

Дипломная работа на тему:  
“Нечеткие алгоритмы управления  
бесколлекторным двигателем  
постоянного тока”

Работу выполнил: Короткий Е.В.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Калниболотский Ю.М.

# Актуальность выбранной темы исследований

- Использование для синтеза регуляторов методов классической и современной ТАУ требует наличия точной математической модели объекта управления. Получить такую модель не всегда представляется возможным;
- Важным свойством человеческого интеллекта является способность принимать правильные решения в обстановке неполной или нечеткой информации;
- В работе показано, что вентильный двигатель постоянного тока является элементом привода большого числа сложных систем, подлежащих автоматизации;
- Таким образом, построение моделей приближенных рассуждений человека и использование их для создания новых технологий управления сложными механическими системами с неизвестными, нестационарными параметрами и вентильным электродвигателем в качестве привода, представляет сегодня актуальную задачу науки и техники.

# Цели проводимых в работе исследований

- Разработка и исследование алгоритмов нечеткого управления объектами с неизвестными, нестационарными параметрами;
- Разработка системы автоматического управления вентиляльным электродвигателем, как центрального элемента большого числа сложных систем, подлежащих автоматизации.

# Задачи проводимых в работе исследований

1. Исследование методологии проектирования нечетких систем автоматического управления;
2. Исследование подходов к аппроксимации функций и динамических моделей с использованием систем нечетких функций и их сравнительный анализ;
3. Исследование алгоритмов основанных на нечеткой логике, для управления объектами с неопределенными параметрами, модель которых можно задать лишь качественно.
4. Исследование алгоритмов нечеткого адаптивного управления объектами с нестационарными параметрами.
5. Разработка программно-аппаратных решений необходимых для создания системы автоматического управления вентиляльным двигателем постоянного тока.

# Методология проводимых в работе исследований

- Объект исследования – система автоматического управления, основанная на положениях нечеткого логического вывода;
- Предмет исследования – процессы, протекающие в в системе нечеткого логического вывода;
- Метод исследования – моделирование, основанное на нечетком логическом выводе.

Проведенный в работе аналитический обзор позволил выявить следующие основные методы формирования блоков нечеткого логического вывода для АСУ:

- Экспертное определение;
- Автоматическая генерация по наборам экспериментальных данных;
- Лингвистический синтез по лингвистической модели ОУ;
- Использование для управления принципа обратной динамики ОУ;
- Аппроксимация нечеткой системой оптимальных законов управления, полученных традиционными методами ТАУ;
- Адаптивный подход на основе нечетких нейронных сетей.

Анализ тенденций развития теории нечеткого автоматического управления показал, что нечеткие технологии эффективнее всего использовать совместно с методами классической и современной ТАУ. Такой подход приводит к формализации процесса синтеза нечетких регуляторов и нивелированию влияния человеческого фактора разработчика.

Поскольку методом проводимых исследований является нечеткое моделирование, были рассмотрены следующие алгоритмы создания нечетких моделей по наборам входных-выходных данных:

1. Не рекурсивный метод наименьших квадратов;
2. Рекурсивный метод наименьших квадратов;
3. Градиентный алгоритм;
4. Метод создания базы знаний нечеткой модели с заданной точностью;

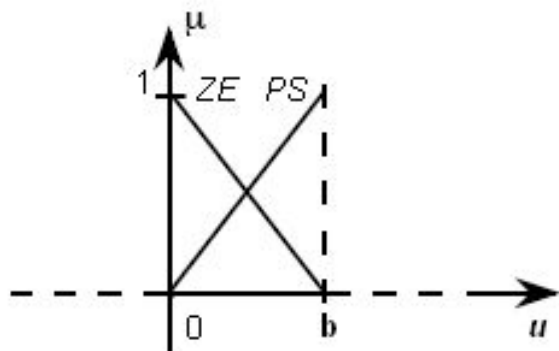
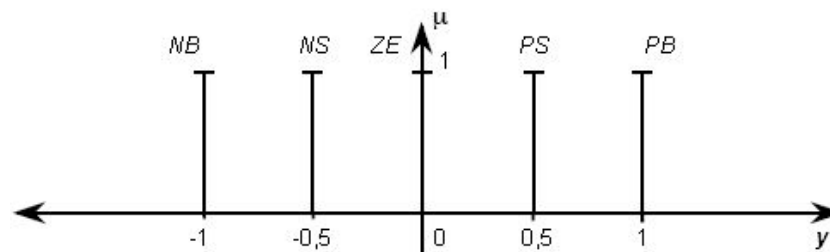
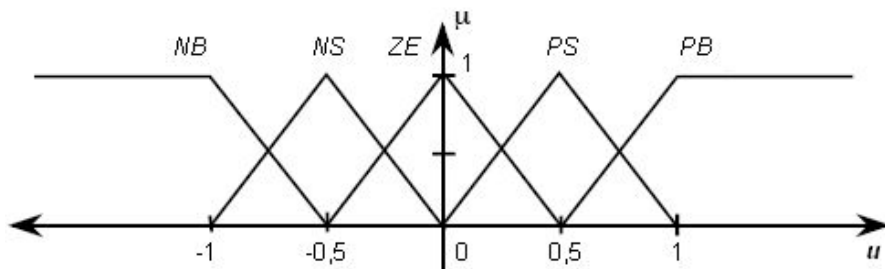
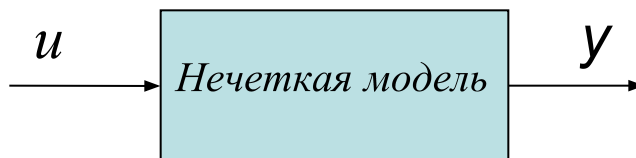
Не рекурсивный метод наименьших квадратов позволяет настраивать центры выходных функций принадлежности нечетких моделей Мамдани и Такаги-Сугено. Рекурсивный метод наименьших квадратов позволяет упростить вычислительную сложность МНК. Градиентный алгоритм позволяет настраивать не только центры выходных функций принадлежности, но также параметры входных функций принадлежности.

При использовании градиентных алгоритмов для настройки параметров нечетких моделей, в отечественных и зарубежных исследованиях не рассматривался важный вопрос гладкости целевой функции, который можно свести к вопросу гладкости передаточной функции нечеткой системы.

# Исследование параметров нечетких моделей влияющих на гладкость их передаточной функции

Структура исследуемой нечеткой системы:

$$\sum_{i=1}^m \mu_i(u) = 1$$



$$\mu_{ZE}(u) = 1 - \frac{u}{b}$$

$$\mu_{PS}(u) = \frac{u}{b}$$



# Исследование параметров нечетких моделей влияющих на гладкость их передаточной функции

- Для нечетких SISO моделей Мамдани с выходными функциями принадлежности типа синглтон, передаточная функция имеет вид:

$$y(u) = y_{ZE} + \frac{1}{b}(y_{PS} - y_{ZE})u$$

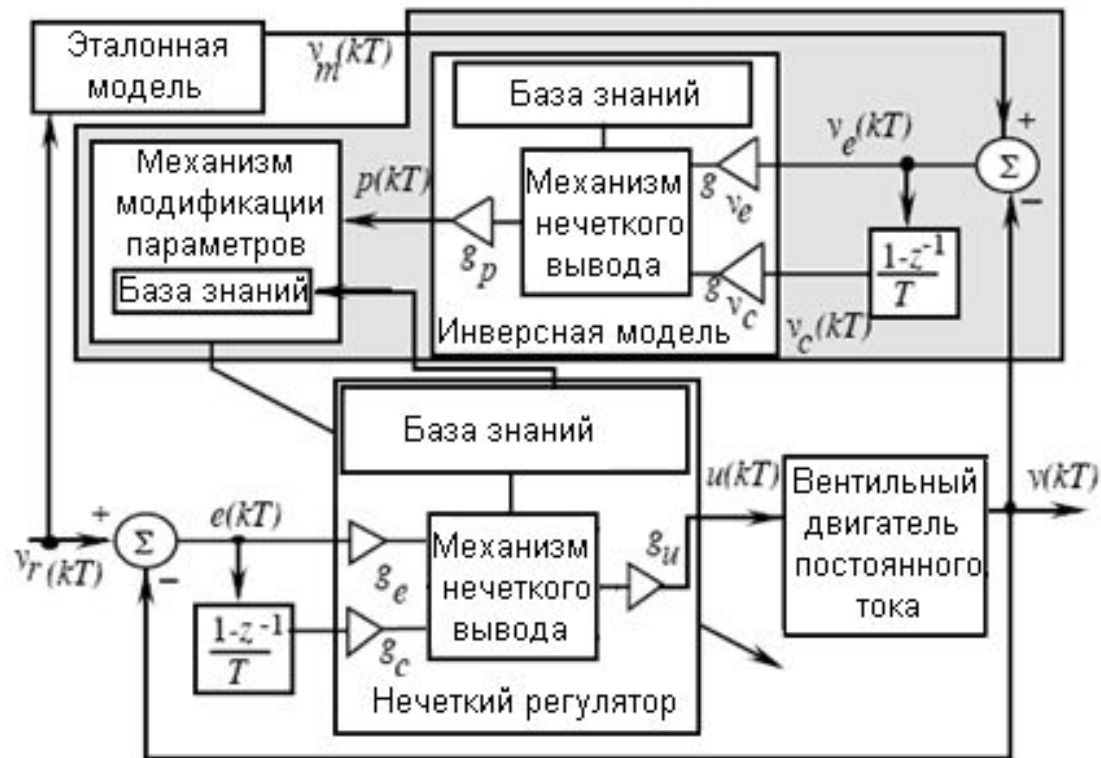
- Для нечетких SISO моделей Такаги-Сугено с линейными функциями в заключениях правил нечетких продукций, передаточная функция имеет вид:

$$f_1(u) = c_1 + d_1u \quad f_2(u) = c_2 + d_2u \quad y(u) = \frac{(d_2 - d_1)}{b}u^2 + \left(\frac{c_2 - c_1}{b} + d_1\right)u + c_1$$

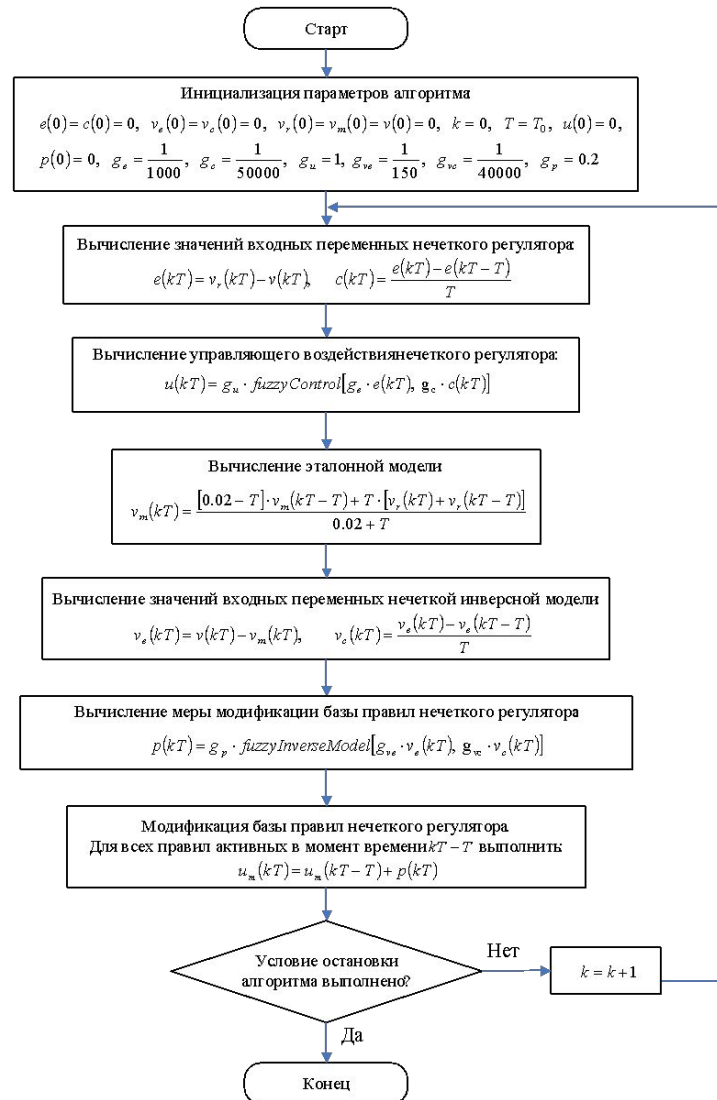
- Для нечетких SISO моделей Такаги-Сугено с нелинейными функциями в заключениях правил нечетких продукций, передаточная функция имеет вид:

$$f_1(u) = \frac{b}{2}u^2 \quad f_2(u) = \frac{b}{6}u^2 + b^2 \quad y(u) = bu + \frac{b}{2}u^2 - \frac{1}{3}u^3 \quad \left. \frac{dy(u)}{du} \right|_{u=0} = \left. \frac{dy(u)}{du} \right|_{u=b} = b$$

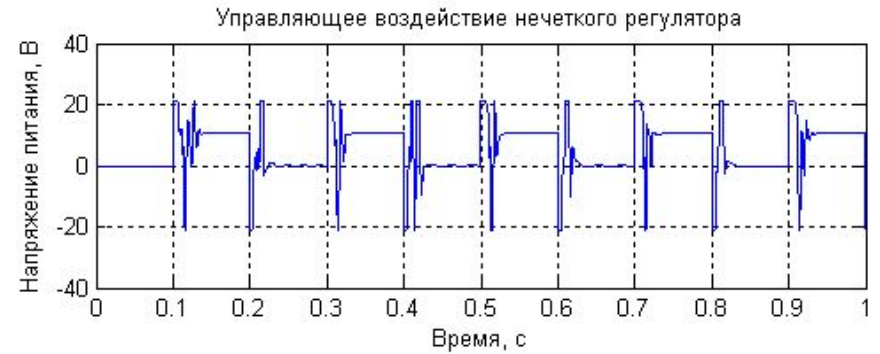
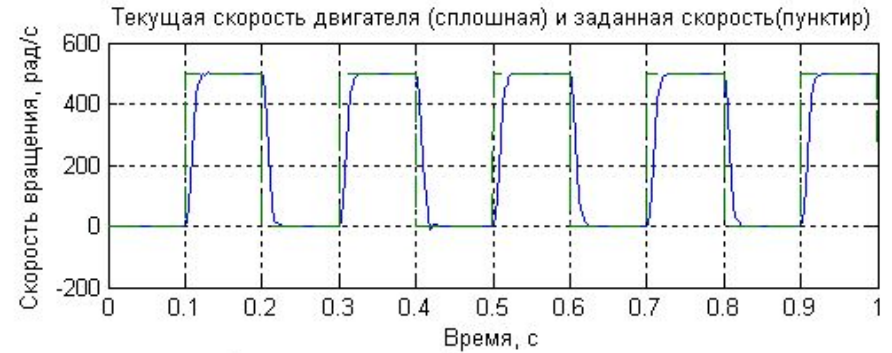
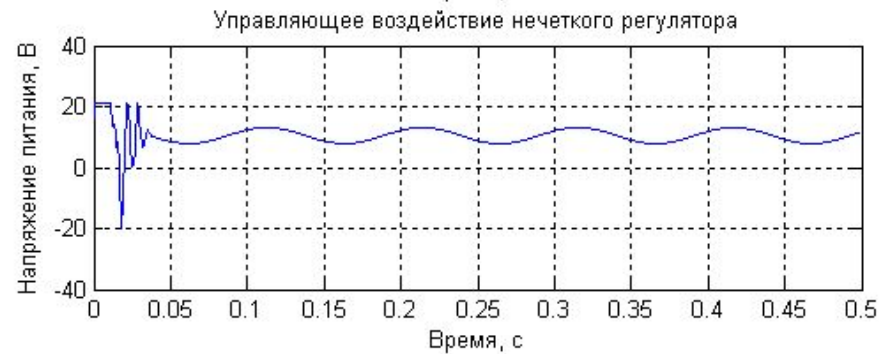
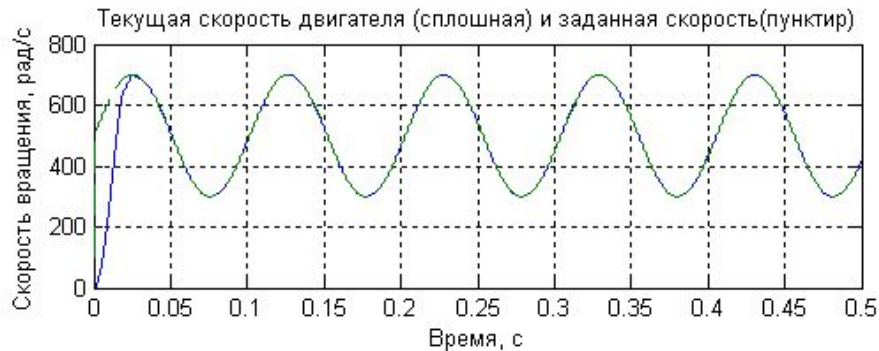
# Структура нечеткой адаптивной системы автоматического управления скоростью вентильного двигателя



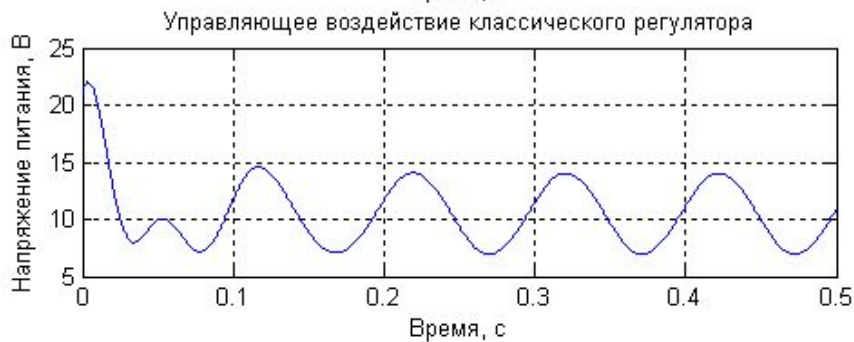
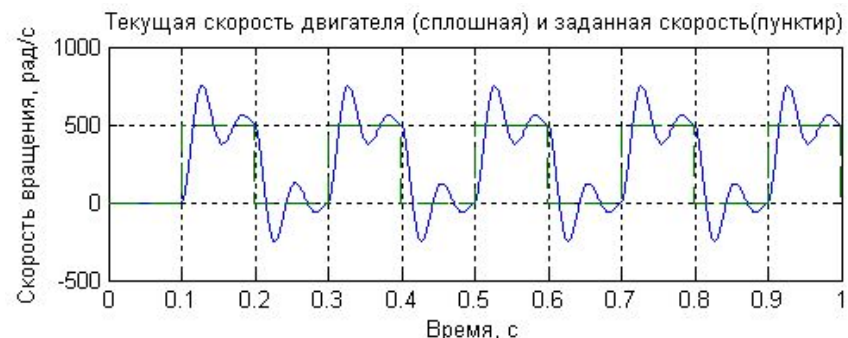
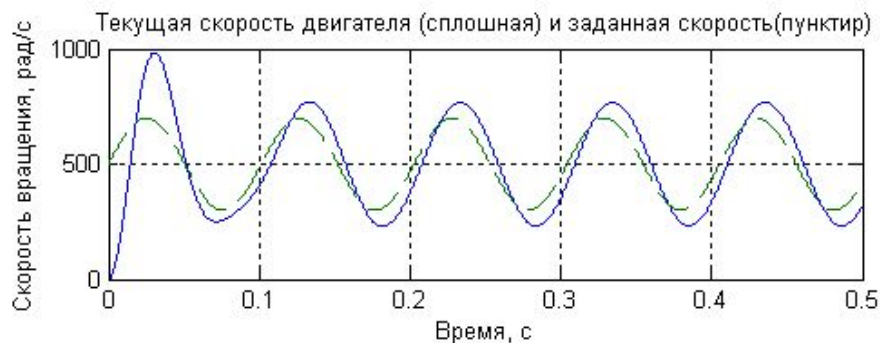
# Блок-схема нечеткого адаптивного алгоритма управления скоростью вентиляционного двигателя



# Моделирование динамики нечеткой АСУ с механизмом адаптации и эталонной моделью



# Моделирование динамики АСУ скоростью вентильного двигателя методами классической ТАУ



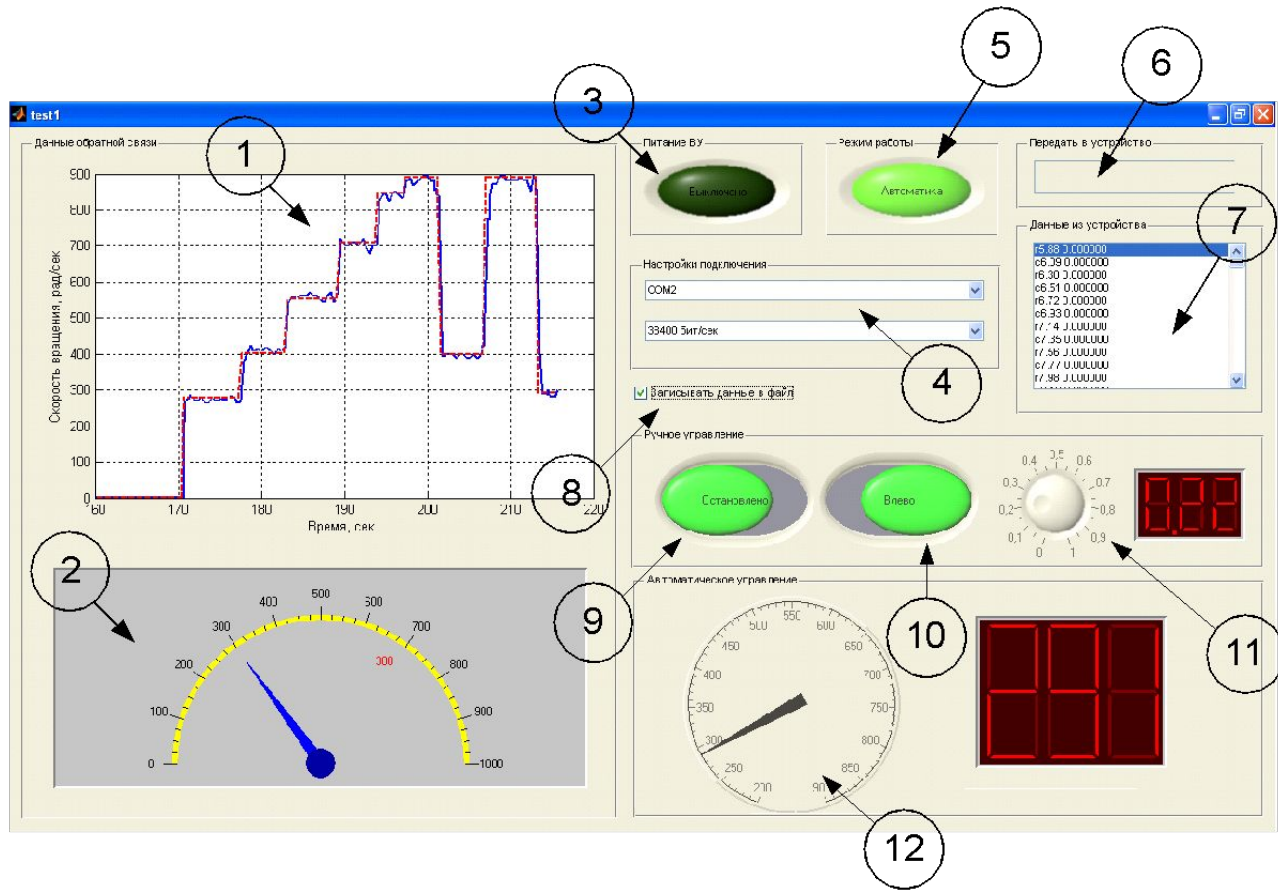
# Аппаратные решения, использованные в системе управления скоростью вентильного двигателя



# Структура программного обеспечения АСУ скоростью вентиляционного двигателя



# Внешний вид графического интерфейса SCADA системы удаленного управления вентильным двигателем





## Апробация результатов работы:

- 2-я научно-техническая конференция “Электроника-2009” (апрель 2009 г., Киев, Украина);
- XXIX международная научно-техническая конференция “Электроника и нанотехнологии” (апрель 2009 г., Киев, Украина).

## Выводы. Научная новизна проводимых в работе исследований

- Разработан метод синтеза нечетких систем с гладкой передаточной функцией. Полученные результаты можно использовать при оптимизации параметров нечетких моделей градиентными методами, требующими непрерывности первой производной целевой функции;
- Выведены аналитические зависимости для передаточных функций нечетких SISO систем Мамдани и Такаги-Сугено. Это является важным шагом к формализации процедуры синтеза нечетких регуляторов, поскольку позволяет применять к нечетким системам методы математического анализа, а также классической и современной теории автоматического управления;

# Выводы. Практическая ценность проводимых в работе исследований.

- Синтезирован нечеткий адаптивный алгоритм с эталонной моделью для управления скоростью вентиляционного двигателя. Использование эталонной модели для контроля характеристик автоматического управления позволило добиться значительного улучшения качества регулирования. При моделировании процесса функционирования синтезированного алгоритма, перерегулирование отсутствовало, а время установления заданного значения скорости не превышало 0.025 секунды. Для сравнения, перерегулирование в системе автоматического управления без эталонной модели составило 50%, а время установления – 0.04 секунды. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности созданного алгоритма;
- Разработано программное обеспечение для моделирования динамики нечеткого адаптивного регулирования с эталонной моделью, позволяющее задавать модель объекта управления в виде матриц пространства состояний. Из этого следует, что полученное программное обеспечение может быть использовано для моделирования процесса функционирования нечеткого адаптивного управления любым объектом, модель которого описывается в пространстве состояний;

# Выводы. Практическая ценность проводимых в работе исследований.

- Создан комплекс программно-аппаратных средств, для автоматического регулирования скорости вентильного двигателя. Технические возможности комплекса позволяют осуществлять удаленный мониторинг его параметров при помощи разработанной SCADA системы. Полученные результаты могут быть использованы на производстве для удаленного управления вентильным двигателем, как составной частью сложной механической системы с неизвестными либо нестационарными параметрами. Например, для управления скоростью продвижения ленточного конвейера.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**