

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Декан

 Ю.Н. РЫБЖИХ

« 06 » 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Динамика управляемого полета**

по направлению подготовки

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

Направленность (профиль) подготовки :

**Промышленная и специальная робототехника**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.05.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 Г.Р. Шрагер

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-11 – Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

– ПК-2 – Способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования;

– ПК-3 – Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 3.1 Знать основы математического моделирования мехатронных и робототехнических систем.

ИПК 3.2 Уметь использовать стандартные пакеты прикладных программ для выполнения математического моделирования.

ИПК 3.3 Владеть навыками планирования, организации и проведения вычислительных экспериментов.

ИПК 2.1 Знать алгоритмические языки программирования.

ИПК 2.2 Уметь разрабатывать программное обеспечение для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования.

ИПК 2.3 Владеть методами обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также их проектирования.

ИОПК 11.1 Знать алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем.

ИОПК 11.2 Уметь разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем.

ИОПК 11.3 Иметь навыки разработки и применения алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Овладение студентами фундаментальными основами знаний теории и практики исследований в области теории управляемого полета, методами анализа траекторий наведения, качества наведения для различных методов сближения, исследования динамика наведения при различных законах управления.

– Подготовка их к решению комплекса задач, связанных с построением математических моделей и определением характеристик исследуемых систем, анализа состояния исследуемого вопроса и определения направления исследований.

### **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

### **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Седьмой семестр, зачет с оценкой

### **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Физика», «Математический анализ», «Теоретическая механика», «Информатика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Методы математической физики».

### **6. Язык реализации**

Русский

### **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 26 ч.

-практические занятия: 14 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

### **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

**Тема 1.** Методологические проблемы управления в динамике полета. Системы уравнений в управляемом полете. Продольное и боковое движение. Возмущенное движение. Отклонение возмущенного движения от невозмущенного. Линеаризация уравнений для отклонений. Управляемое движение. Связи, накладываемые системой управления на движение. Идеальные связи. Полет по программе. Наведение на цель.

**Тема 2.** Исследование траекторий наведения. Кинематическое исследование самонаведения. Методы наведения. Метод погони. Понятие перегрузки. Продольная и нормальная перегрузка. Наведение с постоянным углом упреждения. Наведение в мгновенную точку встречи. Метод параллельного сближения. Пропорциональное наведение.

**Тема 3.** Динамика самонаведения. Линеаризованные уравнения продольного движения. Понятие промаха. Кинематические и динамические соотношения. Раздел 6. Динамика наведения при различных законах управления. Динамика наведения для метода параллельного сближения. Анализ решения гипергеометрического уравнения. Флюгерное наведение. Динамика наведения с дополнительным углом упреждения.

### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:

## Темы рефератов

1. Методологические проблемы управления в динамике полета.
2. Система уравнений в управляемом полете. Продольное и боковое движение.
3. Возмущенное движение. Отклонение возмущенного движения от невозмущенного. Линеаризация уравнений для отклонений.
4. Управляемое движение. Связи, накладываемые системой управления на движение. Идеальные связи.
5. Полет по программе. Наведение на цель.
6. Исследование траекторий наведения. Кинематическое исследование самонаведения. Методы наведения.
7. Метод погони. Понятие перегрузки. Продольная и нормальная перегрузка. Наведение с постоянным углом упреждения.
8. Наведение в мгновенную точку встречи. Метод параллельного сближения.
9. Пропорциональное наведение.
10. Динамика самонаведения. Линеаризованные уравнения продольного движения.
11. Понятие промаха. Кинематические и динамические соотношения.
12. Динамика наведения при различных законах управления.
13. Динамика наведения для метода параллельного сближения.
14. Динамика наведения для метода погони.
15. Анализ решения гипергеометрического уравнения.
16. Флюгерное наведение.
17. Динамика наведения с дополнительным углом упреждения.

**Зачет в седьмом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Образцы контрольных билетов.

Билет №1.

1. Система уравнений в управляемом полете.
2. Наведение с постоянным углом упреждения.

Билет №2.

1. Продольное и боковое движение.
2. Наведение в мгновенную точку встречи.

Билет №3.

1. Возмущенное движение.
2. Метод параллельного сближения.

Билет №4.

1. Отклонение возмущенного движения от невозмущенного.
2. Пропорциональное наведение.

Билет №5.

1. Линеаризация уравнений для отклонений.
2. Динамика самонаведения. Линеаризованные уравнения продольного движения.

Билет №6.

1. Управляемое движение. Связи, накладываемые системой управления на движение.
2. Понятие промаха. Кинематические и динамические соотношения.

Билет №7.

1. Идеальные связи. Полет по программе.

2. Динамика наведения при различных законах управления.

Билет №8.

1. Наведение на цель. Исследование траекторий наведения.
2. Динамика наведения для метода параллельного сближения.

Билет №9.

1. Кинематическое исследование самонаведения. Методы наведения.
2. Флюгерное наведение.

Билет №10.

1. Метод погони. Понятие перегрузки. Продольная и нормальная перегрузка.
2. Динамика наведения с дополнительным углом упреждения.

На основе содержания курса, по каждому из разделов сформулированы вопросы, обсуждаемые в ходе работы с преподавателем. Уровень подготовки обучающегося и его оценка выявляются в результате собеседований. Самостоятельная работа студентов опирается на ряд учебных пособий. В основе итоговой оценки лежит качество освоения разделов дисциплины с учётом степени активности каждого слушателя в ходе проведения семинаров.

Зачтено	Выставляется студенту, владеющему базовыми знаниями в области основ баллистического проектирования, необходимыми для решения поставленных задач.
Не зачтено	Выставляется студенту в случае отсутствия решения поставленной задачи или решения задачи косвенными методами.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

#### Вопросы самоконтроля знаний.

1. Методологические проблемы управления в динамике полета.
2. Система уравнений в управляемом полете. Продольное и боковое движение.
3. Возмущенное движение. Отклонение возмущенного движения от невозмущенного. Линеаризация уравнений для отклонений.
4. Управляемое движение. Связи, накладываемые системой управления на движение. Идеальные связи.
5. Полет по программе. Наведение на цель.
6. Исследование траекторий наведения. Кинематическое исследование самонаведения. Методы наведения.
7. Метод погони. Понятие перегрузки. Продольная и нормальная перегрузка. Наведение с постоянным углом упреждения.
8. Наведение в мгновенную точку встречи. Метод параллельного сближения.
9. Пропорциональное наведение.
10. Динамика самонаведения. Линеаризованные уравнения продольного движения.
11. Понятие промаха. Кинематические и динамические соотношения.
12. Динамика наведения при различных законах управления.
13. Динамика наведения для метода параллельного сближения.

14. Динамика наведения для метода погони.
15. Анализ решения гипергеометрического уравнения.
16. Флюгерное наведение.
17. Динамика наведения с дополнительным углом упреждения.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Степанов В. П. Внешняя баллистика. Ч. 1,2 / В. П. Степанов; Том. гос. ун-т. – Томск: Издательство Том. ун-та, 2011. – 737 с.  
URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000408012>
2. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие / А. А. Первозванский. – Изд. 2-е, стер. – СПб. [и др.]: Лань, 2010. – 615 с. – URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=301](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=301)
3. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления: [учебное пособие] / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – СПб. [и др.] : Лань, 2010. – 218 с. – URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=538](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=538)
4. Степанов В. П. Внешняя баллистика: [сборник таблиц]. Ч. 3 / В. П. Степанов, А. М. Тимохин; Том. гос. ун-т. – Томск: Издательство Том. ун-та, 2011. – 384 с.
5. Боннар Б. Небесная механика и управление космическими летательными аппаратами / Бернар Боннар, Людовик Фобур, Эммануэль Треля; пер. с фр. О. И. Яковенко; под науч. ред. К. В. Холшевникова. - Ижевск [и др.] : Институт компьютерных исследований, 2014. - XVIII, 325 с.

б) дополнительная литература

1. Воронов А. А. Основы теории автоматического управления: Особые линейные и нелинейные системы / А. А. Воронов. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоиздат, 1981. - 302 с.
2. Попов Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления: [учебное пособие для студентов вузов] / Е. П. Попов. - 2-е изд., стер. - Москва: Наука, 1988. - 255 с.
3. Неймарк Ю. И. Динамические модели теории управления / Ю. И. Неймарк, Н. Я. Коган, В. П. Савельев. - М. : Наука, 1985. - 399 с.: ил.  
URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000159037/000159037.djvu>
4. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. -М.: Наука, 1984. -320с.
5. Кейн В.М. Оптимизация систем управления по минимаксному критерию. -М.: Наука,1985. -248с

в) ресурсы сети Интернет:

Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ. Информационные источники сети Интернет.

– Общероссийская Сеть Консультант Плюс Справочная правовая система.

<http://www.consultant.ru>

## 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –

<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозитории) ТГУ –

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

#### **15. Информация о разработчиках**

Биматов Владимир Исмагилович, док. физ.-мат. наук, доцент, зав. каф. Динамики полета.