аппарат непрерывно подается абсорбент – вода расходом  $G_A$ , которая предварительно охлаждается в холодильнике абсорбента за счет подачи в него хладагента воды расходом  $G_{ХВ}$  (рис.1). В результате абсорбции аммиака водой, из верхней части абсорбера отбирается очищенная от аммиака, обедненная газовая смесь с концентрацией аммиака в ней  $C_{АМ}$  и расходом  $G_{ОГ}$ ; из нижней части абсорбера отводится насыщенный абсорбент – аммиачная вода с расходом  $G_{НА}$  (рис.1). Для возможности изменения расходов основных и вспомогательных компонентов, влияющих на эффективность процесса абсорбции в технологической схеме предусмотрены регулирующие клапаны: РКХГ – регулирующий клапан хладагента в холодильнике исходной газовой смеси; РКОГ – регулирующий клапан обедненной газовой смеси; РКА – регулирующий клапан абсорбента (воды); РКНА – регулирующий клапан насыщенного абсорбента – аммиачной воды; РКХВ – регулирующий клапан хладагента в холодильнике абсорбента – воды (рис.1).

На процесс абсорбции основное влияние оказывает движущая сила, которая определяется расположением равновесной линии процесса относительно рабочей линии [1]. Положение рабочей линии процесса абсорбции определяется начальной и конечной концентраций абсорбируемого компонента - абсорбата в обеих фазах, а положение равновесной линии – от температуры и давления в аппарате. Из этого следует, что концентрация извлекаемого компонента в обедненной смеси – аммиака зависит от его начальной концентрации в газовой и жидкой фазах, расхода исходной многокомпонентной газовой смеси, расхода абсорбента, а также от величины давления и температуры и абсорбере.

Изменение расхода газовой смеси и начальных концентраций извлекаемого компонента в фазах представляют собой выходные величины предыдущих технологических аппаратов, а, следовательно, представляют собой основные возмущения процесса абсорбции. Регулирующим воздействием являются расходы свежего абсорбента, обедненного газа и насыщенного абсорбента.

Основными управляющими воздействиями, поддерживающими заданное значение концентрации извлекаемого компонента (аммиака) в обедненном газе, является изменение расхода абсорбента (воды). Такая схема обеспечивает приемлемое качество управления только при равномерной подаче исходной газовой смеси и постоянных начальных концентрациях извлекаемого компонента (аммиака) в газовой и жидкой фазах.

Температура в абсорбере зависит от температур, теплоемкостей и расходов газовой и жидкой фаз, а также от интенсивности выделения тепла в процессе абсорбции и потерь тепла в окружающую среду. Большинство этих величин достаточно сильно изменяются во времени, что приводит к нарушению теплового баланса процесса абсорбции и изменению температуры в абсорбере. Как было отмечено выше, повышение температуры замедляет протекание процесса абсорбции. Во избежание этого для интенсификации процесса исходную газовую смесь и абсорбент перед подачей их в абсорбер охлаждают в холодильниках (рис.1).

Как было отмечено выше, повышение давления в абсорбере способствует более полному извлечению компонента – аммиака из исходной газовой смеси. Поддержание заданного значения давления в верхней части колонны может осуществляться в автоматическом режиме за счет использования соответствующего регулятора.

Для предотвращения проскока исходной газовой смеси из абсорбера в линию насыщенного абсорбента в нижней части абсорбера, собирают некоторое количество жидкости – насыщенного абсорбента, уровень которого необходимо поддерживать постоянным из условия сохранения материального баланса.

При переменном составе и расходе исходной газовой смеси, поступающей в абсорбер, повышения качества управления процессом абсорбции и достижения поставленной цели – получения заданного значения концентрации аммиака в обедненной газовой смеси необходимо использовать многоконтурные системы автоматического регулирования.

Выполненный анализ особенностей функционирования барботажного абсорбера тарельчатого типа (рис.1) позволил получить схему информационных переменных (рис.2) данного объекта управления.

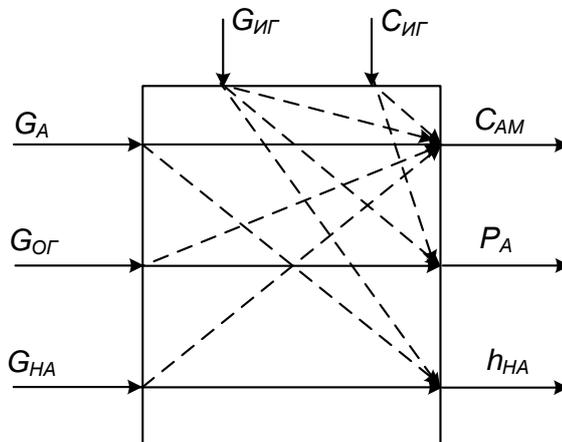


Рисунок 2 – Схема информационных переменных барботажного абсорбера аммиака

Как было определено выше, в процессе анализа барботажного абсорбера как объекта управления, основными управляемыми переменными для данного объекта являются (рис.2): концентрация аммиака в обедненной газовой смеси на выходе абсорбера  $C_{AM}$ ; давление в верхней части абсорбера  $P_A$ ; уровень насыщенного абсорбента в нижней части абсорбера  $h_{НА}$ .

Для осуществления требуемого изменения перечисленных управляемых переменных в барботажном абсорбере тарельчатого типа (рис.2), используются следующие управляющие воздействия: расход абсорбента (воды)  $G_A$  – позволяет необходимым образом воздействовать на концентрацию аммиака в обедненной газовой смеси на выходе абсорбера  $C_{AM}$ ; расход обеднённой газовой смеси  $G_{ОГ}$  – позволяет необходимым образом воздействовать на давление в верхней части абсорбера  $P_A$  и тем самым поддерживать материальный баланс абсорбера по газовой фазе; расход насыщенного абсорбента (аммиачной воды)  $G_{НА}$  – позволяет необходимым образом воздействовать на уровень насыщенного абсорбента в нижней части абсорбера  $h_{НА}$  и тем самым поддерживать материальный баланс абсорбера по жидкой фазе.

Основными возмущающими воздействиями, которые оказывают влияние на приведенные выше управляемые переменные, являются (рис.2):

- расход исходной газовой смеси  $G_{ИГ}$  и концентрация аммиака в исходной газовой смеси  $C_{ИГ}$  – оказывают возмущающее воздействие на концентрацию аммиака в обедненной газовой смеси на выходе абсорбера  $C_{AM}$ . Кроме того, на концентрацию аммиака в обедненной газовой смеси  $C_{AM}$  оказывают возмущающее влияние управляющие воздействия – расход обеднённой газовой смеси  $G_{ОГ}$  и расход насыщенного абсорбента  $G_{НА}$ ;

- расход исходной газовой смеси  $G_{ИГ}$  и концентрация аммиака в исходной газовой смеси  $C_{ИГ}$  – оказывают возмущающее воздействие на давление в верхней части абсорбера  $P_A$ .

- расход исходной газовой смеси  $G_{ИГ}$  – оказывает возмущающее воздействие на уровень насыщенного абсорбента в нижней части абсорбера  $h_{НА}$ . Кроме того, на уровень насыщенного абсорбента  $h_{НА}$  оказывает возмущающее влияние управляющее воздействие – расход абсорбента  $G_A$ .

На основании осуществленного выше анализа особенностей барботажного абсорбера аммиака, предложена схема концепции построения САУ, которая приведена на рисунке 3.

Достичь повышения качества управления в современных САУ возможно за счет использования многоконтурных схем подчиненного регулирования.

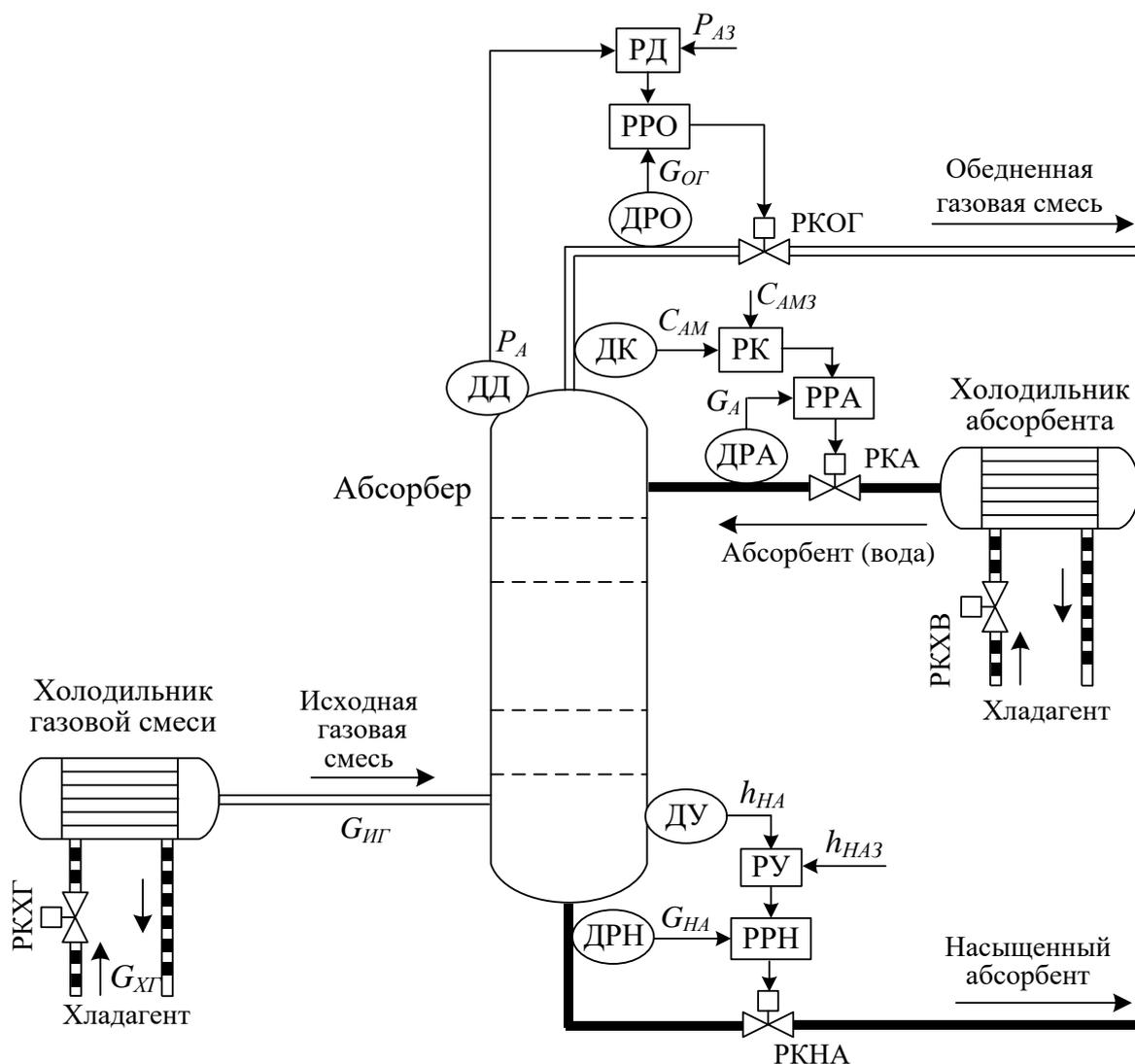


Рисунок 3 – Схема концепции построения САУ абсорбером

Для точного поддержания давления в барботажном абсорбере аммиака под действием возмущающих воздействий предлагается САУ давлением реализовать по двухконтурной схеме подчиненного регулирования, с внутренним контуром управления расходом обедненной газовой смеси  $G_{OG}$  и внешним контуром управления давлением  $P_A$  в верхней части абсорбера (рис.3). САУ концентрацией аммиака в обедненной газовой смеси реализуется по двухконтурной схеме подчиненного регулирования: внутренний контур управления расходом абсорбента (воды)  $G_A$ , внешний контур управления концентрацией аммиака  $C_{AM}$  (рис.3). САУ уровнем насыщенного абсорбента реализуется по двухконтурной схеме подчиненного регулирования: внутренний контур управления расходом насыщенного абсорбента (аммиачной воды)  $G_{HA}$ , внешний контур управления уровнем насыщенного абсорбента  $h_{HA}$  (рис.3).

Датчик концентрации ДК осуществляет непрерывный контроль концентрации аммиака в обедненной газовой смеси  $C_{AM}$  и передает информацию о ней в регулятор концентрации РК внешнего контура, который сравнивает ее с заданным значением концентрации аммиака  $C_{AMЗ}$ , рассчитывает и формирует управляющее воздействие, которое является задающим для внутреннего контура управления расходом абсорбента (воды)  $G_A$  (рис.3). Внутренний контур управления расходом абсорбента  $G_A$  состоит из датчика расхода абсорбента (воды) ДРА, регулятора расхода абсорбента (воды) РРА и регулирующего органа с исполнительным механизмом – регулирующего клапана абсорбента (воды) РКА с электроприводом (рис.2.1). Внутренний контур управления расходом абсорбента, реализуемый по принципу обратной

связи, необходим для получения более качественного управления основной управляемой переменной – концентрацией аммиака. Общий алгоритм управления в САУ концентрацией аммиака в обедненной газовой смеси состоит из двух алгоритмов, которые реализуются внешним регулятором концентрации РК и внутренним регулятором расхода РРА (рис.3).

Датчик давления ДД осуществляет непрерывный контроль давления в верхней части абсорбера  $P_A$  и передает информацию о нём в регулятор давления РД внешнего контура, который сравнивает ее с заданным значением давления  $P_{AZ}$ , рассчитывает и формирует управляющее воздействие, которое является задающим для внутреннего контура управления расходом обеднённой газовой смеси  $G_{OG}$  (рис.3). Внутренний контур управления расходом обеднённой газовой смеси  $G_{OG}$  состоит из датчика расхода обеднённой газовой смеси ДРО, регулятора расхода обеднённой газовой смеси РРО и регулирующего органа с исполнительным механизмом – регулирующего клапана обеднённой газовой смеси РКОГ с электроприводом (рис.3). Внутренний контур управления расходом обеднённой газовой смеси, реализуемый по принципу обратной связи, необходим для получения более качественного управления основной управляемой переменной – давлением в верхней части абсорбера. Общий алгоритм управления в САУ давлением в абсорбере состоит из двух алгоритмов, которые реализуются внешним регулятором давления РД и внутренним регулятором расхода РРО (рис.3).

Датчик уровня ДУ осуществляет непрерывный контроль уровня насыщенного абсорбента (аммиачной воды)  $h_{НА}$  и передает информацию о нем в регулятор уровня РУ внешнего контура, который сравнивает ее с заданным значением уровня  $h_{HAZ}$ , рассчитывает и формирует управляющее воздействие, которое является задающим для внутреннего контура управления расходом насыщенного абсорбента (аммиачной воды)  $G_{НА}$  (рис.3). Внутренний контур управления расходом насыщенного абсорбента  $G_{НА}$  состоит из датчика расхода насыщенного абсорбента ДРН, регулятора расхода насыщенного абсорбента РРН и регулирующего органа с исполнительным механизмом – регулирующего клапана насыщенного абсорбента РКНА с электроприводом. Как было указано выше, внутренний контур управления расходом насыщенного абсорбента, реализуемый по принципу обратной связи, необходим для получения более качественного управления основной управляемой переменной – уровнем насыщенного абсорбента в абсорбере. Общий алгоритм управления в САУ уровнем насыщенного абсорбента в абсорбере состоит из двух алгоритмов, которые реализуются внешним регулятором уровня РУ и внутренним регулятором расхода РРН (рис.3).

В данной статье предложена и обоснована концепция системы автоматического управления процессом абсорбции аммиака в барботажном абсорбере тарельчатого типа. На основании выполненного анализа существующих принципов построения систем автоматического управления и их особенностей, было принято решение об использовании многоконтурной структуры подчиненного регулирования при реализации САУ концентрацией аммиака в обеднённой газовой смеси, САУ давлением в абсорбере, САУ уровнем насыщенного абсорбента, как наиболее подходящей для решения поставленной задачи автоматизации рассматриваемого объекта – барботажного абсорбера аммиака.

Разработанная концепция построения САУ позволяет осуществить теоретический синтез требуемых алгоритмов управления и выполнить техническую реализацию разрабатываемой системы автоматического управления процессом абсорбции аммиака в барботажном абсорбере тарельчатого типа.

#### Перечень ссылок

4. Бесков, В. С. Общая химическая технология / В.С. Бесков – М.: Академкнига, 2006. – 452 с.
5. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Изд-во Альянс, 2005. – 753 с.