

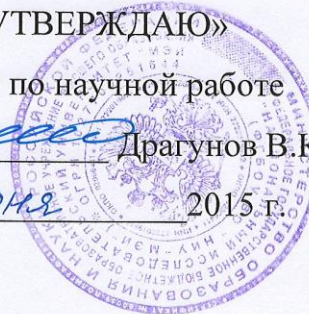
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление: 27.06.01 Управление в технических системах

Направленность (специальность): 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (приборостроение, энергетика, информатика)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины по выбору

«Системы управления подвижными объектами и манипуляторами»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,  
84 часа – самостоятельная работа,  
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 892, и паспорта специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (приборостроение, энергетика, информатика)» номенклатуры специальностей научных работников утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является формирование знаний по основным принципам построения алгоритмов управления подвижными объектами и манипуляторами для целей оптимального управления конечным положением движущегося объекта, управления колебательными объектами, системами с перекрестными связями, с отражением усилий и с упругими кинематическими связями.

**Задачами** дисциплины являются:

- изучение особенностей оптимального управления конечным положением движущегося объекта; объектов, содержащих колебательные звенья; двухсвязных объектов и управления человеко-машинными комплексами;
- формирование основных навыков, необходимых при синтезе алгоритмов терминального управления и управления колебательными объектами; при синтезе алгоритмов управления двухсвязными объектами, синтезе следящих систем с отражением усилий и с упругими кинематическими передачами для манипуляторов;
- развитие навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при синтезе алгоритмов для ряда систем управления подвижными объектами и проектировании систем управления приводами манипуляторов.

**В процессе освоения дисциплины формируются следующие компетенции:**

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций (ОПК-4);
- владение научно-предметной областью знаний (ОПК-5);
- способность применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления (ПК-5);
- способность к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-6);
- способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах (ПК-8).

### **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:**

**знать:**

- современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления (ПК-5);

**уметь:**

- профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций (ОПК-4);
- выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах (ПК-8);

**владеть:**

- навыками участия в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- научно-предметной областью знаний (ОПК-5);
- навыками организации и проведения экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-6).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### *1. Терминальное управление движущимися объектами.*

Введение. Задачи курса. Краткая характеристика разделов курса. Раздел «Терминальное управление». Программное управление при решении оптимизационной задачи управления подвижными объектами. Уравнение Эйлера для решения краевой задачи. Оптимальное программное управление разворотом ИСЗ на заданный угол. Недостатки оптимального управления по программе. Понятие об алгоритмах терминального управления для управления подвижными объектами. Типовые задачи терминального управления. Задача разгона. Алгоритмы программного и терминального управления, доказательство их идентичности в отсутствии внешних неконтролируемых возмущений, действующих на объект. Устранение особенностей в конечной точке в задаче разгона. Сравнительный пример решения задачи разгона разными алгоритмами. Алгоритмы терминального управления в задачах приведения, разомкнутого и замкнутого по времени сближения. Устранение особенностей в конечной точке для этих задач.

### *2. Навигационные системы для управления подвижными объектами.*

Основные принципы, используемые при построении автономных систем инерциальной навигации (ИНС). Акселерометр как базовый чувствительный элемент ИНС. Конструкция акселерометра с витыми пружинами и ее недостатки. Акселерометр с электрической пружиной как замкнутая САУ. Уравнения динамики, структурная схема. Использование изодромного (ПИ) регулятора в структуре электрической пружины. Основные требования к количеству и раз-

мещению акселерометров на борту движущегося объекта для обеспечения решения навигационной задачи. Гиростабилизированная платформа в трехстепенном карданном подвесе. Передаточные функции свободного гироскопа, связывающие его угловые перемещения при действии возмущающего момента вдоль оси чувствительности. Одноосный гироскопический стабилизатор с двухстепенным гироскопом. Уравнения динамики. Методы коррекции одноосного гиростабилизатора как системы автоматического управления с колебательным звеном с малым декрементом затухания.

*3. Управление объектами с перекрестными антисимметричными перекрестными связями.*

Датчик угловой скорости (ДУС), как пример системы с перекрестными антисимметричными перекрестными связями. Частотные методы исследования таких систем. Синтез корректирующих устройств в цепях обратных связей ДУС. Система стабилизации углового положения искусственного спутника Земли (ИСЗ) с использованием двигателей – маховиков (гиродинов). Уравнения динамики, структура, устойчивость, качество управления. Комбинированная система управления угловым положением ИСЗ.

*4. Ручное и программное управление манипуляторами.*

Классификация манипуляторов. Особенности построения манипуляторов для ручного управления. Оператор в контуре управления. Следящие системы с отражением усилий, их классификация и принципы построения. Устойчивость симметричных следящих систем с отражением усилий. Приводы манипулятора с упругими кинематическими связями и их влияние на динамику и точность следящих систем управляющих степенями подвижности манипулятора. Особенности построения манипуляторов при программном управлении. Прямая и обратная задача кинематики при расчете характеристических координат рабочей точки.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 7 семестр – дифференцированный зачет.

### **Вопросы для самоконтроля и проведения зачета**

1. Программное управление при решении оптимизационной задачи управления подвижными объектами.
2. Уравнение Эйлера для решения краевой задачи.
3. Оптимальное программное управление разворотом искусственного спутника Земли на заданный угол.
4. Недостатки оптимального управления по программе.
5. Понятие об алгоритмах терминального управления для управления подвижными объектами.
6. Типовые задачи терминального управления.
7. Задача разгона.
8. Алгоритмы программного и терминального управления.
9. Устранение особенностей в конечной точке в задаче разгона.
10. Сравнительный пример решения задачи разгона разными алгоритмами.
11. Алгоритмы терминального управления в задачах приведения, разомкнутого и замкнутого по времени сближения.
12. Основные принципы, используемые при построении автономных систем инерциальной навигации (ИНС).
13. Акселерометр как базовый чувствительный элемент ИНС.
14. Конструкция акселерометра с витыми пружинами и ее недостатки.
15. Акселерометр с электрической пружиной как замкнутая САУ.
16. Использование изодромного (ПИ) регулятора в структуре электрической пружины.
17. Основные требования к количеству и размещению акселерометров на борту движущегося объекта для обеспечения решения навигационной задачи.
18. Гиростабилизированная платформа в трехстепенном карданном подвесе.
19. Передаточные функции свободного гироскопа.

20. Одноосный гироскопический стабилизатор с двухстепенным гироскопом. Уравнения динамики.
21. Методы коррекции одноосного гиростабилизатора как системы автоматического управления с колебательным звеном с малым декрементом затухания.
22. Датчик угловой скорости (ДУС) как пример системы с перекрестными антисимметричными перекрестными связями.
23. Частотные методы исследования систем с перекрестными антисимметричными обратными связями.
24. Синтез корректирующих устройств в цепях обратных связей ДУС.
25. Система стабилизации углового положения искусственного спутника Земли (ИСЗ) с использованием двигателей – маховиков (гиродинов).
26. Уравнения динамики, структура, устойчивость, качество управления.
27. Комбинированная система управления угловым положением ИСЗ.
28. Классификация манипуляторов.
29. Особенности построения манипуляторов для ручного управления.
30. Оператор в контуре управления.
31. Следящие системы с отражением усилий, их классификация и принципы построения.
32. Устойчивость симметричных следящих систем с отражением усилий.
33. Приводы манипулятора с упругими кинематическими связями и их влияние на динамику и точность следящих систем.
34. Особенности построения манипуляторов при программном управлении.
35. Прямая и обратная задача кинематики при расчете характеристических координат рабочей точки.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

## **Основная литература:**

1. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств.– СПб.: Лань, 2012.
2. Бычков М. Г. Аппаратные средства систем управления движением: учебное пособие.– М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
3. Козырев Ю. Г. Применение промышленных роботов: учебное пособие для вузов.– М. : КноРус, 2011.
4. Афонин В. Л., Макушкин В.А. Интеллектуальные робототехнические системы. Курс лекций: учебное пособие для вузов.– М.: Интернет-Ун-т информ. технологий, 2005.
5. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: учебное пособие для вузов.– М.: Машиностроение, 2007.
6. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: основные типы и технические характеристики: учебное пособие для вузов.– М.: КноРус, 2015.

## **Дополнительная литература:**

7. Юревич Е.И. Основы робототехники.– СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
8. Лапшин В.В. Механика и управление движением шагающих машин.– МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.
9. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов.– М.: Наука, 2006.
10. Зацепин М. Ф., Мартыненко Ю. Г., Тиньков Д. В. Уравнения Лагранжа, Воронца, Чаплыгина в задачах динамики мобильных роботов: методическое пособие.– М.: Изд-во МЭИ, 2005.
11. Распопов В. Я. Микромеханические приборы: учебное пособие для вузов.– М.: Машиностроение, 2007.
12. Меркурьев И. В., Подалков В.В. Динамика микромеханического и волнового твердотельного гироскопов.– М. : Физматлит, 2009.