

УДК 66.095.1

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ СТАДИЙ АЦЕТАЛИРОВАНИЯ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Рябкова Т.А., Луконин В.П., Мончарж Э.М.

Дзержинский политехнический институт, филиал Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексева, Дзержинск, Россия (606026, г. Дзержинск, ул. Гайдара, 49), e-mail: tanychikr@mail.ru

Проведен анализ процесса ацеталирования поливинилового спирта как объекта управления. Процесс ацеталирования поливинилового спирта протекает в периодическом режиме. Химическое превращение проводится в изотермическом режиме, поэтому необходимо стабилизировать температуру. В случае периодического процесса скорость химической реакции снижается со временем из-за истощения исходных веществ, что изменяет тепловой баланс процесса и вследствие этого параметры объекта управления. Решить эту задачу можно путем регулирования температуры с использованием нечеткой логики. Предложено регулирование температуры по каскадной схеме. Внутренним регулятором каскада является регулятор расхода теплоносителя, а внешним – дискретный регулятор температуры, вырабатывающий задания регулятору расхода теплоносителя с нечеткой логикой. Если отклонение температуры реакционной массы от заданного значения не превышает допустимой величины, то задание регулятору расхода теплоносителя не меняется.

Ключевые слова: ацеталирование, управление, нечеткая логика.

THERMAL MANAGEMENT STAGES ATSETALIROVANIYA POLYVINYL ALCOHOL

Ryabkova T.A., Lukonin V.P., Moncharzh E.M.

Dzerzhinsky Polytechnic Institute branch of the Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev, Dzerzhinsk, Russia (606 026, Dzerzhinsk, Gaidar st., 49), e-mail: tanychikr@mail.ru

The analysis process atsetalirovaniya polyvinyl alcohol as a control object. The process atsetalirovaniya polyvinyl alcohol takes place in batch mode. Chemical transformation is carried out in isothermal mode, so you need to stabilize the temperature. In the case of a periodic process, the chemical reaction rate decreases with time due to the exhaustion of the initial substances, which changes the heat balance of the process and therefore the object of control parameters. You can solve this problem by adjusting the temperature with fuzzy logic. Temperature control is performed by a cascade scheme. Internal regulator is a regulator of the cascade of water flow, and an external controller is a digital temperature controller, the controller generates jobs coolant flow with fuzzy logic. If the deviation of the temperature of the reaction mass from the given value does not exceed the permissible value, the job controller coolant flow rate does not change.

Keywords: atsetalirovanie, control, fuzzy logic.

Поливинилформальдегид (ПВФЭ) относится к классу поливинилацеталей. Поливинилацетали представляют собой продукты конденсации поливинилового спирта (ПВС) с соответствующими альдегидами [1, с. 35-37].

ПВФЭ обладает высокой адгезией к различным материалам, в том числе к металлу и стеклу, а также хорошими электроизоляционными свойствами. ПВФЭ находит применение в электротехнической промышленности и приборостроении для изготовления электроизоляционных материалов, специальных клеев с высокой теплостойкостью (до 350 °С), лаков и покрытий для защиты изделий от коррозии, имеет широкую перспективу применения в машиностроении, химической и деревообрабатывающей отраслях промышленности [2, с. 81-82].

Наибольшей сложностью является получение высокосортного поливинилформальэтилаля, который используется в высокотехнологичных отраслях промышленности и имеет высокую стоимость.

Технологический процесс получения ПВФЭ состоит из пяти основных стадий.

1. Подготовка сырья.
2. Ацеталирование поливинилового спирта:
первая фаза – ацеталирование ПВС формальдегидом (формалином);
вторая фаза – ацеталирование ПВС ацетальдегидом.
3. Отжим, промывка ПВФЭ.
4. Стабилизация ПВФЭ.
5. Сушка ПВФЭ, просеивание, измельчение отсева, фасовка.

Особенностью всех поливинилацеталей являются их высокие адгезионные свойства, которые в процессе ацеталирования приводят к налипанию частиц полимера на мешалку, стенки реактора и трубопровода. Кроме того, частицы полимера склонны к образованию укрупненных агломератов, которые не только ухудшают однородность полимера, но и которые просто невозможно отмыть от остаточного количества кислоты, альдегида и солей. Поэтому важнейшим условием получения высокосортного поливинилформальэтилаля, является точное соблюдение температурного режима. Рекомендуемое отклонение температуры не должно превышать 2 °С. При этом выполняется стабилизация нестационарного температурного режима.

Две стадии ацеталирования ПВС проводятся в периодическом режиме. Химическое превращение проводится в изотермическом режиме, поэтому необходимо стабилизировать температуру. В случае периодического процесса скорость химической реакции снижается со временем из-за истощения исходных веществ, что изменяет тепловой баланс процесса и вследствие этого параметры объекта управления, такие как коэффициент усиления и постоянная времени. Изменение параметров объекта управления значительно ухудшает качество регулирования температуры, в некоторых случаях наблюдается даже потеря устойчивости ее регулирования [3, с. 41-42].

Преодолеть эту трудность на стадиях ацеталирования ПВС можно несколькими способами:

- путем периодической идентификации параметров объекта управления и самонастройки регулятора температуры;
- путем релейного регулирования температуры в допустимом диапазоне;
- путем регулирования температуры с использованием нечеткой логики.

Первый способ очень сложный, так как требуется идентификация параметров объекта методом «наименьших квадратов» с последующей самонастройкой регулятора.

Применение второго способа связано с большими колебаниями температуры, которые не приемлемы для данного процесса.

Более эффективным является третий способ регулирования температуры реакционной массы с использованием нечеткой логики. Для реализации регулирования температуры реакционной массы с нечеткой логикой в качестве управляющего воздействия использовалось изменение расхода теплоносителя, подаваемого в рубашку реактора с постоянной исходной температурой.

Регулирование температуры выполняется по каскадной схеме. Внутренним регулятором каскада является регулятор расхода теплоносителя, а внешним регулятором является дискретный регулятор температуры, вырабатывающий задания регулятору расхода теплоносителя с нечеткой логикой. Регулятор температуры дает семь фиксированных градаций задания регулятору расхода. Если отклонение температуры реакционной массы от заданного значения не превышает допустимой величины, то задание регулятору расхода теплоносителя не меняется.

Если отклонение превышает допустимую величину, то в зависимости от знака отклонения задание регулятору расхода теплоносителя либо увеличивается по сравнению со средним расходом, либо уменьшается. Градации задания регулятору расхода определяются абсолютной величиной отклонения температуры реакционной массы.

Функциональная схема автоматизации процесса ацеталирования поливинилового спирта при регулировании температуры реакционной массы с нечеткой логикой представлена на рисунке 1.

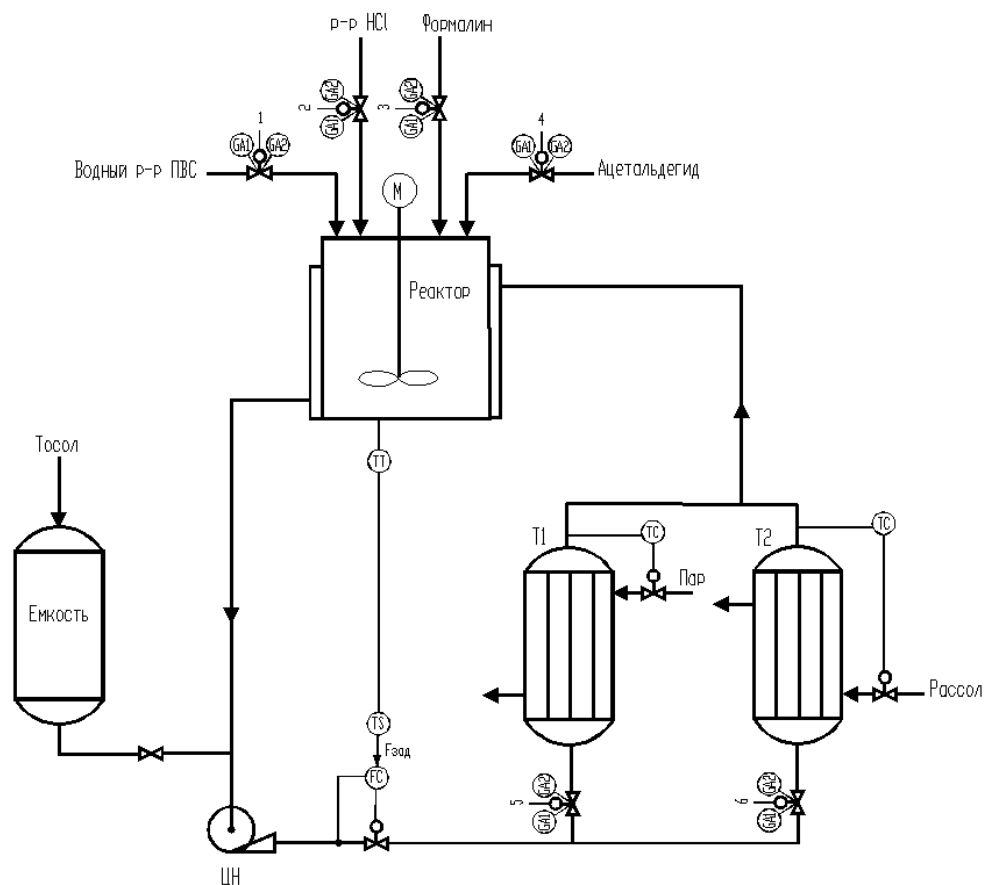


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации процесса ацеталирования ПВС при регулировании температуры реакции с нечеткой логикой.

Отсечные клапаны 1, 2, 3, 4, 5, 6 и регулирующие клапаны на трубопроводах подачи пара и рассола необходимы для программно-логического управления процессом ацеталирования ПВС.

Регулятор расхода теплоносителя изменяет производительность центробежного насоса, обеспечивающего его циркуляцию между тем или иным теплообменником и реактором периодического действия. При этом в рубашку реактора подается теплоноситель с постоянной температурой.

Управление с нечеткой логикой не является управлением температурным режимом по отклонению, поскольку величина управляющего воздействия при этом не связана с величиной отклонения какой-либо функциональной зависимостью [4, с. 36-37]. Величины управляющих воздействий при таком алгоритме управления являются близкими к постоянным величинам для конкретного состояния объекта, поэтому система регулирования температуры процесса ведет себя как разомкнутая, а само регулирование является более устойчивым, чем регулирование температуры с использованием ПИ-регулятора.

Управляющее воздействие в алгоритме с нечеткой логикой является интегралом от его изменения.

Блок-схемы алгоритмов управления температурным режимом процесса ацеталирования при охлаждении и нагревании изображены на рис. 2 и 3.

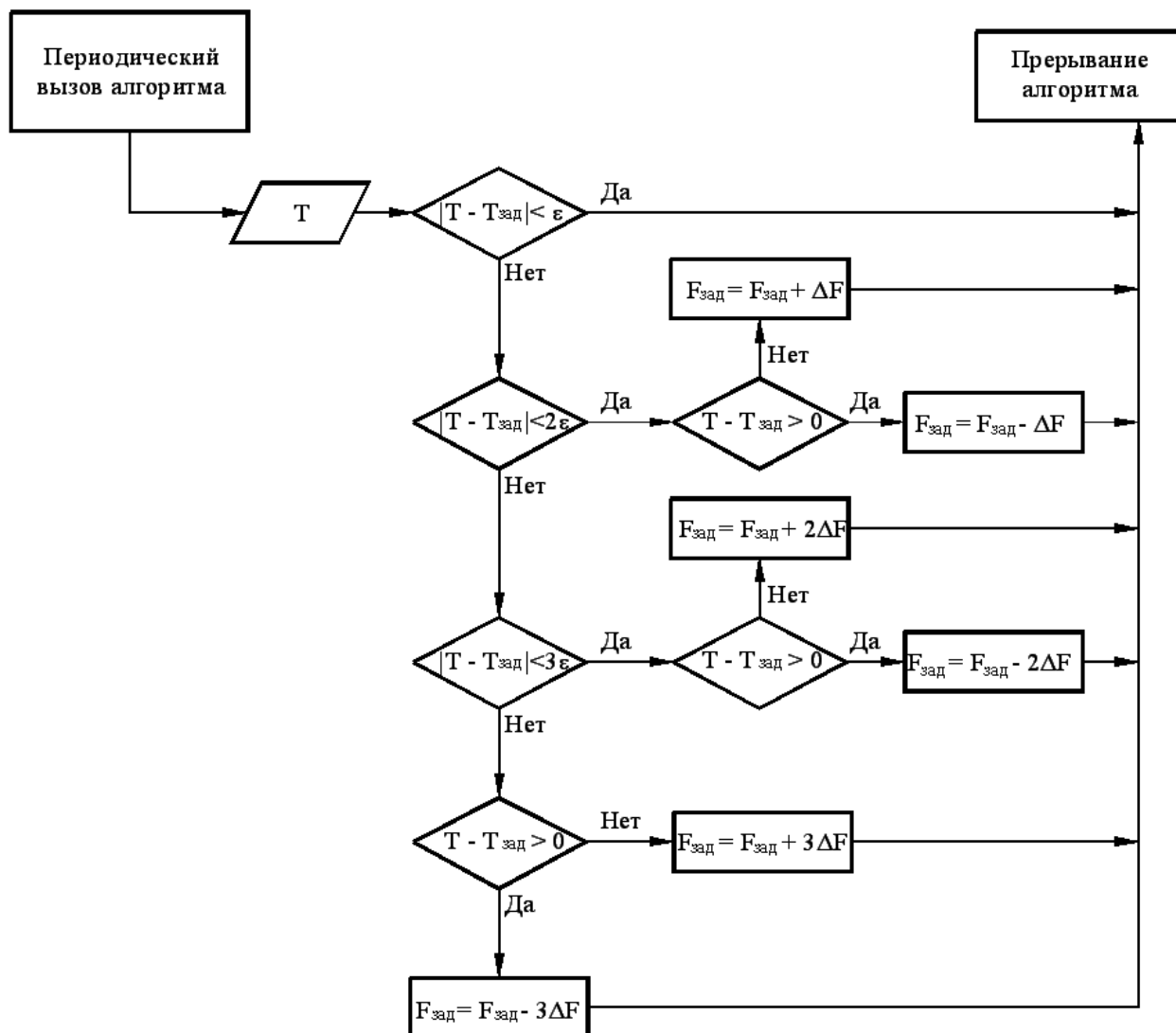


Рис. 2. Блок-схема алгоритма регулирования температуры на стадии нагрева смеси с нечеткой логикой:

T – текущее значение температуры, °С; $T_{зад}$ – заданное значение температуры, °С;
 ϵ – точность регулирования температуры, °С; $F_{зад}$ – задание регулятору расхода
 (управляющее воздействие регулятора температуры), м³/с;
 ΔF – шаг изменения задания, м³/с.

В соответствии с приведенными алгоритмами управления при каждом его вызове измеряется температура процесса, определяется абсолютное значение отклонения, по величине которого принимается постоянное значение управляющего воздействия, а затем по знаку отклонения принимается знак изменения расхода теплоносителя [5, с. 53-61]. В

качестве управляющего воздействия принимается изменение расхода теплоносителя через рубашку реактора, где происходит химическая реакция.

Первая стадия ацеталирования проводится при температуре 68–70 °С, а вторая стадия при температуре 3–5 °С. Управление температурным режимом первой стадией осуществляется изменением интенсивности нагрева, а второй стадией – изменением интенсивности охлаждения тосола. Поэтому знак воздействия выбирается в соответствии со знаком отклонения от заданной температуры. При нагреве и отрицательном отклонении расход увеличивается. При охлаждении и отрицательном отклонении расход уменьшается.

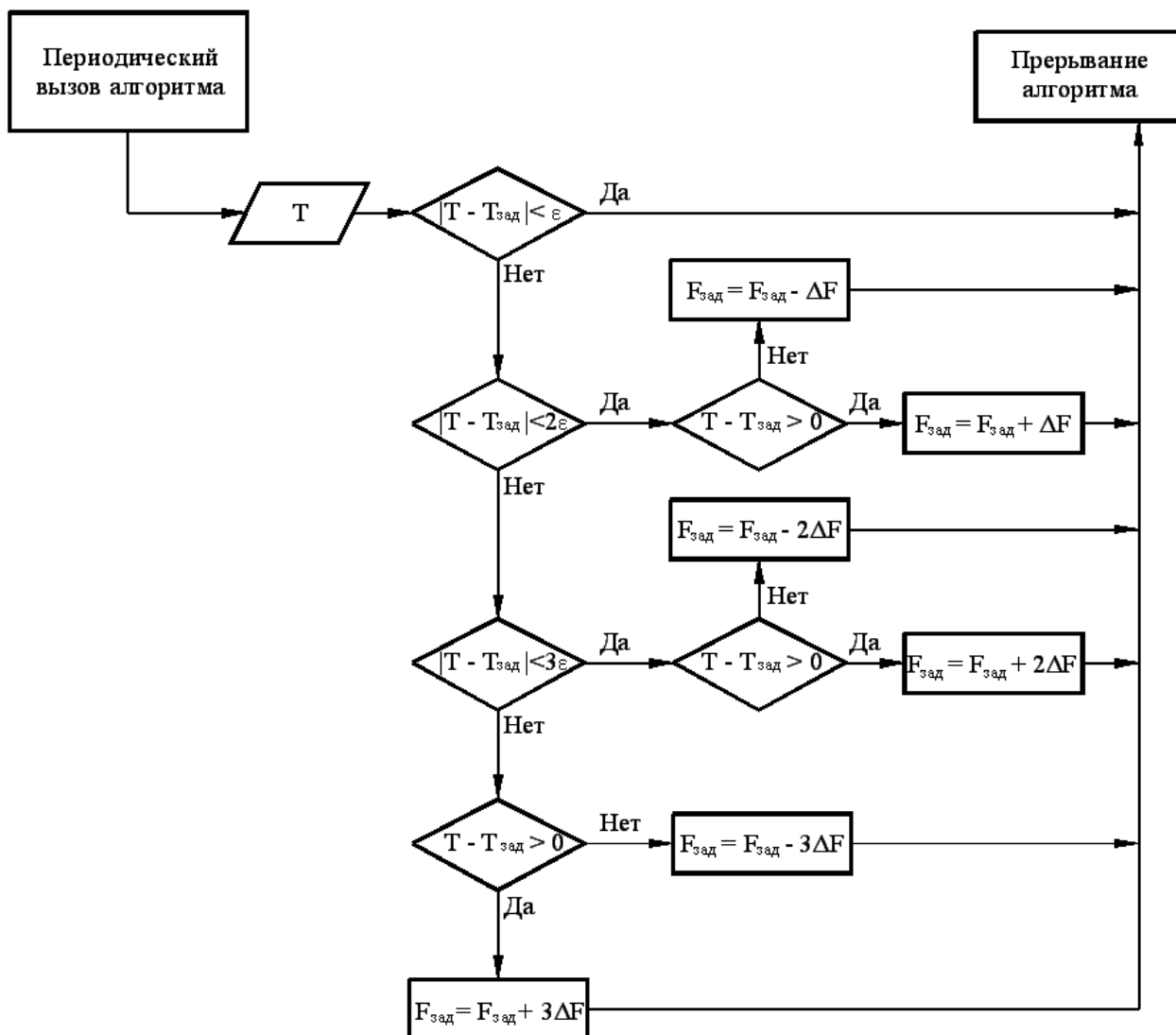


Рис. 3. Блок-схема алгоритма регулирования температуры на стадии охлаждения смеси с нечеткой логикой.

Математическое моделирование процесса управления температурным режимом на стадиях ацеталирования поливинилового спирта с использованием нечеткой логики показало

хорошие параметры качества регулирования, отклонение от задания не превышало 0,6 °С, а длительность переходного процесса не превышала 500 с.

Таким образом, благодаря применению предложенных алгоритмов регулирования температуры на стадии нагрева и охлаждения смеси достигнуты заданные параметры стабилизации температуры, что в свою очередь обеспечило выпуск высокосортного поливинилформальэтилаля.

Список литературы

1. Назарян Г.О. Производство электроизоляционного материала винифлекса. – Ереван : Айстан, 1976. – 152 с.
2. Розенберг М.Э. Полимеры на основе винилацетата. – Л. : Химия, 1983. – 176 с.
3. Мончарж Э.М., Прокопчук Е.Л. Автоматизация периодических технологических процессов : учеб. пособие. – Н. Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2012. – 112 с.
4. Осипов В.Н. Оптимизация процесса получения нефтеполимерных смол с адаптивным поддержанием температурного режима : дис. ... канд. техн. наук. – Н. Новгород, 2004. – 122 с.
5. Батыршин И.З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения. – Казань : Отечество, 2001. – 100 с.

Рецензенты

Добротин С.А., д.тех.н., профессор, директор ООО «НТЦ «Безопасность», г. Дзержинск.

Сажин С.Г., д.тех.н., профессор, генеральный директор ООО «НТЦ «АСТ», г. Дзержинск.