

На правах рукописи



УРАЗМЕТОВ Шамиль Флюрович

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ
ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНОВЫХ КАУЧУКОВ
ПО КАЧЕСТВУ ПРОДУКТА**

Специальность 05.13.06

**Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (в промышленности)**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2013

Работа выполнена
на кафедре автоматизации технологических процессов и производств
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
ВЕРЕВКИН Александр Павлович

Официальные оппоненты: д-р техн. наук, проф.
КУЛИКОВ Геннадий Григорьевич,
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
авиационный технический университет»
зав. кафедрой автоматизированных систем
управления

канд. техн. наук,
МУРТАЗИН Тимур Мансурович,
ООО «М+Ф Инжиниринг»,
главный инженер проектов

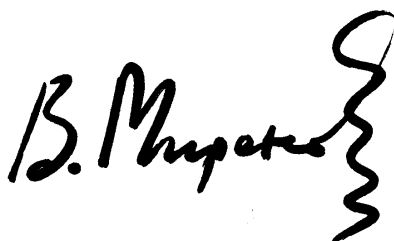
Ведущая организация: ГУП «Институт нефтехимпереработки», г. Уфа

Защита диссертации состоится 24 декабря 2013 г. в 10 час.
на заседании диссертационного совета Д 212.288.03
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «___» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, проф.



В. В. Миронов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность темы исследования

Основной целью управления технологическим процессом получения этиленпропиленового каучука является достижение заданного качества продукта. При этом главным показателем качества является вязкость по Муни (Mh), которая характеризует упругие свойства полимера.

Недостатком существующей системы управления процессом является нестабильность качества выпускаемой продукции вследствие слабой изученности связи реологических характеристик полимеров, которые относятся к неньютоновским жидкостям, а также больших задержек по времени при определении показателей качества лабораторным путем, что не дает возможности отслеживать изменения качества продукта в реальном времени.

Существующие методы измерения параметров качества полимеров связаны с измерением их реологических характеристик в лабораторных условиях и не удовлетворяют потребностям современных систем управления по оперативности измерения. В связи с этим существуют проблемы управления процессом полимеризации, что в конечном счете сказывается на непостоянстве качества выпускаемой продукции и оборачивается лишними затратами энергоресурсов и реагентов.

Характерной особенностью процессов полимеризации является вероятностный характер образования молекулярной структуры получаемых продуктов. Даже при условии стабилизации технологических параметров процесса (равномерность подачи катализатора, отсутствие градиентов по температуре и концентрации) невозможно получить полимер со строго фиксированной молекулярной структурой, поскольку образуется продукт с некоторым молекулярно-массовым распределением характеристик, разброс по которым меняется в зависимости от отклонения реальных параметров режима от идеальных.

В настоящее время управление технологическим процессом полимеризации осуществляется оператором, который на основе опыта и закономерностей реакции полимеризации принимает решения по управлению процессом для целей получения продукта соответствующего качества. В этом случае по разным оценкам до 15% продукции получается несоответствующего регламенту качества.

Для реализации автоматической системы управления процессом полимеризации необходима формализация знаний операторов и представление их в виде, реализуемом средствами промышленных контроллеров. Как правило, экспертные знания наиболее часто формализуются в виде моделей логического типа. В связи с этим возникает необходимость разработки алгоритма синтеза логических моделей и их реализации в контроллерах.

Таким образом, разработка автоматической системы управления качеством производимой продукции для процесса полимеризации этиленпропиленовых каучуков, является актуальной научной задачей, решение которой позволит существенно повысить экономическую эффективность работы установок.

Степень разработанности темы исследования

Проблеме контроля показателей качества продуктов при производстве полимеров посвящены работы Г. В. Виноградова, В. В. Кафарова, А. Я. Малкина, В. П. Мешалкина, А. А. Берлина, С. Мидлмана, Н. М. Сеидова, А. А. Тагера, С. Л. Подвального, Э. П. Сейджа, С. Г. Тихомирова и др. Проблеме управления процессами и моделирования сложных систем посвящены работы В. В. Кафарова, А. Я. Малкина, В. П. Мешалкина, Л. А. Заде, А. Кофмана, Р. Беллмана, С. Л. Подвального, С. Г. Тихомирова, В. С. Балакирева, Б. Г. Ильясова, В. И. Васильева, Г. Г. Куликова, А. П. Веревкина и др.

Объектом исследования является оперативное управление технологическим процессом полимеризации этиленпропиленовых каучуков.

Предметом исследования является автоматическая система управления технологическим процессом.

Цели и задачи исследования

Целью диссертационной работы является повышение эффективности управления процессами полимеризации каучуков на основе разработки автоматической системы управления процессом получения синтетического этиленпропиленового каучука по показателю качества с использованием предложенного метода оценки Mh на потоке.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Разработать математическую модель оперативной оценки качества продуктов сополимеризации этилена и пропилена (вязкости по Муни), учитывающую текущие технологические условия и ограничения.

2. Разработать программно-технический комплекс, реализующий метод оценки вязкости по Муни на потоке, для повышения оперативности адаптации моделей.

3. Разработать структуру автоматической системы и алгоритмы управления непрерывным процессом полимеризации этиленпропиленового каучука по вязкости по Муни, в том числе способ представления знаний операторов по управлению технологической установкой полимеризации для реализации в системе управления, а также устройство управления.

4. Оценить эффективность предложенной автоматической системы управления процессом полимеризации этиленпропиленового каучука по показателю качества на имитационной модели.

Научная новизна результатов исследования

В диссертации получены следующие основные результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Математическая модель непрерывного процесса полимеризации, отличающаяся блоками, позволяющими корректировать вектор параметров управляющих воздействий в зависимости от изменения технологических параметров (тем-

пературы низа и верха реактора, концентрации этилена и пропилена, содержащихся в циркулирующем газе).

2. Структура автоматической системы управления непрерывным процессом полимеризации этиленпропиленового каучука, отличающаяся наличием блоков оперативного определения показателя качества продукта по модели, управления по показателю качества и блока адаптации модели на основе периодической оценки показателя качества на потоке предложенным программно-техническим комплексом.

3. Метод оценки показателя качества (вязкости по Муни), отличающийся структурой и алгоритмами определения вязкости на потоке на основе установленных закономерностей связи динамической вязкости и вязкости по Муни.

Практическая ценность результатов исследования

Практическая ценность результатов исследования обусловлена:

1. Разработкой автоматической системы управления процессом полимеризации, позволяющей получить продукт заданного качества и использующей методы ситуационного управления;

2. Разработкой математических моделей оперативной оценки показателя качества продуктов сополимеризации и связи между динамической вязкостью и вязкостью по Муни, позволяющих определять показатели качества продуктов в реальном времени для целей автоматического управления;

3. Разработкой программно-технического комплекса для определения свойств полимеров на основе оценки вязкости нелинейно вязких жидкостей при различных условиях, в т. ч. растворов полимера, что позволяет повысить оперативность измерений и улучшить качество процессов управления.

Методы исследования

При выполнении диссертационной работы использовались методы математического моделирования, идентификации, теории автоматического управления, методов искусственного интеллекта, методов статистической обработки экспериментальных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Структура автоматической системы управления технологическим процессом полимеризации этиленпропиленового каучука по показателю качества продукта – вязкости по Муни.

2. Модель оперативной оценки вязкости показателя качества полимера.

3. Метод и программно-технический комплекс определения показателя качества на потоке.

4. Структура и параметры управляющего устройства, реализующего знания операторов по управлению технологической установкой полимеризации в виде логических выражений с процедурами проверки непротиворечивости правил управления и минимизации синтезируемых логических последовательностей.

Апробация работы

Основные научные и практические результаты диссертационной работы докладывались на следующих конференциях и семинарах:

– на Международных конференциях: «Нефтегазопереработка – 2011» (г. Уфа, 2011 г.); «Экологические проблемы нефтедобычи» (УГНТУ, г. Уфа, 2012 г.); «Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук» (УГНТУ, г. Уфа, 2012 г.);

– на Всероссийских конференциях: «Проблемы управления и автоматизации технологических процессов и производств» (УГНТУ, г. Уфа, 2010 г.), «Автоматизация и управление технологическими и производственными процессами» (УГАТУ, г. Уфа, 2011 г.);

– на отраслевой конференции «Интеграция науки и производства» (Салават, 2012 г.).

Публикации

Основные результаты исследований по теме диссертации опубликованы и непосредственно отражены в десяти статьях, в том числе три – в рецензируемых журналах из списка ВАК. Получено одно решение о выдаче патента.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем диссертации составляет 147 страниц, в том числе приложения на 17 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы основные цели исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, научная и практическая ценность работы.

В первой главе приведено описание, анализ и исследование существующей системы управления технологическим процессом полимеризации, анализ существующих методов контроля показателя качества – вязкости по Муни.

Реакция полимеризации происходит в реакторе полимеризации (рисунок 1). Подачу двух мономеров осуществляют через смеситель 2 в низ полимеризатора 1, а растворителя, катализатора, сокатализатора и третьего мономера - через верх аппарата. Реакция полимеризации экзотермическая. Съем тепла происходит за счет подачи захолаженного растворителя и выделения непрореагировавших мономеров. Молекулярная масса полимера регулируется подачей водорода. Непрореагировавшие мономеры направляются в холодильник-абсорбер 5, в сепаратор 6, и в буферную емкость 7. Далее часть газов поступают в реактор через узел компримирования 10, а часть – на сжигание.

На основе анализа литературы и особенностей технологического процесса определено направление исследований.

ПТК для определения вязкости по Муни с использованием вискозиметра ротационного типа позволяет определить вязкость на основе модели связи ее с динамической вязкостью при определенных условиях измерения.

В соответствии с механизмом образования полимеров в процессе полимеризации мономеров этилена и пропилена можно полагать, что **динамическая вязкость при определенных условиях ее измерения связана с такими характеристиками полимеров как:** коэффициент полидисперсности K_{Π} , среднечисловая степень полимеризации M_v , коэффициент разветвленности. Из этого следует, что измерение вязкости по Муни на потоке при производстве каучуков можно осуществлять по косвенному параметру – динамической вязкости, измеренной при определенных условиях работы вискозиметра ротационного типа.

Динамическая вязкость η и вязкость по Муни Mh связаны функциональной зависимостью вида

$$\eta = f(\eta_0, T, M_v, K_{\Pi}, Mh, C_{\Pi}, \omega), \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения ротора вискозиметра, η_0 – максимальная ньютоновская вязкость, T – температура полимера, C_{Π} – концентрация раствора полимера.

Поскольку аналитическое определение вида данной функции представляет трудности, связанные со сложностью вычислительного аппарата, возможно исследование данной функции экспериментальным методом. Если зафиксировать переменные, указанные в (1), на некоторых заданных значениях, то можно получить зависимость вида

$$Mh = f(\eta). \quad (2)$$

Для экспериментального определения функции (2) разработана измерительная установка вязкости ротационного типа (рисунок 2), принцип работы которой основан на косвенном измерении динамической вязкости через величину эффекта скольжения s асинхронного двигателя.

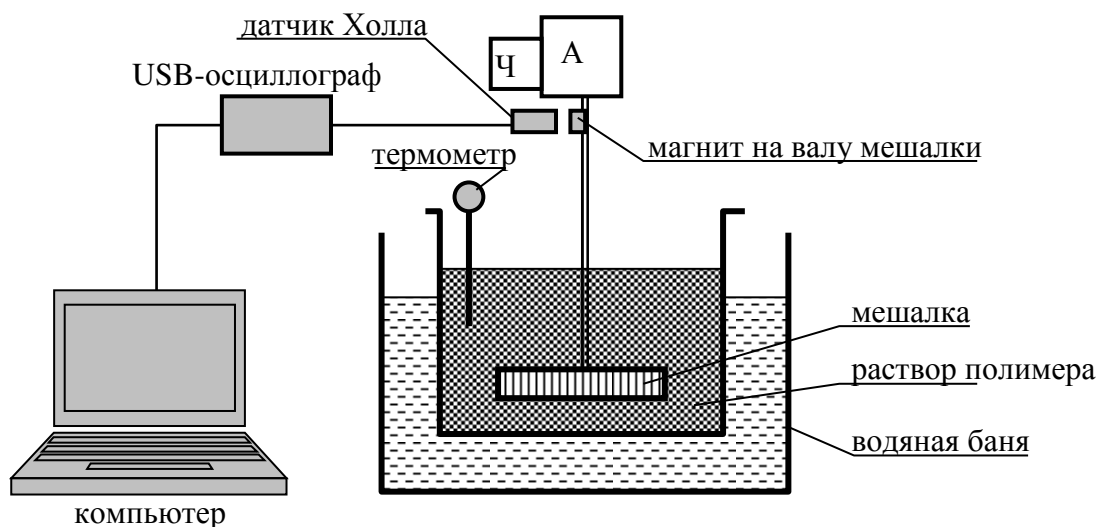


Рисунок 2 – Структурная схема вискозиметра

Для качественного проведения эксперимента необходимо произвести калибровку установки по заранее определяемым в лабораторных условиях динамическим вязкостям жидкостей и далее определить соответствие между величиной эффекта скольжения и динамической вязкостью жидкости. В качестве калибровочной жидкости предлагается применение глицерина с массовой долей 100 % ($\eta = 1499$ Па·с) с последующим его разбавлением водой до получения 75%-го водного раствора глицерина ($\eta = 36,46$ Па·с). При этом калибровку необходимо производить при постоянной температуре или же вводить соответствующую температурную поправку.

В соответствие с проделанной калибровкой получаем функцию вида

$$\eta = f(s, \omega_{\text{зад}}, \frac{d\omega_{\text{зад}}}{dt}, T), \quad (3)$$

где $\omega_{\text{зад}}$ – синхронная частота, $d\omega_{\text{зад}}/dt$ – скорость изменения синхронной частоты, t – время. Параметры $\omega_{\text{зад}}$ и $d\omega_{\text{зад}}/dt$ являются определяющими условия измерения.

Стоит отметить, что кроме косвенного измерения Mh данная установка оценки качества полимера позволяет получить зависимость вязкости полимера от скорости сдвига, что позволит судить о других структурно-молекулярных характеристиках полимера.

Суть определения зависимости состоит в том, что при изменении задаваемой частоты вращения вала асинхронного двигателя $\omega_{\text{зад}}$, будет меняться вязкость согласно соотношению вида

$$\eta = f(\omega_{\text{зад}}, T, C_{\text{П}}, Mh), \quad (4)$$

где $T = \text{const}$ – температура полимера, $C_{\text{П}} = \text{const}$ – концентрация полимера в растворителе.

На рисунке 3 представлены кривые зависимостей коэффициента скольжения s от синхронной частоты $\omega_{\text{зад}}$, которая менялась по закону

$$\omega_{\text{зад}} = \frac{d\omega_{\text{зад}}}{dt} t. \quad (5)$$

Процедура калибровки производилась при следующих значениях изменения скорости синхронной частоты $d\omega_{\text{зад}}/dt$: 0,2; 0,5 и 1.

Из полученных кривых видно, что при низких частотах (до 4 Гц) наблюдается нелинейность и разные моменты начала вращения вала двигателя. При средних частотах (от 4 до 6 Гц) наблюдаются линейные участки кривых. При высоких (от 7 и более Гц) происходит резкое уменьшение коэффициента скольжения. Таким образом, для обеспечения точности измерения, нужно производить их при средних частотах. Эксперименты, проведенные при различных значениях скорости изменения синхронной $d\omega_{\text{зад}}/dt$, не показали существенных отклонений кривых друг от друга.

Приведенный график показывает характер поведения ньютоновской жидкости на примере раствора глицерина, который можно интерпретировать следующим образом: при увеличении скорости сдвига путем изменения синхронной частоты электродвигателя вязкость жидкости не меняется, но меняется коэффициент скольжения электродвигателя. Таким образом, динамическую вязкость

можно определять по коэффициенту скольжения для каждого значения синхронной частоты.

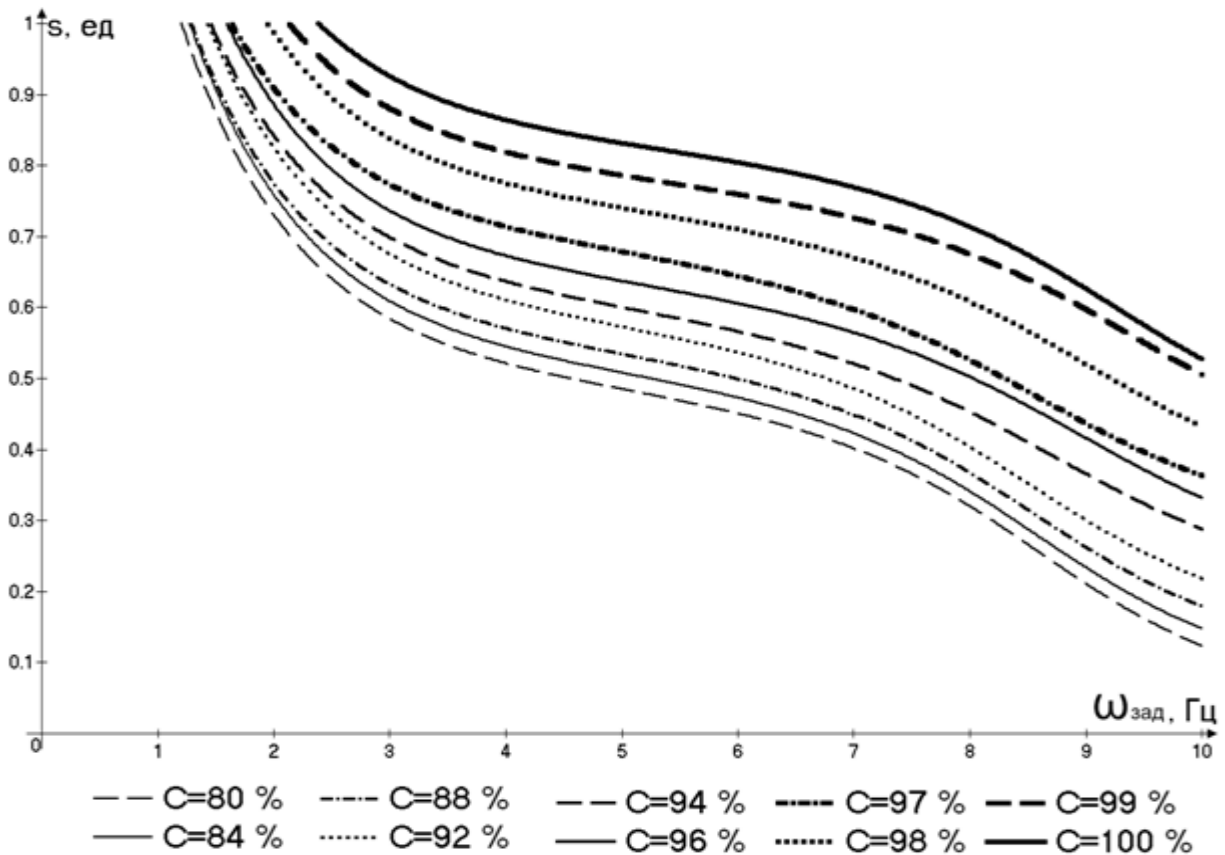


Рисунок 3 – Кривая зависимости коэффициента скольжения от синхронной частоты для различных концентраций водного раствора глицерина C

Получены соотношения, позволяющие определять динамическую вязкость по коэффициенту скольжения при различных частотах синхронной частоты:

$$\begin{aligned} \eta_1 &= f_1(s|\omega_{\text{зад}} = 4) = 13,34s^2 + 22,79s - 15,49, \\ \eta_2 &= f_2(s|\omega_{\text{зад}} = 5) = 13,92s^2 + 22,21s - 13,88, \\ \eta_3 &= f_3(s|\omega_{\text{зад}} = 6) = 19,49s^2 + 16,34s - 11,12. \end{aligned} \quad (6)$$

Процесс определения динамической вязкости растворов полимеров аналогичен калибровочной процедуре, но поскольку они не относятся к ньютоновским жидкостям, динамическая вязкость должна изменяться при изменении скорости сдвига, т.е. при изменении синхронной частоты. Тем самым с учетом (6) были получены зависимости динамической вязкости растворов полимеров η при различных скоростях изменения синхронной частоты $d\omega_{\text{зад}}/dt$.

После статистической обработки экспериментальных данных были получены соотношения, позволяющие по динамической вязкости и условиям измерения оценивать вязкость по Муни. Порядок определения вязкости по Муни заключается в следующем:

1) определяется динамическая вязкость по уравнениям (6) при изменении скорости синхронной частоты по закону:

$$\omega_{\text{зад}} = \frac{d\omega_{\text{зад}}}{dt} t; \quad (7)$$

2) определяется коэффициент k_i при $i = 1, 2$ при разных скоростях изменения синхронной частоты:

$$k_i = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\omega_{\text{зад}2} - \omega_{\text{зад}1}},$$

где η_1 и η_2 – измеренная динамическая вязкость при значениях $\omega_{\text{зад}1}$ и $\omega_{\text{зад}2}$;

3) определяется коэффициент k^* :

$$k^* = \frac{k_2 - k_1}{\frac{d\omega_{\text{зад}1}}{dt} \frac{d\omega_{\text{зад}2}}{dt}};$$

4) вычисляется вязкость Mh :

$$Mh = (74,225 \cdot 10^8) k^{*2} + (137,539 \cdot 10^4) k^* + 103,282.$$

Данный метод определения показателя качества дает возможность разработки программно-технического комплекса, который можно применить на реальном технологическом аппарате с мешалкой.

В третьей главе разработаны модели МООПК и система управления процессом полимеризации (СУ ПП) по показателю качества (вязкости по Муни).

Предлагаемая автоматическая СУ ПП (рисунок 4) представляет собой многоконтурную систему, содержащую контуры управления сигнального и параметрического типов воздействия.

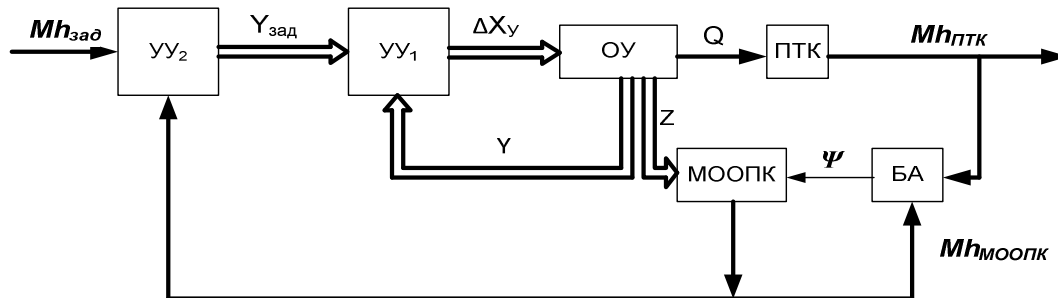


Рисунок 4 – Структурная схема автоматической системы управления процессом полимеризации

Автоматическая система управления состоит из блоков: объекта управления (ОУ), состояние которого характеризуется вектором параметров Y , включающим в себя температуры низа реактора T_H и верха T_B , концентраций этилена $C_Э$ и водорода C_B в циркулирующем газе; управляющего устройства (УУ₁), которое формирует вектор управляющих параметров ΔX_y (расходы катализатора $G_{\text{кат}}$, сокатализатора $G_{\text{сокат}}$, отдувки $F_{\text{отд}}$ и температуры растворителя T_P), формирующихся на основе вектора заданных уставок $Y_{\text{зад}}$ (для температуры низа реактора T_H , верха T_B , концентраций этилена $C_Э$ и водорода C_B в циркулирующем газе); блока модели для оперативной оценки ПК (МООПК), предназначенного для оперативной оценки значения вязкости по Муни Mh^* по модели; блока программно-технического комплекса (ПТК) периодической оценки вязкости на потоке; управляющего устройства по показателю качества – вязкости (УУ₂), предназначенного

для формирования вектора задающих воздействий $Y_{\text{зад}}$; блока адаптации (БА) для коррекции МООПК.

В предложенной структуре автоматической системы управление процессом полимеризации ведется по моделям МООПК, благодаря чему осуществляется непрерывное определение ПК.

Внутренние контуры (ОУ–УУ₁) обеспечивают поддержание технологического режима, при котором значение Mh , оцениваемое по МООПК, соответствует заданиям. Задания формируются контурами второго уровня (ОУ – МООПК – УУ₂). При несовпадении оценки Mh , полученной по МООПК ($Mh_{\text{МООПК}}$), и вязкости Mh , измеренной с помощью ПТК ($Mh_{\text{ПТК}}$), происходит коррекция параметров МООПК (ПТК–БА–МООПК).

Блок МООПК состоит из статических моделей в отклонениях – зависимости изменений Mh от технологических параметров:

$$Mh = \Delta Mh_1 + \Delta Mh_2 + \Delta Mh_3 + \Delta Mh_4 + Mh_0, \quad (8)$$

$$\Delta Mh_1 = f(T_H) = a_2 T_H^2 + a_1 T_H, \quad (9)$$

$$\Delta Mh_2 = f(T_B) = b_2 T_B^2 + b_1 T_B, \quad (10)$$

$$\Delta Mh_3 = f(C_3) = c_2 C_3^2 + c_1 C_3, \quad (11)$$

$$\Delta Mh_4 = f(C_B) = d_2 C_B^2 + d_1 C_B, \quad (12)$$

где $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2$ – коэффициенты модели, Mh_0 – начальное значение вязкости.

Блок БА предназначен для коррекции блока МООПК путем смещения на величину разности r_0 которая определяется следующим соотношением:

$$r_0 = Mh_{\text{МООПК}} - Mh_{\text{ПТК}}.$$

В результате с учетом коррекции управление процессом полимеризации будет вестись по следующей модели:

$$Mh = \Delta Mh_1 + \Delta Mh_2 + \Delta Mh_3 + \Delta Mh_4 + r_0.$$

Алгоритмы функционирования УУ₁ реализуются в виде набора логических выражений, получаемых путем формализации знаний операторов, ведущих технологический режим.

В результате синтезируется минимизированный набор логических выражений, готовый к реализации на контроллерах. В нашем случае в блоке УУ₁ прописываются следующие минимизированные логические выражения:

$$\begin{aligned} \downarrow G_{\text{кат}} &= T_H \uparrow \vee (T_B \downarrow \wedge C_3 \uparrow \wedge C_B \downarrow); \\ \uparrow G_{\text{кат}} &= T_H \downarrow \vee (T_B \uparrow \wedge C_3 \uparrow \wedge C_B \uparrow); \\ \downarrow G_{\text{сокат}} &= T_B \uparrow \vee (T_H \downarrow \wedge C_3 \uparrow \wedge C_B \uparrow); \\ \uparrow G_{\text{сокат}} &= T_B \downarrow \vee (T_H \uparrow \wedge C_3 \uparrow \wedge C_B \downarrow); \\ \downarrow T_P &= C_B \uparrow \vee (T_H \downarrow \wedge T_B \downarrow \wedge C_3 \uparrow); \\ \uparrow T_P &= C_B \downarrow \vee (T_H \uparrow \wedge T_B \uparrow \wedge C_3 \uparrow); \\ \downarrow F_{\text{отд}} &= C_3 \downarrow \vee (T_H \downarrow \wedge T_B \downarrow \wedge C_B \downarrow); \\ \uparrow F_{\text{отд}} &= C_3 \uparrow \vee (T_H \uparrow \wedge T_B \downarrow \wedge C_B \uparrow), \end{aligned}$$

где \downarrow и \uparrow соответствует уменьшению или увеличению технологического параметра соответственно.

Таким образом, принцип работы УУ₁ заключается в сравнении заданных и текущих значений, и в случае уменьшения или увеличения разности значений определяется правило, по которому устанавливаются управляющие воздействия.

В блоке УУ₂ реализован принцип ситуационного управления, который заключается в том, что при различных степенях отклонения Mh^* от $Mh_{зад}$ формируется вектор уставок $Y_{зад}$. Принцип реализован в виде регулятора, построенного на нечеткой логике, в котором заложены следующие правила ситуационного управления:

1. Если $|\Delta Mh| \geq 10$, то управление осуществляется путем варьирования уставки T_H ;
2. Если $|\Delta Mh| \geq 3$, но $|\Delta Mh| < 10$, то управление осуществляется путем варьирования уставки T_B ;
3. Если $|\Delta Mh| < 3$, то управление осуществляется путем варьирования уставки C_B .

Такая система управления имеет недостаток, связанный с появлением не точности вычисления Mh^* из-за изменений параметров и свойств реального ОУ в виде возможных изменений состава, качества реагентов и сырья, свойств технологического оборудования и т.п.

В связи с этим в данной СУ ПП используется БА – система динамической коррекции (адаптации), которая путем изменения параметров МООПК учитывает влияние упомянутых возмущений. Формирование вектора параметров Ψ модели МООПК происходит в блоке адаптации БА: при возникновении разницы между Mh и Mh^* выше допустимых значений, МООПК корректируются.

В работе показано, что для рассматриваемого процесса коррекцию достаточно проводить путем изменения одного параметра в (8) – величины

$$Mh_0 = Mh_{МООПК} - Mh_{ПТК}.$$

В общем случае коррекция проводится путем пересчета аппроксимирующих выражений в (9)–(12) на основе новых данных временного ряда. На рисунке 5 приведена динамика оценки вязкости по МООПК при наличии адаптации.

Из рисунка 5 видно, что в момент времени $t_1 = 50$ мин появляется возмущение, имитирующее некоторое неизмеряемое возмущение. В момент времени $t_2 = 100$ мин и $t_3 = 200$ мин происходит адаптация, путем смещения на разницу между измеренным значением вязкости по точной модели и МООПК.

Главной особенностью предложенного способа адаптации является то, что не требуется набирать статистический материал и делать его обработку для пересчета коэффициентов модели.

В четвертой главе приведен анализ результатов исследования эффективности СУ ПП, которое было проведено на имитационной модели, разработанной в среде Matlab.

Первым этапом разработки математической модели являлась идентификация модели объекта управления от концептуального до параметрического уровней определенностей. На концептуальном уровне определялись векторы входных $X_{зад}$

и выходных Y параметров, на топологическом - связи между отдельными параметрами векторов, на структурном уровне (рисунок 6) были определены структуры оператора связи – передаточные функции (ПФ).

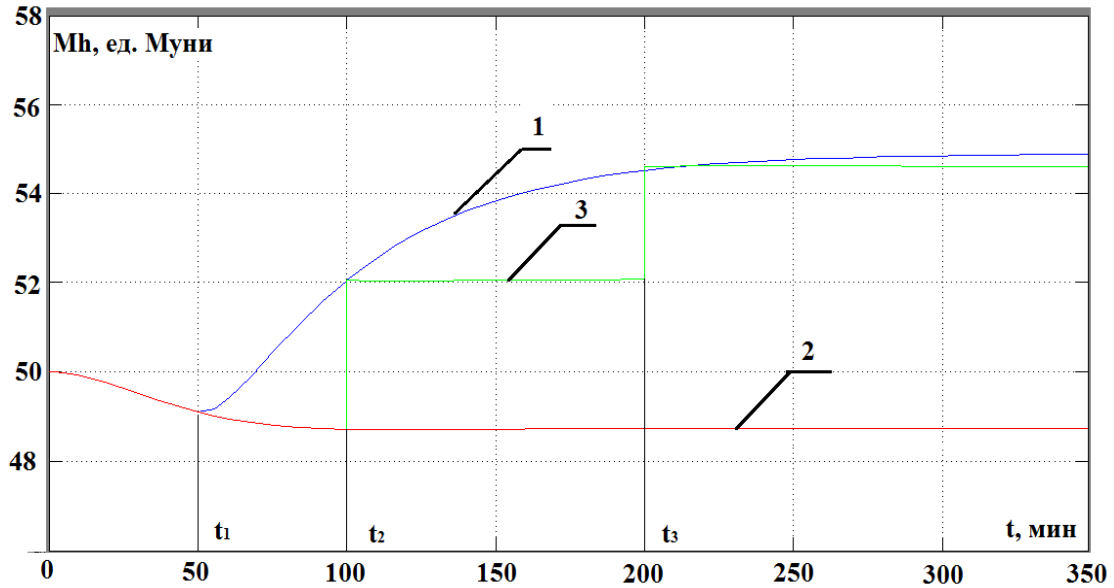


Рисунок 5 – Динамика вязкости на имитационной модели:

1 – график изменения «истинной» вязкости, вычисляемой по точным моделям;
2 – график вязкости, вычисленной по МООПК; 3 – график вязкости, полученный по адаптированной модели

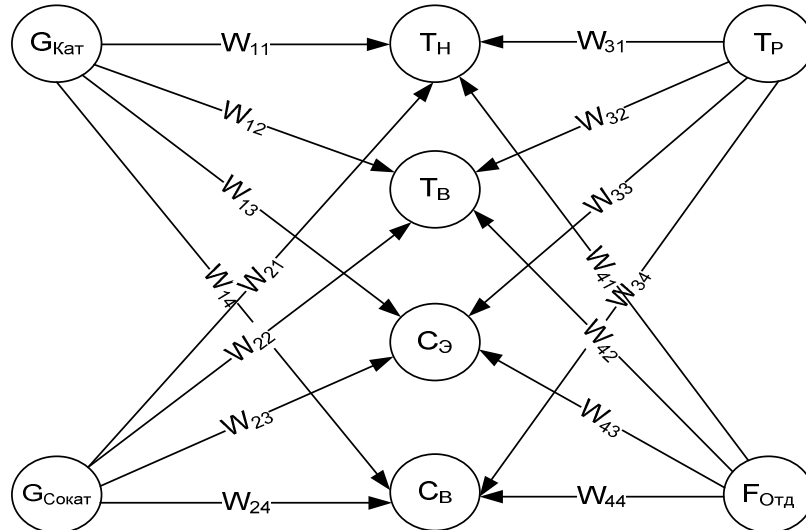


Рисунок 6 – Модель ОУ на топологическом уровне определенности

Передаточные функции динамических звеньев (таблица 1) были определены по экспериментальным данным методом Симою. Поскольку отдельные связи имеют слабо нелинейные характеристики, ПФ соединяются последовательно с блоками, моделирующими нелинейные элементы. При моделировании ОУ были учтены статические характеристики в виде функций, полученных аппроксимацией экспериментальных данных.

Таблица 1 – Передаточные функции динамических звеньев

Воздействующий сигнал	Реакция объекта управления, в виде ПФ W_{ij} , мин			
	$T_H(j = 1)$	$T_B(j = 2)$	$C_Э(j = 3)$	$C_B(j = 4)$
$\Delta G_{\text{кат}}$ ($i = 1$)	$\frac{K_{11}}{203S^2 + 22S + 1} e^{-4S}$	$\frac{K_{12}}{197S^2 + 22S + 1} e^{-4S}$	$\frac{K_{13}}{115S^2 + 17S + 1} e^{-4S}$	$\frac{K_{14}}{296S^2 + 26S + 1} e^{-4S}$
$\Delta G_{\text{сокатч}}$ ($i = 2$)	$\frac{K_{21}}{458S^2 + 33S + 1} e^{-6S}$	$\frac{K_{22}}{542S^2 + 36S + 1} e^{-6S}$	$\frac{K_{23}}{660S^2 + 38S + 1} e^{-6S}$	$\frac{K_{24}}{467S^2 + 33S + 1} e^{-6S}$
ΔT_P ($i = 3$)	$\frac{K_{31}}{431S^2 + 32S + 1} e^{-6S}$	$\frac{K_{32}}{546S^2 + 35S + 1} e^{-6S}$	$\frac{K_{33}}{416S^2 + 32S + 1} e^{-6S}$	$\frac{K_{34}}{752S^2 + 41S + 1} e^{-6S}$
$\Delta F_{\text{отд}}$ ($i = 4$)	$\frac{K_{41}}{298S^2 + 30S + 1} e^{-1S}$	$\frac{K_{42}}{190S^2 + 22S + 1} e^{-1S}$	$\frac{K_{43}}{300S^2 + 27S + 1} e^{-1S}$	$\frac{K_{44}}{188S^2 + 22S + 1} e^{-1S}$

Для моделирования СУ ПП была разработана структура имитационной системы (рисунок 7), в которой блоки ПТК И БА заменены блоком виртуального анализатора (ВА).

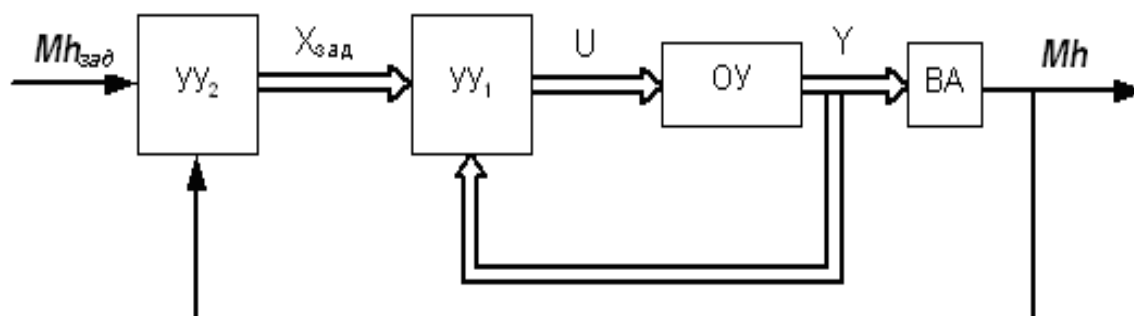


Рисунок 7 – Структура имитационной модели автоматической системы управления технологическим процессом полимеризации

Полученная модель была исследована по всем каналам связи и установлена адекватность ее реальному объекту. По результатам исследования можно утверждать, что автоматическая система управления технологическим процессом полимеризации обеспечивает стабилизацию качества полимера (вязкость по Муни) при некоторых известных возмущениях. Время переходных процессов, как правило, не превышает 1,5 часа. При проведении анализа был установлен факт возможности применения в структуре системы управления управляющих устройств, в которых реализованы методы ситуационного управления. На рисунке 8 приведены данные, полученные по данным реальной установки и имитационной модели.

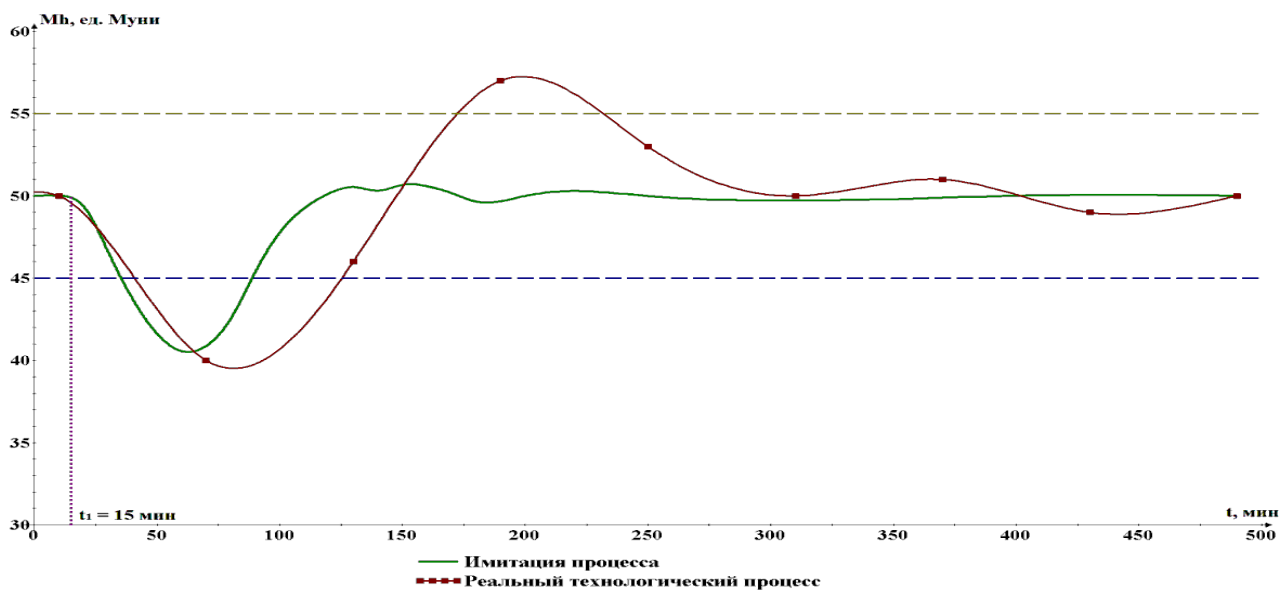


Рисунок 8 – Оценка эффективности автоматической системы управления технологическим процессом полимеризации

Из анализа переходных процессов была получена оценка эффективности СУ ПП за счет повышения качества управления в смысле времени переходных процессов. Показано, что СУ ПП позволяет снизить выпуск раствора полимера качества, не соответствующего нормативному, до 10 %, что в конечном счете приведет к уменьшению затрат энергоресурсов и реагентов.

В заключении диссертации приводятся основные научные результаты, полученные автором в процесс выполнения работы.

Перспективы дальнейшей разработки темы

На основе предложенной СУ ПП возможна разработка автоматической (при реализации ПТК с использованием реального технологического аппарата с мешалкой) или автоматизированной (при использовании лабораторных анализов для коррекции МООПК) подсистемы управления технологическим процессом по качеству каучука и интеграции ее в существующую АСУТП.

В приложении приведены материалы справочного характера, акты, справки о внедрении, данные собранные в ходе исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В диссертации содержится решение научной задачи разработки системы управления технологическим процессом полимеризации по показателям качества. В ходе исследования получены следующие результаты:

1. Разработана математическая модель оперативной оценки показателя качества – вязкости по Муни – для целей управления технологическим процессом полимеризации в автоматическом режиме; модель позволяет в реальном времени определять показатель качества по технологическим параметрам с учетом технологических условий и ограничений.

2. Предложен метод, структура и программное обеспечение ПТК, позволяющего оценивать вязкость продукта по Муни на потоке; это позволяет реализовать контур адаптации и обеспечить приемлемую точность оперативной оценки ПК.

3. Разработана структура многоконтурной автоматической системы управления процессом полимеризации и алгоритмы управления по показателю качества – вязкости по Муни, позволяющие вести технологический процесс полимеризации в автоматическом режиме.

4. Разработана имитационная модель автоматизированного технологического комплекса, позволяющая производить исследования эффективности предложенных технических решений по моделированию процесса и методам управления процессом; при этом показано, что предлагаемые технические решения позволяют уменьшить выпуск продукции низкого качества приблизительно до 10%.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

В рецензируемых журналах из списка ВАК:

- 1 Управление процессом сополимеризации этиленпропиленовых каучуков по показателю качества продукта / А. П. Веревкин, О. В. Кирюшин, Ш. Ф. Уразметов // Нефтегазовое дело. 2012. № 5. С. 16–19.
- 2 Исследование связи между динамической вязкостью и вязкостью полимеров по Муни на примере этиленпропиленовых каучуков для целей управления процессом / А. П. Веревкин, О. В. Кирюшин, Ш. Ф. Уразметов // Башкирский химический журнал. 2012. Т. 19, № 14. С. 121–124.
- 3 Управление процессом подготовки нефти по агрегативной устойчивости водонефтяной эмульсии / А. П. Веревкин, О. В. Кирюшин, Ш. Ф. Уразметов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2012. № 4. С. 33–35.

В других изданиях:

- 4 Построение модели реактора полимеризации для получения этиленпропиленовых каучуков / Ш. Ф. Уразметов // Проблемы управления и автоматизации технологических процессов и производств: сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2010. С. 179–184.
- 5 Оптимизация управления процессом получения синтетического каучука на ОАО «Уфаоргсинтез» по показателям качества и энергоэффективности / Ш. Ф. Уразметов // Автоматизация и управление технологическими и производственными процессами: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Уфа: УГАТУ, 2011. С. 83–85.
- 6 Исследование влияния вязкости каучуков на параметры мешалки под управлением ЧРП / Ш. Ф. Уразметов // Автоматизация и управление технологическими и производственными процессами: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Уфа: УГАТУ, 2011. С. 236–240.
- 7 Применение статистического метода анализа экспериментальных данных для целей построения имитационной модели / О. В. Кирюшин, Ш. Ф. Уразметов //

- Нефтегазопереработка – 2011: матер. междунар. науч.-практ. конф. Уфа: Изд-во Института нефтехимпереработки РБ, 2011. С. 205 – 206.
- 8 Автоматизация процесса сополимеризации этиленпропиленовых каучуков с использованием виртуального анализатора вязкости / А. П. Вережкин, О. В. Кирюшин, Ш. Ф. Уразметов // Экологические проблемы нефтедобычи-2012: сб. докл. науч.-техн. конф.: сб. науч. ст. Уфа: Нефтегазовое дело, 2012. С. 109 – 111.
 - 9 Разработка автоматизированной системы управления процессом сополимеризации этиленпропиленовых каучуков / А. П. Вережкин, О. В. Кирюшин, Ш. Ф. Уразметов // Интеграция науки и производства: тез. докл. II отрасл. науч.-произв. конф. / Редкол.: Н. Г. Евдокимова и др. Уфа: УГНТУ, 2012. С. 101–102.
 - 10 Разработка имитационной модели автоматизированной системы управления процессом полимеризации / Ш. Ф. Уразметов, А. П. Вережкин, О. В. Кирюшин // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Уфа: ИП Верко «Печатный домъ», 2012. Вып. 6. С. 153–155 .
 - 11 Решение о выдаче патента на изобретение от 12.05.2012. По заявке № 2012119669/28(029563) от 12.05.2012, G01N11/02(2006.01). Способ определения вязкости нелинейно-вязких жидкостей и устройство для его осуществления / Ш. Ф. Уразметов, В. П. Краев, А. П. Вережкин, О. В. Кирюшин, К. Б. Скатов.

Диссертант



Ш. Ф. Уразметов

УРАЗМЕТОВ Шамиль Флюрович

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ
ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНОВЫХ КАУЧУКОВ
ПО КАЧЕСТВУ ПРОДУКТА

Специальность 05.13.06

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
(в промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 20.11.2013. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9.
Тираж 100 экз. Заказ №157.
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет»

