

2. *Асмыкович, И.К.* Нормализация дескрипторных систем методом канонизации // Математика и математическое образование. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 6. –Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008.– с.57–58

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

И.К. Асмыкович, И.Ф. Кузьмицкий, А.В. Лапето

Белорусский государственный технологический университет,
Свердлова 13а, 220030 Минск, Беларусь
AVLapeto@gmail.com

Введение. На практике математические модели сложных технологических процессов, описываемые дифференциальными уравнениями в частных производных, могут быть рассмотрены в виде дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. Такой подход к математическому описанию в химической промышленности широко применяется к массообменным процессам (абсорбция, ректификация и т.д.). Управление такими процессами связано с большими трудностями как в моделировании, так и с реализацией законов управления.

Так как математические модели представляют большое количество звеньев, иногда с запаздыванием, соединенных между собой и оказывающих влияние не только на выходной параметр процесса, но и на состояние во время протекания этого процесса, достаточно удобно использовать описание таких объектов и процессов в пространстве состояний.

Среди быстроразвивающихся отраслей современной промышленности можно выделить целый ряд процессов, заключающихся в продавливании расплава материала через формующее отверстие. Такие технологические процессы получили название экструзионных [1].

1. Описание процесса экструзии. Технологический процесс экструзии складывается из последовательного перемещения материала вращающимся шнеком в его зонах: питания, пластикации, дозирования расплава, а затем продвижения расплава в каналах формирующей головки. Исследования технологического процесса показывают, что в процессе производства изделий методом экструзии наблюдаются значительные колебания выходных переменных процесса: производительность 4-10%; толщина стенки трубы 17-30% и физико-механических

характеристик в диапазоне 30-50%. К настоящему времени не разработана единая теория движения расплава при экструзии, что затрудняет исследование процесса.

Анализ уровня автоматизации экструзионных линий показал необходимость разработки датчиков расплава, толщины получаемого изделия. Существующие системы управления температурой в зонах электрообогрева и скоростей вращения электроприводов основного оборудования технологических линий имеют невысокую точность стабилизации параметров.

При правильном построении системы управления и получении необходимого закона управления возможно получение готового продукта с лучшими механическими характеристиками, а также меньшими затратами сырья за счет регулирования толщины получаемого изделия, построенного на обратной связи.

2. Математическое описание. В связи с тем, что в настоящее время отсутствует единое описание движение расплава, для получения математической модели используются экспериментальные данные линий по производству различных изделий.

Многие процессы характеризуются распределенными параметрами в пространстве. При использовании сосредоточенных математических моделей эти свойства проявляются в виде отклоняющихся аргументов (запаздываний).

В общем виде процесс экструзии может быть описан в виде следующей системы дифференциально-разностных уравнений:

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=0}^l A_i x(t - \tau_i) + \sum_{j=0}^r B_j u(t - \theta_j), \quad (1)$$

где $\tau_0 = 0$, $0 < \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_l$ - постоянные времена запаздывания в каналах состояния; $\theta_0 = 0$, $0 < \theta_1 < \theta_2 < \dots < \theta_l$ - постоянные времена запаздывания в каналах управления; $i = 0, \dots, l$; $j = 0, \dots, r$; $u(t) \in \mathbb{R}^s$; $x(t) \in \mathbb{R}^n$ - вектор входных переменных и фазовый вектор объекта управления соответственно. В нашем случае матрицы A_i имеют размер $n \times n$, являются числовыми при временах запаздывания τ_i . Матрицы B_j размера $n \times s$ также являются числовыми и соответствуют временам запаздывания по управлению θ_j .

При таком описании объекта управления в качестве управляющих воздействий могут выступать угловая скорость вращения электропривода шнека, линейная скорость электропривода тянущего устройства

или гофратора, а также температуры зон обогрева головки и цилиндра.

3. Синтез системы управления. Так как объект управления описывается уравнениями, в состав которых входят элементы запаздывания, синтез систем управления при использовании классических подходов становится чрезмерно сложным, а иногда и невозможным [2].

Для обеспечения стабильных физико-механических характеристик получаемой продукции необходимо, чтобы кривые переходных процессов соответствовали определенным показателям качества. Для систем управления, описываемых в пространстве состояний, можно воспользоваться методами модального управления. Среди множества современных методов общего синтеза модальных регуляторов систем управления особое внимание следует обратить на "Теорию вложения систем" [3]. В теории вложения используются системы матричных уравнений для решения задач управления. Суть данного подхода заключается во "вложении" в скалярный образ системы ее желаемого поведения (как вынужденного, так и свободного).

Выбор желаемого поведения полученной в результате синтеза системы управления основывается на обеспечении желаемых показателей качества системы (перерегулирование, время регулирования и т.д.) [4].

Однако наличие звеньев запаздывания существенно осложняет процедуру вложения, т.к. появляется необходимость канонизации матриц, содержащих в своем составе звенья запаздывания. Для возможности синтеза системы управления можно воспользоваться разложением запаздывания в ряды различного типа [5]. Такой подход позволит с определенной достоверностью исключить элементы запаздывания из состава системы.

Заключение. Применение рассматриваемых алгоритмов управления позволит задавать каждой части технологического процесса желаемое поведение (как свободное, так и вынужденное), а также позволит системе управления удовлетворять заранее выбранным показателям качества.

Список литературы

1. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров (механика процессов). М.: Химия, 1977.
2. Лапето А.В. Анализ методов синтеза систем автоматического управления с запаздыванием // Труды БГТУ. 2011. № 6: Физ.-мат. науки и информатика. С. 78–80.
3. Буков В.Н. Вложение систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем. Изд-во научной лит-ры Н. Ф. Бочкаревой, 2006.

4. *Лането А.В.* Особенности формирования передаточных функций для обеспечения желаемых показателей качества // Материалы межд. науч. конф. «Информационные технологии и системы 2012», БГУИР, 2012. С. 50-51.
5. *Лането А.В.* Исследование в частотной области разложения запаздывания в ряды // Материалы межд. науч.-техн. конф. «Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов», БГТУ, 2012. С. 140-144.

УПРАВЛЯЕМОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ С КВАЗИДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

А.И. Астровский¹, И.В. Гайшун²

¹ Белорусский государственный экономический университет
Партизанский пр. 26, 220070 Минск, Беларусь
aastrov@tut.by

² Институт математики НАН РБ, ул. Сурганова 11, 220072 Минск, Беларусь
gaishun@im-bas.net

Введение. Вопросы наблюдаемости линейных нестационарных систем с квазидифференцируемыми коэффициентами, а также теория канонических форм систем наблюдения со скалярным выходом разработаны авторами в работах [1] – [6]. В данном докладе техника квазидифференцирования применяется к задачам управляемости с целью получения новых условий различных типов управляемости, выраженных через параметры системы. Основное внимание уделяется возможности построения матрицы управляемости в тех случаях, когда классические требования гладкости коэффициентов [7, 8] не выполняются. Для применения техники квазидифференцирования важно наличие нижнетреугольных матриц, относительно которых существует требуемое число квазипроизводных. Авторами разработан конструктивный метод нахождения таких матриц, использующий системы в форме Хессенберга. В связи с этим указан критерий и способ приводимости системы управления к хессенберговой форме. Основные результаты, полученные в данной работе, используют понятие квазипроизводной [9, 10].

1. Управляемость и квазидифференцируемость. Пусть на отрезке $T = [t_0, t_1]$ задана система дифференциальных уравнений

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + b(t)u(t) \quad (1)$$