

На правах рукописи


27.6.2018

МИН ТУ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА**

Направление 27.04.04 – «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

магистра техники и технологии

Комсомольск-на-Амуре – 2018

Короткова
Мargarита Вениаминовна

Проверено

27.06.2018 Зачтено

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена исследованию, анализу и синтезу алгоритмов управления для сложных подвижных объектов, характеризующихся наличием нелинейностей, нестационарными параметрами и высоким уровнем внешних возмущений.

Актуальность темы. в последние годы было разработано большое число методов синтеза систем автоматического управления, позволяющих осуществлять обоснованный выбор структуры и параметров системы, удовлетворяющей заранее заданным требованиям. Большинство разработанных методов предназначено для синтеза систем автоматического управления с постоянными параметрами. Однако значительная часть задач современной теории управления связано с управлением сложными объектами, параметры которых в процессе эксплуатации изменяются в широких пределах. Развитие прикладных областей, связанных с исследованием космоса и автоматизацией промышленного производства и бытовой сферы, предполагает необходимость создания различного рода систем управления, которые должны обладать высокой степенью автономности, адаптивности, надежности и качества функционирования в условиях неопределенности. При этом главными источниками проявления неопределенности в задачах управления являются следующие основные факторы:

- сложность формализованного описания объекта и задач управления;
- нестационарность параметров объекта и системы управления;
- априорная неопределенность обстановки и условий функционирования.

Целью работы является разработка и исследование алгоритмов нечетких систем управления сложными подвижными объектами в условиях действия случайных внешних возмущений, а также разработка методического и программного обеспечения процесса проектирования таких СУ.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

- Анализ существующих систем управления (СУ) сложным подвижным объектом на примере систем управления движением морского судна и методов синтеза таких СУ;
- Обоснование необходимости использования нечетких методов для решения задачи синтеза алгоритмов управления сложными динамическими объектами;
- Анализ эффективности предложенных СУ с НЛР для различных типов морских судов и уровней внешнего возмущения;
- Разработка способов коррекции нелинейности сложного объекта управления с помощью НЛР для улучшения качества управления;
- Повышение управляемости сложного динамического объекта путем введения управляемой нелинейности, реализованной посредством НЛР.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении Обосновывается актуальность работы, цель и задачи исследования; показана научная новизна диссертации, дается ее краткая характеристика и приведены основные научные результаты, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена исследованию процесса плавания морского судна как сложного подвижного объекта, подверженному

случайным внешним возмущениям. С этой целью рассмотрены действующие на морское судно факторы (силы и моменты), нормализация и линеаризация уравнений динамики в окрестных балансировочных режимов. Используются частные линейные математические модели судна в основных балансировочных режимах работы, для которых характерны малые изменения внешних воздействий и внутренних переменных (сигналов), что позволяет получить линеаризованные уравнения состояний. Представлены и обоснованы на основании литературных источников модели судовых систем управления движением (на курсе и траектории) с учетом динамики рулевого привода, а также анализ традиционных методов построения релейных законов управления реальными рулевыми системами.

Во второй главе приведено обоснование использования специальных методов описания объекта, обусловленного отсутствием точных данных о параметрах объекта и невозможность получения абсолютно адекватных уравнений движения обуславливают структурно-параметрическую неопределенность динамики морского судна, Примером параметрической неопределенности могут быть присоединенные массы и моменты инерции судна, которые заранее невозможно вычислить.

Показано, что классические системы управления рулевыми приводами, работающие на принципе отклонения выходной величины, реализованные на классических регуляторах, имеют в большей или меньшей степени следующие основные недостатки:

- низкую помехозащищенность при работе в условиях волнения на море;
- низкую чувствительность в тихую погоду, поскольку дифференциальная составляющая сигнала управления, пропорциональная скорости поворота судна, вырабатывается путем дифференцирования угла отклонения, поступающего от гирокомпаса;

– низкую эффективность ручной настройки параметров, не обеспечивающую оптимальный режим работы системы как при автоматической стабилизации судна на курсе, так и при маневрировании.

В процессе анализа морского судна как объекта управления также было выявлено наличие ряда нелинейностей в каналах управления, оказывающих негативное влияние на точность работы системы. Решение этой проблемы и компенсация такого рода нелинейностей является достаточно сложной и важной проблемой.

Одним из возможных вариантов ослабления влияния выше указанных факторов в системах управления сложными подвижными объектами является использование нечеткого подхода к построению этих систем управления.

В третьей главе выполнено сравнительное исследование в среде MatLab разработанных систем управления движением (СУД) морского судна по курсу и траектории на основе пропорционального и нечеткого логического регуляторов, а также их комбинаций при движении на курсе и траектории в реальных условиях плавания, учитывающих разные режимы, загрузку судна, ветро-волновые возмущения. В результате анализа системы управления движением судна по курсу было установлено, что наиболее заметным преимуществом нечеткого управления по сравнению с классическим регулированием становится при учете внешнего возмущения, влиянии ветра изменение параметров объекта. Качество управления СУД судна по курсу реализация законов управления с применением нечеткой коррекции регулятора лучше, чем с применением широко используемого нечеткого логического регулятора. Поэтому на практике лучше выбирать системы управления движением с применением нечеткого корректирующего регулятора, структурная схема которой представлена на рисунке 1.

При исследовании системы управления движением судна по курсу была использована математическая модель возмущенного движения рыскания судна, имеющая вид:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B\delta(t) + CW(t)$$

$$x = \begin{bmatrix} \omega_y \\ \beta \\ \varphi \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ 0 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} w \\ \theta_y \end{bmatrix},$$

где φ – значение истинного курса;

$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ – угловая скорость рыскания;

β, δ – углы дрейфа и перекладки вертикального руля;

θ_y – поперечная составляющая приведенного угла волнового склона;

w – вектор ветровых возмущений;

$a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, b_{11}, b_{21}, c_{11}, c_{12}, c_{21}, c_{22}$ – параметры модели судна;

Для решения проблем качества, в докладе рассмотрен подход построения СУДС с применением нечеткой логики. Последующий синтез СУДС и ее исследования проводились для судна, имеющего следующие измерения: объемное водоизмещение 5315 М^3 ; длина по ватерлинии 99.6 М ; ширина по ватерлинии 16 М . В качестве среды моделирования использовался инженерный Matlab. Система управления курсом судна с нечетким регулятором представлена на рисунке 1.[3]

Рассмотрим реализацию нечетких принципов управления на примере системы, представленной на рисунке 1. Для удобства проведения сравнительной оценки на рисунке приведены три варианта реализации системы управления движением судна. Первый вариант соответствует системе управления с классическим регулятором ошибки по курсу судна (верхняя часть рисунка). Второй вариант отвечает системе управления

движением судна при использовании нечеткого регулятора в цепи ошибки по курсу судна (средняя часть рисунка). Третий вариант – системе управления, в которой нечеткий регулятор включен в цепь обратной связи по углу дрейфа (нижняя часть рисунка). Во втором варианте нечеткий регулятор используется в системе в качестве традиционного регулятора и имеет 1 вход и 1 выход. Причем на вход нечеткого контроллера поступает ошибка по курсу. В третьем варианте нечеткий регулятор используется в качестве корректирующего и использует 1 вход и 2 выхода. На первый вход нечеткого контроллера поступает ошибка по курсу. Сигналы ошибок сначала поступают на блоки нечеткого логического регулятора (FLC), по средствам которых происходит управление этими сигналами координирующим регулятором.

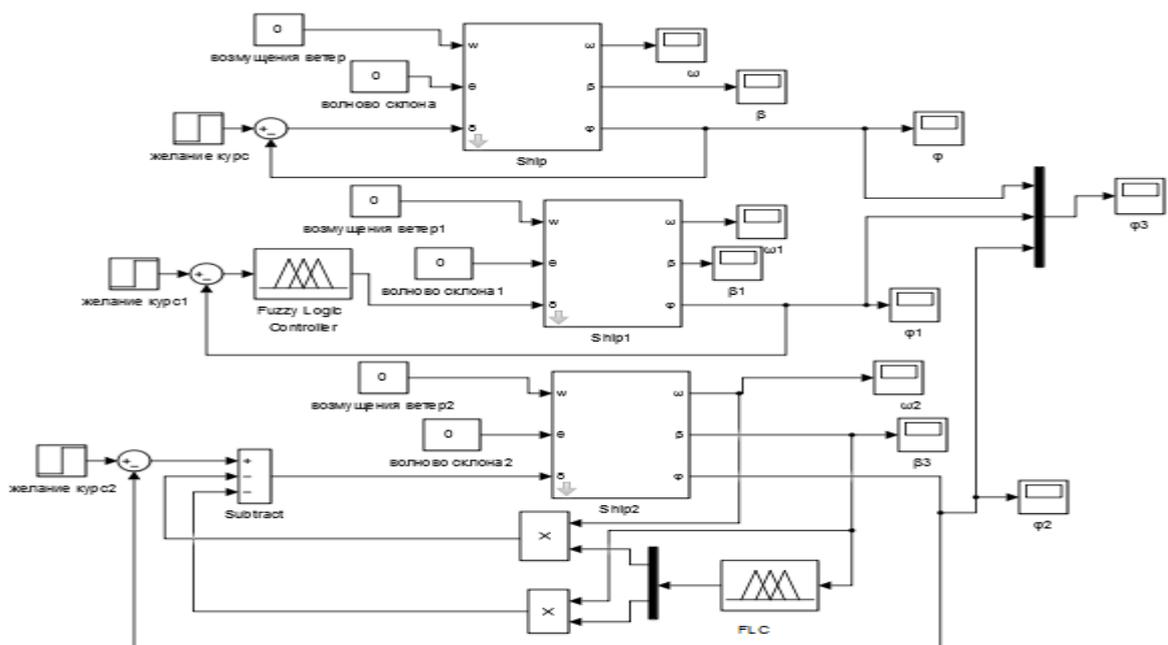


Рисунок 1 – модель судна движения управления классического регулятора и с помощью нечетким регулятором.

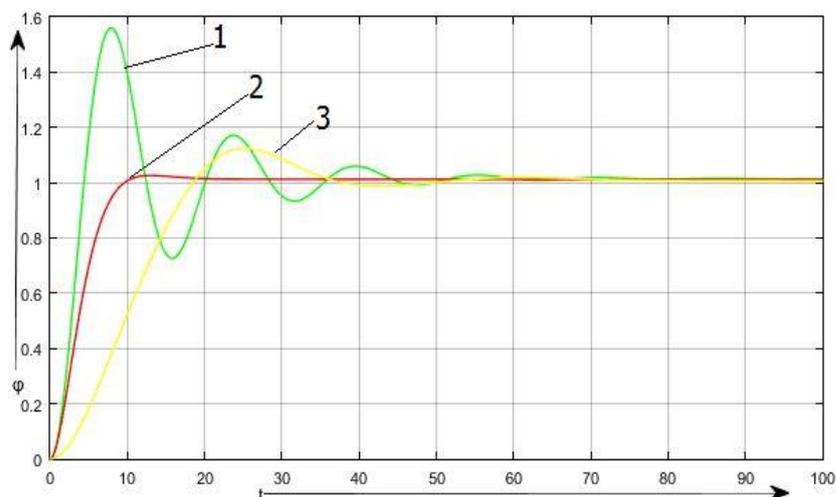


Рисунок 2– Динамические характеристики систем управления(1 – классический регулятор; 2– с нечетким логическим регулятором (один вход и два выхода); 3– с нечетким логическим регулятором (один вход и один выход)).

Реализация законов управления с применением первого нечеткого логического регулятора с алгоритмом вывода Мамдани позволила снизить перерегулирование в системе в 5 раз, по сравнению с классическими регуляторами системного управления, сохранив при этом её быстродействие. Реализация законов управления с применением второго нечеткого логического регулятора (1 вход и 2 выхода нижняя часть рисунка) с алгоритмом вывода Мамдани позволила снизить перерегулирование в системе много меньше чем, классический регулятор системного управления, сохранив при этом её быстродействие.

В соответствии основным техническим требованиям, предъявляемым к системе управления движением по курсу судна, величина перерегулирования при маневрировании должна быть не более 10% заданного курса.

Эффективность работы регуляторов оценивалась при изменении влияния внешней среды и загрузки судна с учетом аддитивного возмущения (случайный процесс со спектром типового волнения с ветром 1,2,3,4 балла) показанна на рисунке 3.

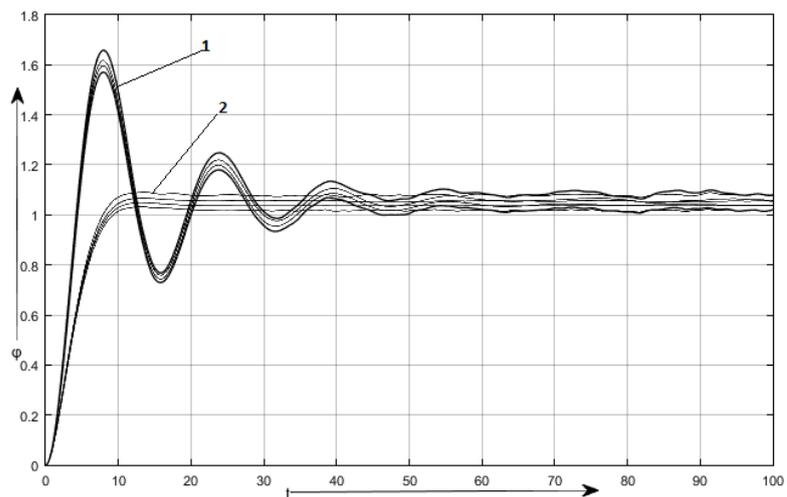


Рисунок 3 – Переходные характеристики системы при изменении условий плавания судна с грузом

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Анализ особенностей построения систем управления сложными подвижными объектами на примере систем управления движением судна по курсу и на траектории указывает о необходимости дальнейшей разработки и внедрения автоматических систем управления отдельными механизмами и сложными подвижными объектами в целом с использованием элементов вычислительного интеллекта.

В данной работе впервые осуществлена попытка комплексной интеграции нечеткого логического контроллера в систему управления движением сложного подвижного объекта для повышения качества управления. На основании выполненных в диссертационной работе исследований получены следующие результаты:

1. Обоснована целесообразность использования нечеткой логики для решения задачи синтеза алгоритмов управления сложными динамическими объектами.
2. Разработаны алгоритмы управления с применением нечетких логических регуляторов для сложных динамических объектов в условиях воздействия случайных возмущений.
3. Разработаны методическое и программное обеспечение, необходимое для решения задачи синтеза алгоритмов нечеткого управления.
4. Показана возможность использования управляемой нелинейности, реализованной посредством нечеткого регулятора, с целью линеаризации сложного динамического объекта управления.
5. Разработаны методическое и программное обеспечение, необходимое для решения задачи коррекции нелинейности объекта управления.

6. Результаты исследования показали что использование нечетких принципов коррекции позволило снизить реакцию на отработку возмущения, при этом отработка управляющих сигналов происходит практически без перерегулирования. Величины перерегулирования по сравнению с детерминированным системы управления (классическим регулятором) снижается на 30%, а быстродействия системы возрастает примерно 4 раза.

Полученные результаты могут быть применены к системам управления сложными подвижными объектами.

Основные публикации автора по теме диссертации:

1. Мин Ту, Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. Подходы к разработке математической модели судов в среде matlab. Проблемы и перспективы студенческой науки. 2017. № 2(2) – 55-57с.
2. Разработка и исследование нечеткой системы управления движением судна. (Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов , Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г./ редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред). - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГТУ", 2017. - 1292 с.)
3. Нечеткая коррекция системы управления движением судна. (Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й научно-технической конференции студентов и аспирантов , Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2018 г./ редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред). - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГТУ", 2018. - 1292 с.)