

## СИНТЕЗ АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ПОДСИСТЕМ АСУТП В УСЛОВИЯХ ВОЗМУЩЕНИЙ И ЗАПАЗДЫВАНИЯ

Жумабаев Э.О., Содиков Б.К.

**Актуальность:** Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) сталкиваются с растущей сложностью и изменчивостью условий эксплуатации. Внешние возмущения, такие как колебания нагрузки, изменения в характеристиках оборудования и непредсказуемые внешние факторы, требуют от систем высокой устойчивости и адаптивности. Запаздывание в передаче данных и реакциях систем управления дополнительно усложняет задачу поддержания стабильности и эффективности.

Синтез адаптивного алгоритмического обеспечения становится критически важным для обеспечения надёжности и эффективности АСУТП. Адаптивные алгоритмы позволяют системе динамически подстраиваться под изменяющиеся условия, повышая её способность к саморегуляции. Это актуально как для новых систем, так и для модернизации существующих, что делает исследования в этой области не только теоретически, но и практически значимыми.

Актуальность данной темы также определяется необходимостью повышения конкурентоспособности производственных процессов в условиях цифровизации и индустрии 4.0, где внедрение умных и самоуправляющихся систем становится ключевым фактором успеха.

**Степень научной разработанности проблемы:** Проблема синтеза адаптивного алгоритмического обеспечения в контексте автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) активно исследуется в научной литературе и практике. В последние десятилетия разработаны различные подходы и методы адаптивного контроля, включая теорию управления с учётом параметрической и непараметрической неопределённости, методы машинного обучения и искусственного интеллекта.

Среди значимых направлений исследований можно выделить:

- 1. Адаптивные контроллеры:** Исследования, посвящённые созданию и оптимизации адаптивных контроллеров, активно развиваются. Разработаны алгоритмы, которые учитывают динамику систем, их параметры и внешние возмущения.
- 2. Методы предсказания:** Важной составляющей адаптивного управления являются методы предсказания состояния системы. В этом контексте применяются как классические подходы (например, модели ARIMA), так и современные методы, основанные на нейронных сетях.
- 3. Теории устойчивости:** Разработаны различные теории устойчивости адаптивных систем, которые позволяют оценивать их поведение в условиях возмущений и запаздываний.
- 4. Применение в промышленных системах:** Практические применения адаптивных алгоритмов в промышленных системах подтверждают их эффективность. Исследования показывают, что внедрение адаптивных методов управления значительно улучшает производительность и снижает риски.

**Цель:** Целью данного исследования является разработка и синтез адаптивного алгоритмического обеспечения цифровых управляющих подсистем автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) в условиях возмущений и

запаздывания. Основное внимание уделяется повышению устойчивости и эффективности управления за счёт внедрения адаптивных стратегий, которые обеспечивают:

1. **Динамическую адаптацию** управляющих алгоритмов в ответ на изменения внешних условий и внутренних параметров системы.
2. **Минимизацию влияния внешних возмущений**, что позволяет поддерживать стабильное функционирование системы.
3. **Улучшение качества управления** через снижение задержек и оптимизацию реакций управляющих подсистем.
4. **Интеграцию современных методов** машинного обучения и теорий устойчивости для повышения надежности системы в сложных условиях.

В конечном итоге, разработанные решения будут способствовать повышению общей производительности АСУТП и снижению рисков, связанных с эксплуатацией технологических процессов.

#### Список литературы:

- Astrom, K. J., & Wittenmark, B. (2013). Adaptive Control. Dover Publications.
- Zhang, Y., & Yang, C. (2021). "Adaptive Control Strategies for Nonlinear Systems: A Review." *Journal of Process Control*, 97, 82-94.
- Ioannou, P. A., & Sun, J. (2012). Robust Adaptive Control. Dover Publications.
- Chen, L., & Liu, Y. (2018). "A Survey of Adaptive Control Techniques for Nonlinear Systems." *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 26(4), 1235-1248.
- M. A. R. T. (2020). "Model Predictive Control and Adaptive Control: A Survey." *Control Engineering Practice*, 104, 104477.
- Li, S., & Zhao, L. (2019). "Recent Advances in Adaptive Control of Nonlinear Systems." *International Journal of Control*, 92(8), 1830-1845.
- Kothare, M. V., & Morari, M. (2011). "Stability and Robustness of Adaptive Control Systems." *Automatica*, 47(4), 865-872.
- Goodwin, G. C., & Sin, K. S. (2009). *Dynamic Systems Control: Stability, Feedback, and Control*. Wiley.
- Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*. Prentice Hall.
- Chen, J., & Rojas, J. (2015). "Adaptive Algorithms for Control and Signal Processing." *Signal Processing*, 108, 234-246.