

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ДИФФУЗИОННОГО ОТДЕЛЕНИЯ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ляшенко С.А., к.т.н.

*Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенко*

В статье рассмотреть адаптивный подход для построения моделей нестационарных технологических процессов в диффузионном отделении сахарного производства. Получен алгоритм адаптивного управления. Представлены результаты моделирования при адаптивном управлении.

Введение. Сахарное производство является одним из наиболее сложных и энергозатратных в Украине. Условия высокой конкуренции современной действительности на первый план выводят такие показатели как безопасность технологических процессов, качество, энергопотребление, себестоимость. Такие условия конкуренции диктуют необходимость применения самых последних достижений технологий, теплотехники, организации сахарного производства [1].

Анализ состояния вопроса. При построении систем управления безопасными локальными технологическими процессами в настоящее время широко используются пропорционально-интегральные и пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы (ПИ- и ПИД-регуляторы). Факторами, обусловившими широкое распространение ПИД-регуляторов, стали простота их структуры и высокая надежность [2,3].

Несмотря на достоинства, ПИД-регуляторам присущ ряд недостатков, среди коротких, в первую очередь, следует отметить необходимость ручной перенастройки параметров регулятора при изменении параметров объекта или внешних возмущений, причем трудности настройки существенно возрастают, если объект характеризуется наличием внутренних взаимодействующих контуров.

Нелинейность и нестационарность уравнений, описывающих реальные технологические процессы, приводят к тому, что при управлении такими процессами значения параметров регулятора выбирают такими, чтобы обеспечить наилучшее управление в некоторой компромиссной точке. Для оптимизации же системы в нескольких точках необходима коррекция параметров регулятора в соответствии с изменениями рабочих условий.

Поэтому учет нестационарности параметров исследуемых процессов приводит к необходимости использования адаптивного подхода при управлении этими процессами, который обеспечивает своевременную и правильную выработку решения об изменении управляющих воздействий. Эффективное решение задачи связано с введением в контур управления

идентификатора, работающего по некоторому адаптивному алгоритму.

Применение адаптивного подхода основано на замене сложной нелинейной модели линейной моделью с переменными параметрами, оценивание которых осуществляется в реальном времени. В качестве такой модели обычно используется уравнение псевдолинейной регрессии [4,5].

В связи с этим к идентификатору, работающему в АСУ, предъявляются определенные требования, основными из которых можно считать следующие [5]:

- алгоритм идентификации должен обеспечивать сходимость оценок параметров к истинным значениям параметров во всей области дискретных изменений входных переменных;

- эта сходимость не должна исчезать при включении регулятора;

- вычислительная процедура, реализующая алгоритм, должна быть достаточно простой;

- алгоритм идентификации должен обеспечивать слежение за переменными параметрами объекта.

Практически все используемые в настоящее время рекуррентные алгоритмы получаются путем минимизации квадратичного функционала и используют при построении оценки непосредственные измерения входных и выходных сигналов. Существует целый класс алгоритмов, в которых помимо непосредственно измеренных значений сигналов используются их некоторые преобразования либо дополнительно вводимые в алгоритм некоторые вспомогательные или инструментальные переменные [6]. Такой подход позволяет в целом ряде случаев, в частности, при наличии коррелированных помех измерений, улучшить свойства получаемых оценок искомых параметров. Основное же преимущество такого подхода состоит в том, что он обеспечивает получение несмещенных оценок. К числу таких алгоритмов относятся алгоритм Нагумо – Ноды и рекуррентный метод инструментальных переменных [4,6].

Целью данной работы является построение адаптивной системы управления безопасными технологическими процессами диффузионного отделения сахарного производства.

Задачи работы.

Построение моделей нестационарных технологических процессов.

Получение алгоритма адаптивного управления.

Моделирование работы адаптивной системы управления.

Основная часть. Идея, лежащая в основе построения адаптивных регуляторов, заключается в использовании в реальном времени различных методов идентификации для определения параметров процесса или объекта, и в последующем использовании полученных оценок параметров для построения закона управления в соответствии с некоторым критерием оптимальности, при условии, что оценки параметров являются достоверными.

В качестве выходной величины отделения (Y) использовалась одна переменная – расход диффузионного сока.

Входными (управляемыми) параметрами диффузионного аппарата были:

X_1 - температура сокоотружечной смеси от пара в 1-й зоне ДА; X_2 - температура сокоотружечной смеси от пара в 2-й зоне ДА; X_3 - температура сокоотружечной смеси от пара в 3-й зоне ДА; X_4 - температура сокоотружечной смеси от пара в 4-й зоне ДА; X_5 - расход сульфитированной бараметрической (питательной) воды; X_6 - температура барометрической сульфитированной воды; X_7 - расход свекловичной стружки.

Кроме того, в качестве информационных параметров, необходимых для реагирования на изменения технологического процесса, являлись: X_8 - уровень в сборнике сульфитированной подогретой барводы; X_9 - температуры в сборнике подогретой барводы; X_{10} - расход питательной воды; X_{11} - расход жомопрессовой воды (если используется); X_{12} - уровень в сборнике диффузионного сока; X_{13} - уровень за ситом и перед ситом дифаппарата; X_{14} - уровень сокоотружечной смеси (4, 8, 12, 16 м); X_{15} - температура питательной воды в ДА; X_{16} - рН барводы; X_{17} - уровень в сборнике барводы после конденсатора; X_{18} - температура сока на производство; X_{19} - температура в сборнике сульфитированной подогретой барводы; X_{20} - РН сока на производство; X_{21} - СВ сока на производство; X_{22} - уровень в сборнике подогретой барводы; X_{23-61} - контроль работы узлов оборудования в диффузионном отделении.

Как отмечалось выше, применение адаптивного подхода основано на замене сложной нелинейной модели линейной моделью с переменными параметрами, оценивание которых осуществляется в реальном времени, т.е. модели псевдолинейной регрессии

$$y(k) = \theta^T q(k) + w(k), \quad (1)$$

где: $\theta = (a_1, a_2, \dots, a_{N_A}, b_1, b_2, \dots, b_{N_B})^T$ – вектор нестационарных параметров объекта;
 $q(k) = (-y(k-1), -y(k-2), \dots, -y(k-N_A), u(k-1), u(k-2), \dots, u(k-N_B))^T$ – вектор состояния;
 $w(k)$ – помеха измерения;
 $k = 0, 1, 2, \dots$ – дискретное время.

В качестве основной процедуры адаптивной идентификации и обычно используется рекуррентный метод наименьших квадратов (РМНК), позволяющий получить оценки нестационарных параметров [4,6]

$$\hat{\theta}(k) = \hat{\theta}(k-1) + \frac{P(k-1)q(k)}{1 + q^T(k)P(k-1)q(k)} [y(k) - \hat{\theta}^T(k-1)q(k)], \quad (2)$$

$$P(k) = P(k-1) - \frac{P(k-1)q(k)q^T(k)P(k-1)}{1 + q^T(k)P(k-1)q(k)}, \quad (3)$$

где: $P(0) = \alpha I$, $\alpha > 0$.

Так как задача управления объектом заключается в нахождении такого закона изменения входных переменных q , который обеспечил бы получение заданной выходной переменной y^* , то допустим, что для изменения выходной переменной на $\Delta y(k+1)$ требуется изменение входного вектора на $\Delta q(k+1)$, т.е.

$$\Delta y(k+1) = \hat{\theta}^T(k) \Delta q(k+1). \quad (4)$$

Введя для нахождения Δx_{n+1} норму

$$\|\Delta q(k+1)\|_A^2 = \Delta q^T(k+1) A \Delta q(k+1), \quad (5)$$

где: A – матрица стоимости управляющих воздействий.

Сформулировав задачу нахождения $\Delta q(k+1)$ как задачу минимизации (5) при ограничениях (4), т.е. используя функцию Лагранжа

$$L(\Delta q(k+1), \lambda) = \|\Delta q(k+1)\|_A^2 + \lambda (\Delta y(k+1) - \hat{\theta}^T(k) \Delta q(k+1)), \quad (6)$$

после несложных преобразований можно получить

$$\Delta q(k+1) = \frac{\Delta y(k+1)}{\hat{\theta}^T(k) A^{-1} \hat{\theta}(k)} A^{-1} \hat{\theta}(k), \quad (7)$$

или

$$\Delta q(k+1) = q(k) - \frac{\Delta y(k+1)}{\hat{\theta}^T(k) A^{-1} \hat{\theta}(k)} A^{-1} \hat{\theta}(k)$$

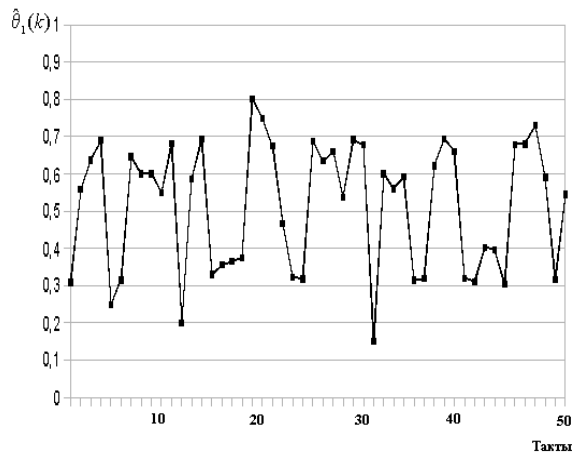
Если задача управления заключается в обеспечении выполнения неравенства

$$|\Delta y(k+1)| < \delta(k+1)$$

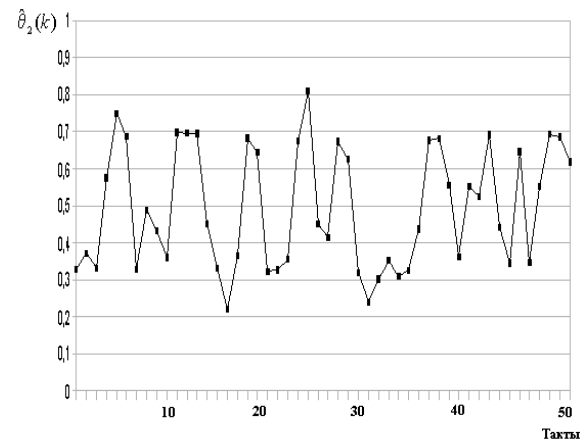
при ограничениях на входные воздействия

$$q^{\min} \leq q(k+1) \leq q^{\max}$$

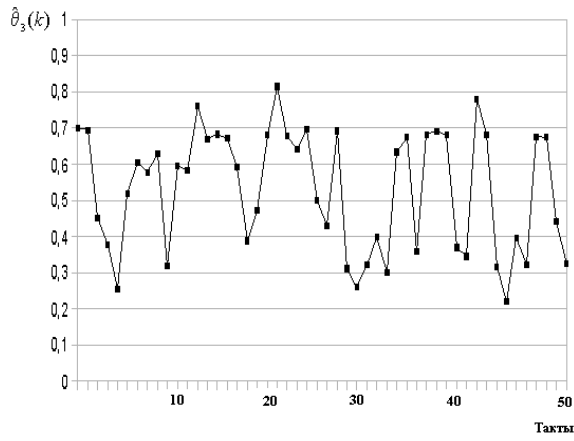
Здесь $\Delta y(k+1)$ определяется из (4), а $\delta(k+1) > 0$ – некоторая заданная величина.



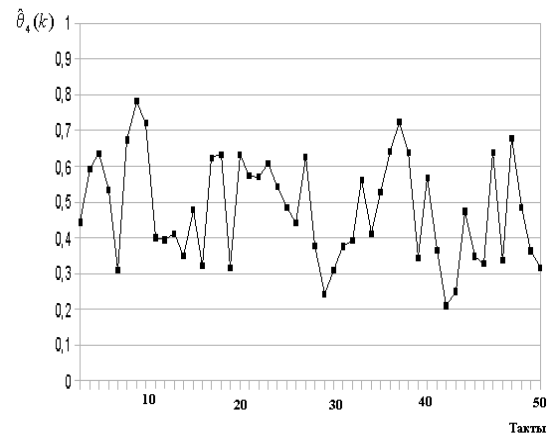
а)



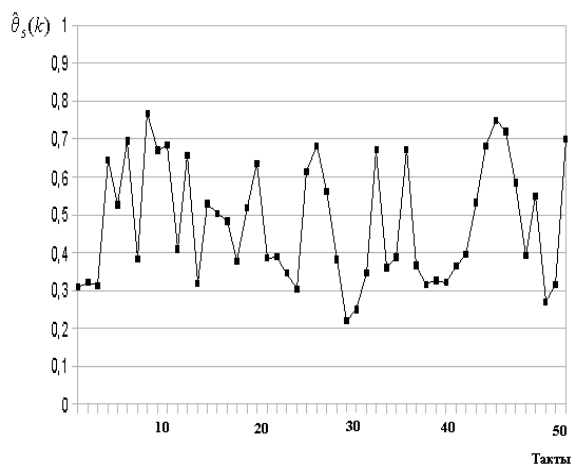
б)



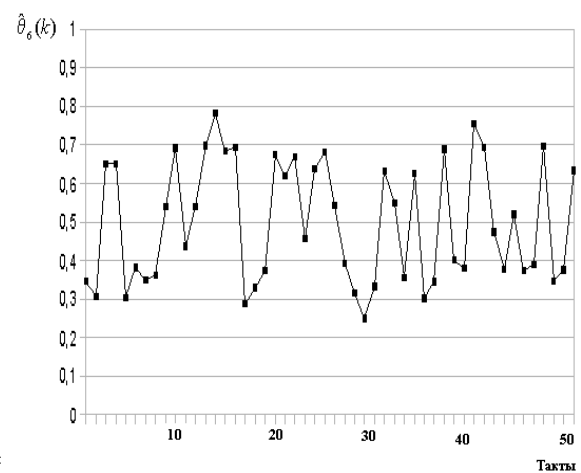
в)



г)



д)



е)

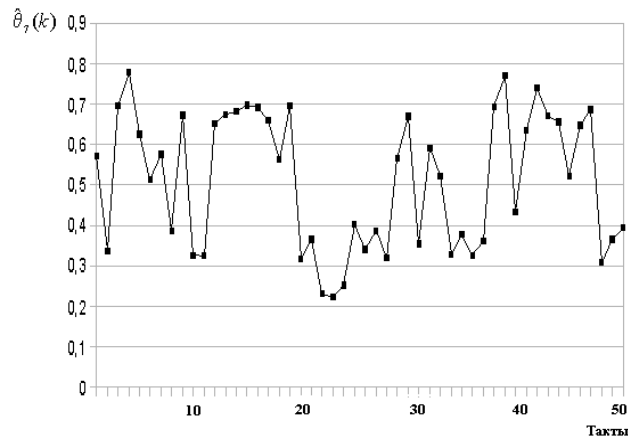


Рис. 1 – Изменение коэффициентов $\hat{\theta}_1(k)$, $\hat{\theta}_2(k)$, $\hat{\theta}_3(k)$, $\hat{\theta}_4(k)$, $\hat{\theta}_5(k)$, $\hat{\theta}_6(k)$, $\hat{\theta}_7(k)$ для регрессионной модели $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_7)$.

В этом случае алгоритм адаптивного управления имеет вид

$$q(k+1) = \begin{cases} q(k), |\Delta y(k+1)| < \delta(k+1), \\ q^{\max}, q(k) + \Delta q(k+1) \geq q^{\max}, |\Delta y(k+1)| \geq \delta(k+1), \\ q(k) + \frac{\Delta y(k+1)}{\hat{\theta}^T(k) A^{-1} \hat{\theta}(k)} A^{-1} \hat{\theta}(k), q^{\min} < q(k) + \Delta q(k+1) < q^{\max}, \\ q^{\min}, q(k) + \Delta q(k+1) \leq q^{\min}, |\Delta y(k+1)| \geq \delta(k+1). \end{cases} \quad (8)$$

Хотя реализация данного алгоритма управления проста, качество управления зависит от точности решения задачи идентификации, так как в алгоритм управления входят оценки, полученные в процессе идентификации.

Для идентификации нестационарных процессов применялись алгоритмы (2) - (3) с $\lambda = 0,99$. На рис. 1 (а,б,в,г,д,е,ж) показано изменение коэффициентов $\hat{\theta}_1(k)$, $\hat{\theta}_2(k)$, $\hat{\theta}_3(k)$, $\hat{\theta}_4(k)$, $\hat{\theta}_5(k)$, $\hat{\theta}_6(k)$, $\hat{\theta}_7(k)$ для модели $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_7)$. (входы $x_{1..7}$)

Хотя эти коэффициенты существенно отличаются от получаемых по МНК коэффициентов линейной регрессии, ошибка идентификации на каждом такте была практически нулевой.

Процесс стабилизации выходной переменной (расход диффузионного сока с ДА) с помощью разработанного адаптивного алгоритма (8) приведен на рис.2. Здесь светлыми кружками показано реальное изменение выходных переменных при существующем управлении, квадратами – при адаптивном. На рисунках не показан переходный режим (режим идентификации), который составил для применяемого метода примерно 30 тактов.

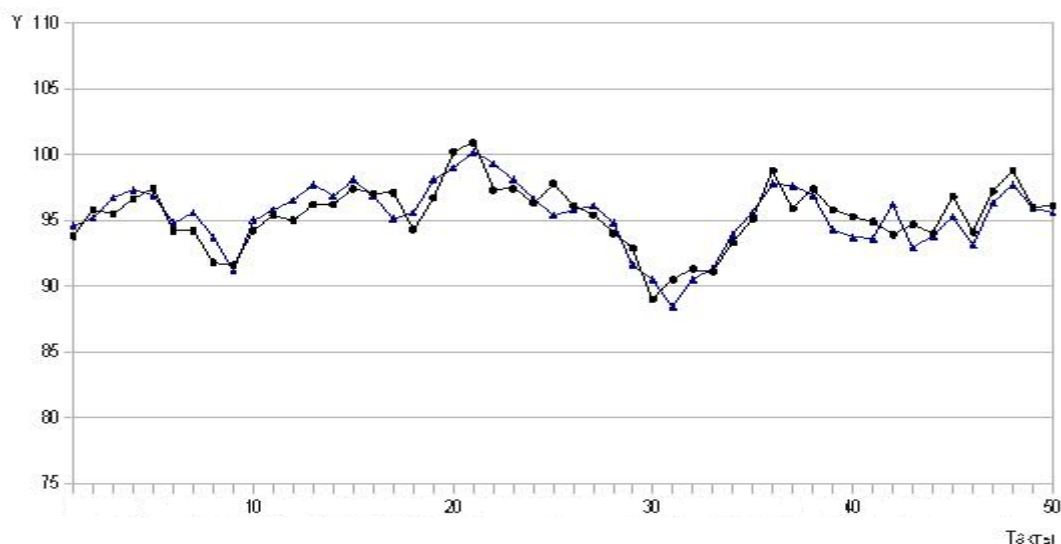


Рис. 2 – Изменение выходной переменной(расход диффузионного сока).

Выводы. Использование адаптивного подхода для синтеза системы управления технологическими процессами диффузионного отделения позволяет получить достаточно простые в реализации, но эффективные алгоритмы управления. Такой подход оправдан тем, что с его помощью можно учитывать нестационарность исследуемых процессов. Следует, однако, отметить, что вопрос выбора оптимального алгоритма идентификации является чрезвычайно важным и должен решаться в каждом конкретном случае с учетом особенностей исследуемых процессов (наличие помех, их статистических свойств, условий проведения экспериментов и т.д.).

Список использованных источников

1. Стратегия автоматизации производства сахара [Электронный ресурс] / Белоусов В.Ю., Литвинов А.Ф., Потапов О.А., Горчинский Ю.Н. // Сахар. - 2002. - №1. - Режим доступа до журн.: <http://www.loes.ru/main/technology/tech-map.html>.
2. Ляшенко С.А. Синтез нейросетевого ПИД-регулятора для управления технологическими процессами производства сахара / С. А. Ляшенко // Вестник Херсонского национального технического университета. Херсон. – 2010. – Вып. №2(38). - С.430-433.
3. Ляшенко С.А. Оптимизация управления сложными технологическими процессами в сахарном производстве на основе применения нейросетевых регуляторов / С.А. Ляшенко // Вестник ХНТУ. Херсон. - 2011. - №(41).- С.412-415.
4. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1975. – 683с.
5. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг. - М.: Наука, 1991. - 432 с.
6. Руденко О. Г. Основы теории искусственных нейронных сетей / О.Г. Руденко, Е.В. Бодянский. - Харьков: Телетех, 2002. – 317с.

Анотація

АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕЧНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ДИФУЗІЙНОГО ВІДДІЛЕННЯ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Ляшенко С.

В статті розглянуто адаптивний підхід до побудови моделей нестационарних технологічних процесів у дифузійному відділенні цукрового виробництва. Отримано алгоритм адаптивного управління. Наведено результати моделювання при адаптивному управлінні.

Abstract

ADAPTIVE MANAGEMENT OF SAFE TECHNOLOGICAL PROCESSES DIFFUSIVE OFFICE OF SUGAR PRODUCTION

S. Lyashenko

In article to consider adaptive approach for creation of models of non-stationary technological processes in diffusion separation of sugar production. The algorithm of adaptive management is received. Results of modeling are presented at adaptive management.

УДК 502.054.4

НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВОГО РЕЖИМУ НА ТЕРИТОРІЇ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА ПОЛТАВА

Д'яконов В.І., к.т.н., доц., Дьяконов О.В., інж., Курченко Я.Г., студент.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Абракітов В. Е., к.т.н., доц., Нікітченко О. Ю., к.т.н., доц., Шерзад Р. Х. студент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Проблема вдосконалення існуючих засобів боротьби із шумом є актуальною. Один з напрямків її рішення - вивчення шумового режиму міських територій. Авторами проведено дослідження шумової обстановки в центральній частині м. Полтава, себто натурні виміри шуму, на підставі цих даних побудовано карти шуму.

Проблема вдосконалення існуючих засобів боротьби із шумом є актуальною. Один з напрямків її рішення - вивчення шумового режиму міських територій. Нашим особистим внеском в вирішення проблеми стало натурне