

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан  
Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

**Игровые методы управления летательными аппаратами**

по направлению подготовки / специальности

**24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:  
**Баллистика и гидроаэродинамика**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Инженер, инженер-разработчик**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОПОП  
К.С. Рогаев

Председатель УМК  
В.А. Скрипняк

Томск – 2025

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

ПК-1 Способен проводить сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний

ПК-2 Способен проводить наблюдения и измерения, составлять их описания и формулировать выводы

БК-2 Способен использовать этические принципы в профессиональной деятельности

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-2.1 Знает основы и принципы профессиональной этики в соответствующей области профессиональной деятельности

РОБК-2.2 Умеет проектировать решение профессиональных задач с учетом принципов профессиональной этики

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерные технологии для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РОПК-1.1 Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.

РОПК-1.2 Умеет применять методы анализа научно технической информации.

РОПК-2.1 Знает цели и задачи проводимых исследований и разработок

РОПК-2.2 Умеет применять методы проведения экспериментов

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Освоить методы теории игр и теории дифференциальных игр;
- Научиться определять разновидности постановки игровых задач управления, критерии оптимальности;
- Освоить аналитические и численные методов анализа математических моделей беспилотных

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

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

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**

Девятый семестр, зачет

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

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

При изучении дисциплины предъявляются следующие требования:

Обучающийся должен знать:

- теорию вероятностей и математической статистики;
- теорию управляемого полета;
- методы анализа траекторий наведения;
- определением характеристик исследуемых систем;
- основы оптимального управления.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Элементы теории игр.

1.1. Постановка игровых задач управления. 1.2. Матричные игры. 1.3. Решение матричной игры в смешанных стратегиях. 1.4. Бескоалиционные игры. 1.5. Коалиционные игры. Классические кооперативные игры. 1.6. Кооперативные игры.

(Решение матричных игр в чистых и смешанных стратегиях. Кооперативные игры. Вычисление  $S$ -ядра и вектора Шепли. Арбитражная схема Нэша.)

Тема 2. Постановка задач управления движением беспилотных летательных аппаратов в виде дифференциальных игр.

2.1. Постановка антагонистической дифференциальной игры. 2.2. Классификация дифференциальных игр.

Тема 3. Методы синтеза управления беспилотного летательного аппарата в игровой постановке на основе динамического программирования.

3.1. Основное уравнение дифференциальной игры. 3.2. Метод характеристик. 3.3. Численные методы решения уравнения Беллмана. 3.4. Численные методы решения уравнения Беллмана-Айзекса.

(Стабилизация углового положения летательного аппарата при наличии возмущений на основе метода характеристик. Численное решение уравнения Беллмана. Пример численного решения задачи оптимального управления. Численное решение уравнения Беллмана-Айзекса. Оптимальное управление угловым движением летательного аппарата при наличии возмущений.)

Тема 4. Синтез оптимального управления на основе решения вспомогательных задач программного управления.

4.1. Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина.

(Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель. Первый прямой метод Л.С. Понтрягина для решения конфликтной задачи сближения.)

Тема 5. Методы синтеза управления на основе анализа областей достижимости. 5.1. Метод экстремального прицеливания Н.Н. Красовского. 5.2. Приближенное решение конфликтной задачи сближения-уклонения.

(Расчет области достижимости летательного аппарата с аэродинамическим управлением. Синтез следящей системы при действии возмущений. Оптимальное преследование цели в гравитационном поле. Оптимальное управление линейной системой при наличии возмущений на основе метода экстремального прицеливания.)

Тема 6. Методы, основанные на расчете стабильных мостов сближения.

6.1. Управление с поводырем. 6.2. Методы расчета стабильных мостов сближения (Синтез оптимального управления линейной системой при наличии возмущений на основе метода управления с поводырем.)

Тема 7. Информационная игровая задача сближения-уклонения.

7.1. Постановка задачи. Метод решения. 7.2. Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата. 7.3. Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели.

(Область достижимости летательного аппарата с учетом ошибок измерений.)

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и проведением тестов, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

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

Зачет в девятом семестре проводится в письменной форме. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=37291>

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

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. А.Г. Кремлёв. Теория игр: основные понятия. Москва: Юрайт, 2022

2. А.С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2012

3. О.А. Толпегин Методы решения прикладных задач управления в игровой постановке. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007

4. О.А. Толпегин Методы решения прикладных задач управления в игровой постановке СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007
5. О. А. Толпегин Методы оптимального управления М.: Юрайт, 2021
6. О.А. Толпегин Методы решения дифференциальных игр на ЭВМ. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997
7. О.А. Толпегин Прикладные методы оптимального управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004
8. О.А. Толпегин Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, 2013
9. О.А. Толпегин Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013

б) дополнительная литература:

1. О.А. Толпегин Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009
2. О.А. Толпегин Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009

в) ресурсы сети Интернет:

- Общероссийская Сеть КонсультантПлюс 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 OneNote, 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 (репозиторий) 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 практического 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. Компьютерная техника должна быть с предустановленным Matlab 2015a SP1.

## **15. Информация о разработчиках**

Рогаев Константин Сергеевич, к.ф.-м.н., кафедра баллистики и гидроаэродинамики,  
доцент