

УДК 685.51

<https://doi.org/10.36906/AP-2020/31>

### К АДАПТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ДИСКРЕТНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ В НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Зейналов Р. М.**

*Ph.D.,*

*Институт систем управления НАН*

*г. Баку, Азербайджан*

**Мамедли Р. Э.**

*канд. техн. наук*

*Нижневартровский государственный университет*

*г. Нижневартовск,*

**Аннотация:** Адаптивное управление в условиях неопределенности влияющих на состояние объектов факторов является одной из центральных проблем теории управления. В статье в общем виде рассматриваются вопросы исследования адаптивного управления дискретными динамическими объектами в неопределенных условиях, относящихся к их структурам и характеристикам возмущения.

**Ключевые слова:** адаптивное управление, неопределенность, дискретный динамический объект.

Реализация известных методов оптимального управления объектами определенных классов требует наличия полной априорной информации о структуре и параметрах объекта, а возможно и характеристиках внешней среды, с которой он должен взаимодействовать.

Управление динамическими объектами в условиях неопределенности относительно модели объекта и характеристик внешней среды является одной из основных проблем теории управления. Теория адаптивных систем как самостоятельное направление теории управления за последние десятилетия получил значительный прогресс за счет интенсивного развития теории идентификации и управления, а также широкими возможностями современных информационных технологий.

Адаптивный подход предполагает одновременное управление и изучение объекта в контуре обратной связи; при этом данные о поведении управляемого объекта и внешних измеряемых воздействиях могут служить базой для перестройки с течением времени самой стратегии управления, и подобная перестройка обычно ассоциируется с представлением об адаптации регулятора к априори неизвестным параметрам объекта и условием его функционирования [1-3].

К настоящему времени разработано множество разнообразных методов адаптивного управления различающихся описаниями объектов и характеристик возмущений, критериями качества функционирования систем и т.д.

Одним из предположений, которое принимается при решении задачи синтеза адаптивной системы управления дискретным объектом с известной структурой является предположение о том, что при конструировании системы известны точные сведения о границах возможных возмущений [8]. Однако таких границ не всегда удается заранее опре-

делять. Все это, непосредственно влияет на ожидаемые приемлемые результаты функционала качества системы.

С учетом возможных трудностей исследования дискретных объектов с привлечением стандартного аппарата синтеза и управления адаптивных систем, за последние годы интенсивно развиваются соответствующие подходы адаптивного управления систем (объектов) в условиях большой начальной неопределенности относительно параметров, структуры объекта и характеристик возмущений. Основная идея этих подходов является одновременное оценивание, как неизвестных параметров модели управляемого объекта, так и характеристик неизмеримого возмущения. Причем, реализация алгоритмов адаптивного управления по традиционной схеме, в которой принятие решений полностью возлагается на адаптивный регулятор, в течении всего времени функционирования системы не исключает возможности появления заметных ошибок управления на начальном этапе адаптации, когда сама система хотя и сохраняет устойчивость, но значения параметров настройки этого регулятора еще далеки от тех, при которых достигается оптимальное управление.

Рассмотрим постановку некоторых задач адаптивного управления в случае неопределенности состояний дискретного объекта на следующих примерах:

А. Процесс изготовления стеклянных труб на линии горизонтальной вытяжки. Управляющими воздействиями служат давление воздуха  $p$  и скорость вытяжки трубы  $v$ . Выходные величины — внешний диаметр  $D$  и толщина  $h$  стенки. Задача управления процессом вытяжки стеклянных труб состоит в обеспечении заданной точности стабилизации  $D$  и  $h$  в форме требований

$$|D^0 - D| \leq \Delta_D, \quad |h^0 - h| \leq \Delta_h.$$

где  $\Delta_D$  и  $\Delta_h$  — допуски на отклонения  $D$  от  $D^0$  и  $h$  от  $h^0$  соответственно. При этом задания  $D^0$  и  $h^0$  и отклонения  $\delta_D = D^0 - D$ ,  $\delta_h = h^0 - h$  от них являются основными показателями, характеризующими характеристики качества производимых труб [5-7].

Особенность этого процесса состоит в том, что точные уравнения:

$$D(t) = f_D(p(t), v(t), \xi_D(t)) \text{ и } h(t) = f_h(p(t), v(t), \xi_h(t)),$$

которые связывают в каждый момент времени ( $t$ ) выходные величины  $D$  и  $h$  с управляющими воздействиями  $p(t), v(t)$  и возмущениями  $\xi_D(t)$  и  $\xi_h(t)$ , неизвестны, а сами возмущения недоступны для измерения.

Данный процесс можно описать векторно-матричным уравнением:

$$y_n = Bu_{n-1} + \eta_n,$$

где  $y_n = [D_n, h_n]^T$  — вектор выходных переменных  $D$  и  $h$  в  $n$ -й дискретный момент времени,  $u_{n-1} = [p_{n-1}, v_{n-1}]^T$  — вектор управляющих воздействий  $p$  и  $v$ , сформированных в предыдущий ( $n-1$ )-й момент времени,  $\eta_n = [\eta_D^n, \eta_h^n]^T$  — вектор приведенных к выходу возмущений, учитывающих суммарный эффект действия возмущений  $\xi_D(t)$  и  $\xi_h(t)$ ,

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}, T — \text{знак транспонирования.}$$

В. Процесс термической обработки изделий. Это технологический процесс периодического характера. Задача управления состоит в том, чтобы за минимальное время выйти на заданный температурный режим, определяемый требуемым значением температуры нагрева  $T^0$ , а затем в течение некоторого времени поддерживать этот режим с заданной точностью  $\Delta_T$ :

$$|T^0 - T| \leq \Delta_T.$$

Управление рассматриваемым процессом в [4] предложена динамическая модель, описываемая линейным разностным уравнением:

$$T_n + a_1 T_{n-1} + a_2 T_{n-2} = b_1 W_{n-1} + b_2 W_{n-2} + \eta_T^n$$

где  $T_n$  — температура в рабочем пространстве, в  $n$ -й дискретный момент времени;  $W_n$  - мощность, выделяемая нагревательным элементом в течении времени  $[n \Delta \tau, (n+1) \Delta \tau]$ ;  $\eta_T^n$  - возмущение системы, не доступное для измерения. Эта модель обладает положительным свойством:  $|b_1| > |b_2|$  при любом значении интервала  $\Delta \tau$ .

Эти модели решения могут быть использованы для решения других задач адаптивного управления с подобными неопределенными условиями.

### Литература

1. Цыпкин Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968. 400 с.
2. Цыпкин Я. З., Кельманс Г. К. Дискретные адаптивные системы управления // Итоги науки и техники. Кибернетика, 1984. С. 3-73.
3. Костюк В. И. Адаптивные системы идентификации. К.: Техника, 1975. 288 с.
4. Костенко Ю. Т., Любчик Л. М. Системы управления с динамическими моделями. Харьков: Основа, 1996. 212 с.
5. Fu K. S. Learning control systems--Review and outlook // IEEE transactions on Automatic Control. 1970. Vol. 15. №2. P. 210-221. <https://doi.org/10.1109/TAC.1970.1099405>
6. Скурихин В. И., Житецкий Л. С., Проценко Н. М. Итеративно табличные автоматы. К.: Наук. Думка, 1977, 165 с.
7. Zhiteckij L. S. et al. Adaptive robust and careful control applied to steam temperature regulation of a thermal power plant // IFAC Proceedings Volumes. 1996. Vol. 29. №1. P. 6957-6962. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)58801-1](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)58801-1)
8. Житецкий Л. С. Робастное адаптивное управление дискретными объектами при наличии параметрической и непараметрической неопределенностей // Кибернетика и вычисл. Техника. 1997. Вып. 109. С. 29-38.

©Зейналов Р. М., Мамедли Р. Э., 2020