

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ МЕТАНОЛА В АГРЕГАТАХ ТИПА НДА-II

Горбашенко В.В., студ.; Федюн Р.В., доц., к.т.н.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Основная проблема создания малотоннажных установок для получения метанола состоит в том, что все существующие на сегодня способы прямого окисления метана в метанол кислородом воздуха осуществляют при низкой концентрации кислорода в исходной газовой смеси и, следовательно, на выходе из реактора реакционная смесь будет обогащена метаном, азотом, окисью и двуокисью углерода и другими элементами. Рециркуляция метана требует его отделения от реакционной смеси, что является весьма затруднительным. Поэтому выход метанола, в расчете на весь пропущенный метан, остается крайне низким, а рециркуляция метана практически невозможной, как и окисление всего метана за один проход.

Однако экспериментальным путем могут быть найдены соотношения параметров рабочего процесса и геометрических характеристик обогреваемого реактора, при которых данная задача становится разрешимой (весь поступающий на вход реактора метан окисляется за один проход с получением приемлемого выхода метанола и его содержанием в получаемом оксидате).

Технологический процесс, рассматриваемый в статье, представлен тремя взаимосвязанными объектами (рис.1). В испарителе происходит испарение метанола. Метанол, содержащий 10-12% воды, непрерывно поступает в испаритель, туда же подается воздух, который барботирует через слой водного метанола и насыщается его парами. Затем паровоздушная смесь идет в реактор. Паровоздушная смесь попадает в реактор, температура в котором 500-600°C. Реакционные газы сразу же попадают в холодильник, где происходит охлаждение смеси и предотвращается распад продукта.

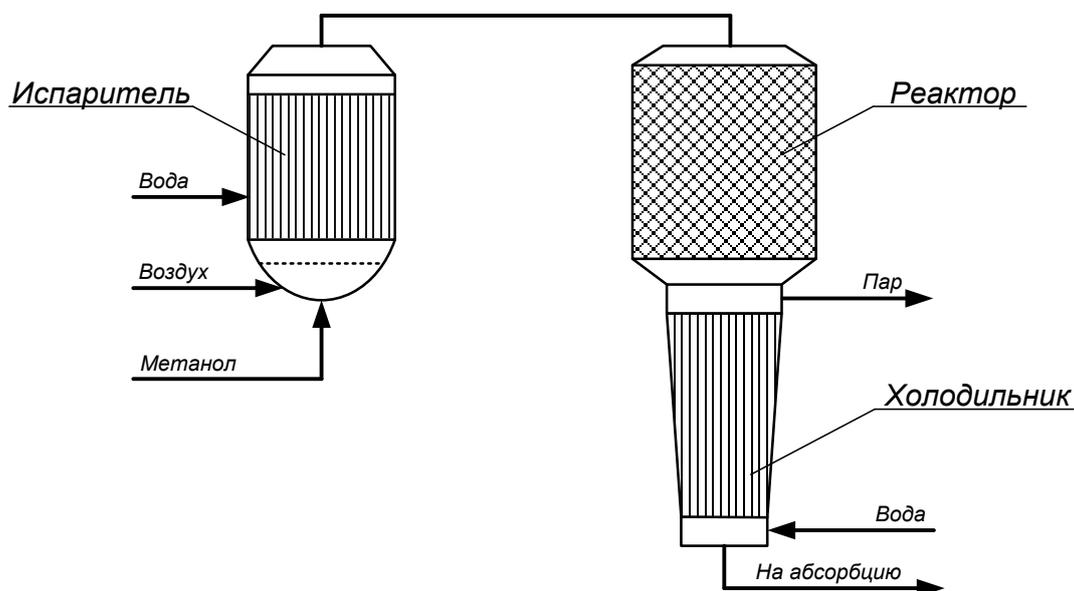


Рисунок 1 - Технологическая схема процесса очистки метанола

Метанол содержит большое число разнообразных соединений, полное разделение которых обычными способами ректификации невозможно. Хорошо отделяются от метанола лишь легколетучие примеси: ацетальдегид, метилформиат, метилацетат, фуран, ацетон и др., имеющие высокий коэффициент ректификации. Соединения, входящие в состав метанола-

сырца, образуют двойные, тройные и еще более сложные азеотропные смеси, что затрудняет отделение их от метанола. С учетом этих особенностей для получения товарного метанола в ЦНИЛХИ были разработаны непрерывно действующие аппараты НДА-I и НДА-II.

Одним из основных требований, предъявляемых к процессу очистки, является стабилизация температуры в реакторе. Температура в реакторе зависит как от уровня подаваемой воды, так и от уровня метанола. Расход сырья контролируется дозаторами или выбором регулирующего вентиля с электроприводом.

В связи с тем, что приготавливаемый в аппарате метанол поступает на обжиг в реактор, он должен иметь контролируемую влажность. Избыточное содержание воды в метаноле требует дополнительных затрат топлива на ее испарение в реакторе. Содержание влаги должно быть таким, чтобы обеспечить установленный температурный режим достаточным количеством продукта перегона, а также обойтись без перекачивания лишнего уровня влаги.

Контролируемыми параметрами в испарителе являются: расход метанола, расход воздуха и давление пара. По технологическим требованиям расход метанола должен составлять $F_m = 3 \text{ м}^3/\text{ч}$, расход воздуха $F_v = 30 \text{ нм}^3/\text{ч}$.

Контролируемыми параметрами в реакторе являются давление пара, которое по технологическим требованиям должно составлять $P_p = 0,5 \text{ МПа}$.

Регулируемым параметром в испарителе является соотношение расходов воздух-метанол, причем регулирование происходит с коррекцией по уровню метанола в испарителе. Уровень метанола в испарителе составляет $L = 1 \text{ м}$.

Регулируемым параметром в реакторе является температура. Температура в реакторе регулируется изменением подачи воды в холодильник. По технологическим требованиям температура в реакторе должна находиться в диапазоне $40\text{-}50^\circ\text{C}$.

Предлагаемая САУ установкой очистки метанола типа НДА-II должна поддерживать уровень в испарителе на заданном уровне ($L=1\text{м}$) при автоматическом регулировании соотношения расходов воздух-метанол (1:3) и действии возмущающих воздействий. Структурная схема системы автоматического управления уровнем паровоздушной смеси в испарителе установки типа НДА-II приведена на рис. 2.

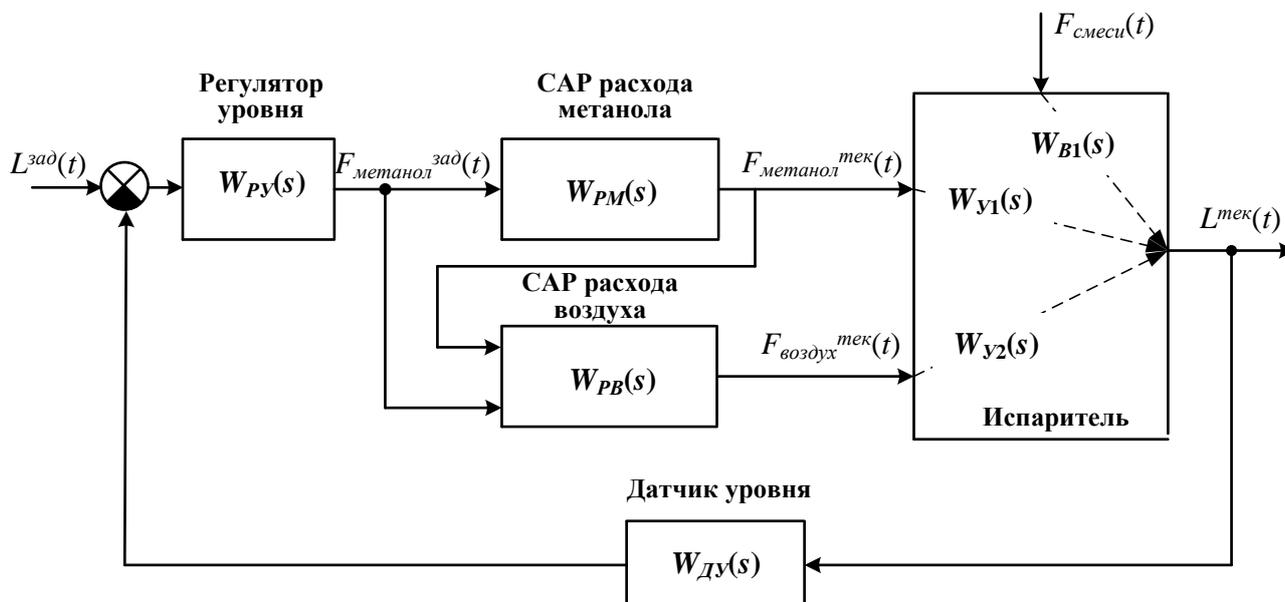


Рисунок 2 - Структурная схема САУ уровнем паровоздушной смеси в испарителе установки типа НДА-II

Регулируемый параметр, уровень паровоздушной смеси $L^{тек}$ сравнивается с заданным значением $L^{зад}$. На основании разности этих двух величин вырабатывается воздействие формируемое регулятором уровня поступающее на системы регулирования соотношений расхода «метанол-воздух». Исполнительные механизмы определяют угол поворота регулирующих органов, которые в свою очередь, изменяют количество веществ поступающих в испаритель.

Для сравнения фактического значения регулируемого параметра с его заданным значением этот параметр подается с выхода объекта регулирования (с помощью датчика уровня) на элемент сравнения, в результате чего образуется замкнутый контур передачи воздействий.

Для рассматриваемого объекта принят общий вид передаточной функции, описывающий процесс охлаждения и нагрева воздуха:

$$W_D(s) = \frac{k_d}{T_d s + 1},$$

k_d – чувствительность датчика;

T_d – постоянная времени, с.

Данная функция относится к секции расхода метанола, воздуха, положения вала исполнительного механизма и уровня паровоздушной смеси в испарителе. Разница лишь в коэффициенте усиления и времени протекания процесса.

Для следующих передаточных функций входом является количество подаваемой воды в испаритель, а выходом температура в реакторе. Эти функции описывают основные каналы управления в системе:

для исполнительного механизма:

$$W_{ИМ}(s) = \frac{k_{\partial в}}{s(T_{\partial в} s + 1)}.$$

для блока управления двигателем:

$$W_{БУ}(s) = k_{\partial у}.$$

Передаточные функции, регулирующих органов представляют собой пропорциональные звенья:

$$W_{PO1}(s) = k_{po1},$$

$$W_{PO2}(s) = k_{po2}.$$

Моделирование системы автоматического управления процессом очистки метанола проведено с учетом возмущений. В качестве регулятора используется ПИ-регулятор. Для компенсации контролируемого возмущения – в контур системы внесен компенсатор. Для моделирования используются схемы, построенные в пакете Simulink программного обеспечения Matlab (рис. 3).

В результате применения эмпирических методов настройки получены следующие значения параметров регуляторов:

- ПИ-регулятор расхода метанола: $k_p = 5301,06$, $k_i = 650,08$;
- ПИ-регулятор расхода воздуха: $k_p = 303,16$, $k_i = 139,88$.
- П-регулятор уровня: $k_p = 0,04$.

В результате подачи на вход объекта управления требуемых (заданных) значений уровня паровоздушной смеси L , количества смеси $F_{смеси}$ выходящей из испарителя, получены графики переходных процессов, которые приведены на рис. 4 и 5.

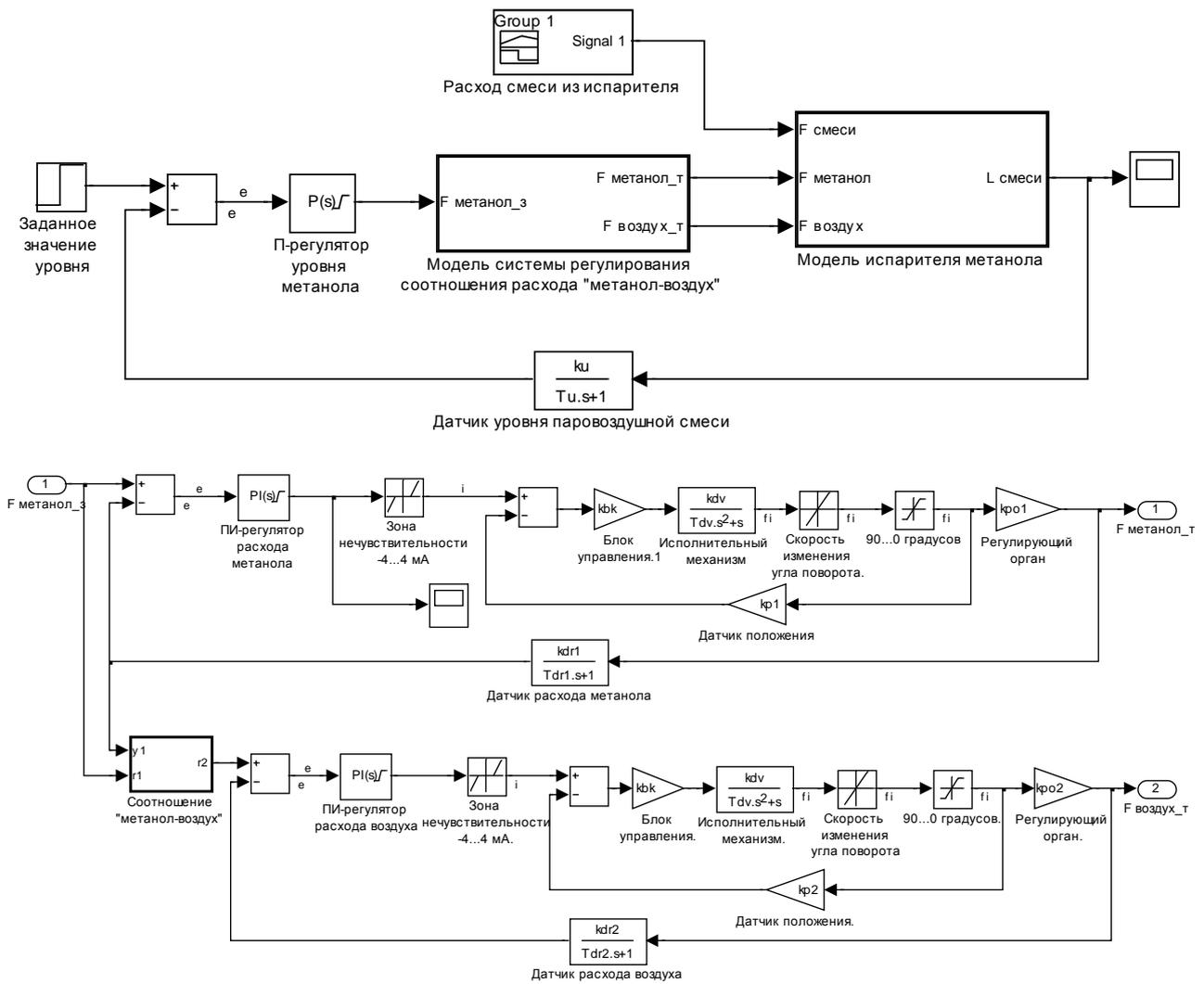


Рисунок 3 - Структурная схема модели САУ установкой очистки метанола типа НДА-II в Simulink

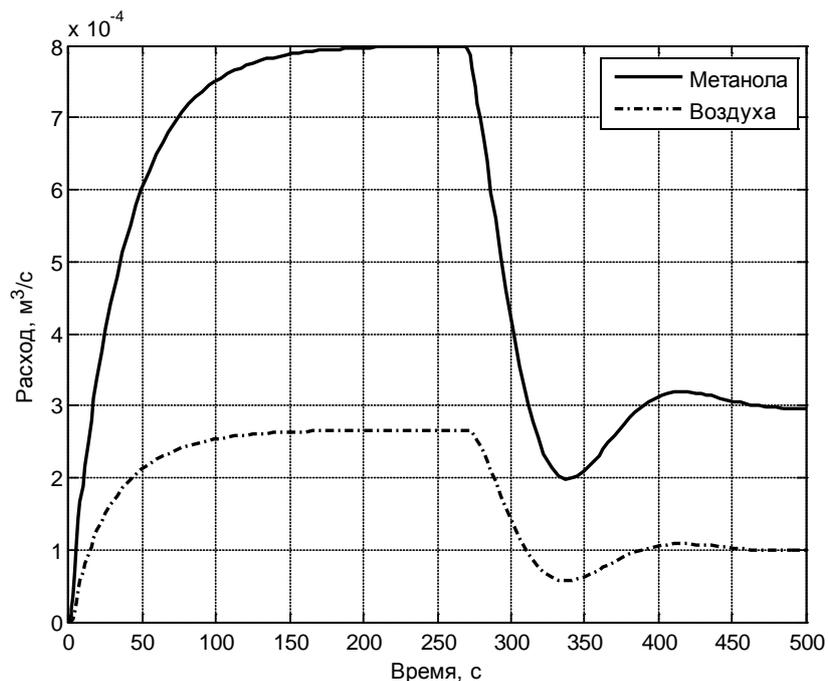


Рисунок 4 - Графики переходного процесса расхода метанола и расхода воздуха поступающих в испаритель

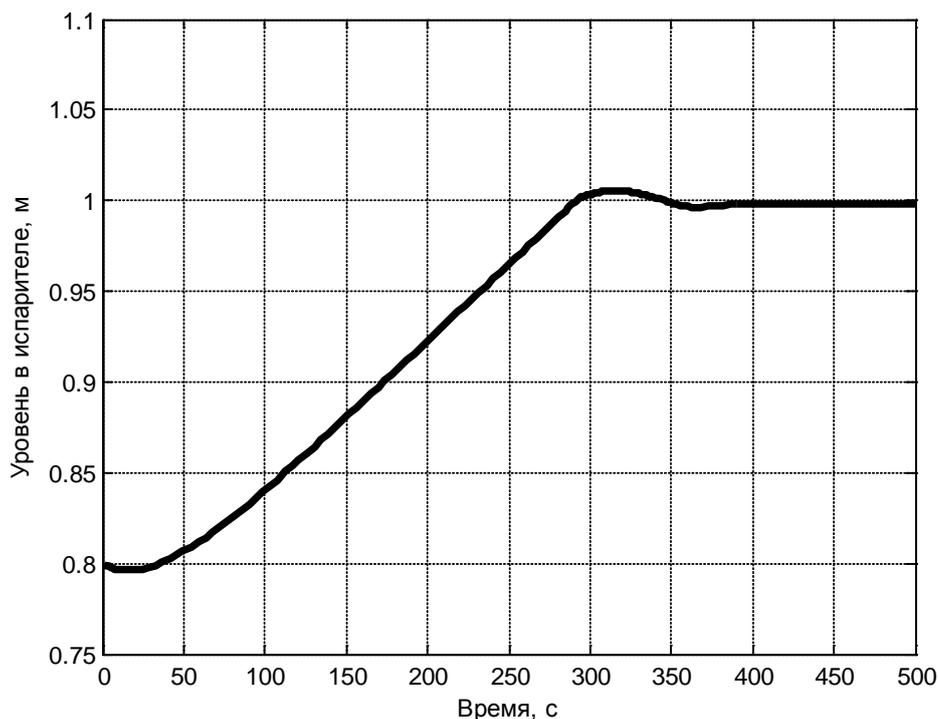


Рисунок 5 - График переходного процесса уровня паровоздушной смеси в испарителе

Качество переходного процесса по уровню паровоздушной смеси в испарителе при постоянных входных воздействиях соответствует технологическим требованиям:

- время регулирования – 280 с;
- статическая ошибка – 0 %;
- перерегулирование – 1 %.

Таким образом, проанализировав полученные графики переходных процессов по рассматриваемым контурам регулирования, можно сделать вывод, что разработанная система автоматического управления является устойчивой с показателями качества переходных процессов, которые удовлетворяют требованиям технологического регламента и нормативных документов.

Перечень ссылок

1. Колесников И. М., Виноградов В. М., Винокуров В. А., Колесников С. И. Математическое моделирование в химической технологии. Учебное пособие. — М.: Изд-во «Нефть и газ», 2000. – 340с.
2. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных аппаратов химических производств: Учебное пособие для вузов. / В.В.Кафаров, М.Б.Глебов. М.: Высшая школа, 1991. - 400 с.
3. Барабанов Н.Н. Математическое моделирование процессов химической технологии. Учебное пособие. / Н.Н. Барабанов, Ю.В. Шариков. Владимир, 1987. 96 с.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов/Сост.: Т.В. Лопатина, И.И. Лапаев; КИЦМ. – Красноярск, 1988. – 36 с.
5. Фёдоров А.Ф., Кузьменко Е.А. Системы управления химико-технологическими процессами. Учебное пособие для вузов. – Томск, ТПИ, 2009. – 485 с.