

ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 4/1/2023

от 25.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и
информатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
6	3	108	15	15	30	12	0	Э
Итого	3	108	15	15	30	15	0	

АННОТАЦИЯ

Цель курса – введение в проблематику и изучение подходов, используемых при описании движения динамических объектов, таких например, как летательные аппараты. Рассматриваются модель атмосферы, поверхности, гравитационного поля Земли. Изучаются принципы реактивного движения тела переменной массы. Рассматриваются системы координат, используемые при описании движения летательных аппаратов. Выводятся уравнения пространственного движения как материальной точки, уравнения вращательного движения, уравнения движения в энергетической форме. Рассматриваются способы описания сил, действующих на летательный аппарат. Теоретические знания закрепляются в рамках лабораторных работ на компьютере.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является освоение подходов к формированию математических моделей сложных технических систем на примере математического описания подвижных объектов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания общей физики и теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 [1] – Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	3-ОПК-2 [1] – знать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач В-ОПК-2 [1] – владеть навыками реализации математических алгоритмов для решения прикладных задач с использованием существующих систем программирования У-ОПК-2 [1] – уметь использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач
ОПК-3 [1] – Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	У-ОПК-3 [1] – уметь формулировать математические модели различных явлений и процессов на основе физических принципов и законов В-ОПК-3 [1] – владеть навыками построения математических моделей физических явлений и процессов

	3-ОПК-3 [1] – знать принципы построения математических моделей физических явлений и процессов
УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	3-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 [1] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/15	к.р-8 (15), ЛР -8 (10)	25	КИ-8	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2,

							3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
2	Часть 2	9-15	7/7/15	к.р-15 (15),ЛР -15 (10)	25	КИ-15	3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/15/30		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э	В- ОПК- 3, 3- УКЕ- 1,

							У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, У- ОПК- 3, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 3
--	--	--	--	--	--	--	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЛР	Лабораторная работа
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	15	30
1-8	Часть 1	8	8	15
1 - 4	Модели среды. Реактивное движение Модель атмосферы Земли. Строение атмосферы Изменение температуры и давления с высотой. Скорость звука и число Маха. Особенность сверхзвукового движения. Эффект болида. Классификация летательных аппаратов по скорости. Форма Земли. Земной эллипсоид. Модель силы тяжести. Реактивное движение Принцип реактивного движения. Описание движения тела переменной массы. Уравнение Мещерского. Формула	Всего аудиторных часов		
		4	4	7
		Онлайн		
		0	0	0

	Циолковского. Удельный импульс. Аэродинамические и гравитационные потери. Многоступенчатые ракеты.			
5 - 8	Системы координат и уравнения движения. Системы координат, используемые при описании движения. Геодезическая и геоцентрическая системы координат. Инерциальная система координат. Нормальная земная система координат. Связанная, полусвязанная, скоростная, траекторная системы координат. Углы, задающие взаимное положение систем координат. Переход к другой системе координат. Матрица направляющих косинусов. Построение матрицы перехода. Запись уравнений движения в неинерциальной системе координат. Уравнения движения в связанной системе координат. Уравнения движения в траекторной и скоростной системах координат. Уравнения вращательного движения относительно центра масс и их упрощение. Кинематические уравнения Эйлера. Учет ветра. Перегрузка. Уравнения движения в перегрузках. Связь перегрузок и параметров траектории. Уравнения движения в вертикальной плоскости. Движение в горизонтальной плоскости.	Всего аудиторных часов		
		4	4	8
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	7	7	15
9 - 12	Уравнения движения в энергетической форме. Перегрузка. Проекция перегрузок на оси систем координат. Уравнения движения центра масс ЛА в перегрузках. Уравнения движения в вертикальной и горизонтальной плоскостях в перегрузках. Связь между перегрузками и параметрами траектории. Энергетическая высота. Изоэнергетическая траектория. Уравнения набора высоты в энергетической форме. Неустановившееся снижение. Профиль полёта и его оптимизация.	Всего аудиторных часов		
		4	4	8
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	Аэродинамические силы и коэффициенты. Аэродинамическое качество. Поляра. Метод Жуковского . Влияние внешних факторов на кривые Жуковского. Характерные скорости движения ЛА и их графическое определение. Построение области располагаемых высот и скоростей установившегося полёта. Первые и вторые режимы полёта. Статический потолок. Набор высоты и снижение. Уравнение баланса сил при наборе высоты и снижении. Формула Бреге. Дальность полета винтового самолёта. Диаграмма нагрузка-дальность полёта. Локсодромия. Ортодромия. Расчет дистанции воздушного участка взлёта. Расчет дистанции воздушного участка посадки и кривизны траектории.	Всего аудиторных часов		
		3	3	7
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал

ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 8	Лабораторная работа 1 Моделирование выведения ИСЗ на орбиту
9 - 15	Лабораторная работа 2 Аэродинамические коэффициенты. Метод тяг.

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 4	Модели среды Расчет параметров атмосферы и гравитации на заданной высоте
5 - 8	Реактивное движение Расчет характеристической скорости
9 - 12	Системы координат и уравнения движения. Вычисление матриц перехода между различными подвижными системами координат
13 - 15	Аэродинамические силы и коэффициенты. Характерные скорости движения ЛА и их графическое определение.

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
	Укажите название пункта Введите здесь подробное описание пункта

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс базируется на сочетании и совмещении теоретической и практической подготовки студентов в рамках единых занятий. В начале занятий в форме лекции даются теоретические основы и описываются методы решения задачи, а затем в форме семинара проводится закрепление пройденного материала посредством решения задач, оценки различных вариантов решений, а также совместного обсуждения изученных приемов.

В рамках данного курса проводится серия лабораторных работ, состоящая в выполнении ряда заданий по ходу изучения дисциплины в компьютерных классах кафедры, оборудованных вычислительной техникой с последующей защитой лабораторных работ.

Теоретический материал курса представлен в виде текста лекций.

Практические задания и темы лабораторных работ разработаны для закрепления теоретического материала.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-15, к.р-8, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15
	В-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, ЛР-15
	У-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-15, к.р-8, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15
ОПК-3	У-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-15, к.р-8, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15
	В-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-15, к.р-8, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15
	З-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-15, к.р-8, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15, к.р-8, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15
	У-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15
	В-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, к.р-15, ЛР-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно,

			четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 82 Динамика полета. Расчет летно-технических и пилотажных характеристик самолета : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ 3-53 Пилотирование самолета и ориентация в пространстве : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 629 И20 Баллистика и навигация космических аппаратов : учебник для вузов, Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко, Москва: Дрофа, 2004
2. 629 С41 Баллистика и наведение летательных аппаратов : , С. С. Кутателадзе, А. И. Леонтьев, Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. СИНУС (К-312, К-315)

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В курсе изучаются математические модели движения летательных аппаратов. Поиск литературы для самостоятельно изучения вопроса следует осуществлять по ключевым словам «Динамика полёта».

Лабораторный практикум может быть выполнен с использованием программы Синус. В первой лабораторной работе моделирование этапов работы многоступенчатой ракеты-носителя может быть выполнено либо методом припасовывания, либо с использованием встроенной функции «диапазон». Старт осуществляется вертикально, однако для уменьшения гравитационных потерь можно изменять угол наклона траектории, что является предметом исследования в данной работе. Вывод ИСЗ считается успешным, если сформирована горизонтальная траектория на заданной высоте с первой космической скоростью.

При выполнении второй работы также может быть использована программа Синус при реализации упрощенного метода тяг, однако при реализации итерационного метода с учетом угла атаки удобнее разработать собственную программу. Кривые, вычисленные с использованием самостоятельно разработанной программы, можно отображать с использованием программы Синус.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Теоретическая часть курса основана на относительно небольшом числе уравнений, физических моделей и методик, на основе которых делается ряд выводов. Учитывая, что эти производные факты могут быть получены за относительно небольшое время, изучение этих вопросов рекомендуется перенести на семинары, где под руководством преподавателя их должны получить сами студенты. Это может быть сделано либо у доски одним из студентов, либо в рамках коллективной работы на семинаре. К таким вопросам относятся:

Вычисление матриц перехода от одной конкретной системы координат к другой.

Вывод уравнений движения в различных системах координат.

Вывод уравнений движения в перегрузках.

Вычисление характерных скоростей и аэродинамических коэффициентов по кривым Жуковского в методе тяг для установившегося режима полёта.

Влияние внешних факторов полёта на кривые потребных и располагаемых тяг.

Вычисление максимальной дальности и вывод формулы Бреге.

Полученные на семинарах результаты должны быть представлены как теоретические (следствие фундаментальных принципов описания движения) и включены в экзамен.

Лабораторный практикум может быть выполнен с использованием программы Синус. В первой лабораторной работе моделирование этапов работы многоступенчатой ракеты-носителя может быть выполнено либо методом припасовывания, либо с использованием встроенной функции «диапазон». Старт осуществляется вертикально, однако для уменьшения гравитационных потерь можно изменять угол наклона траектории, что является предметом исследования в данной работе. Вывод ИСЗ считается успешным, если сформирована горизонтальная траектория на заданной высоте с первой космической скоростью.

При выполнении второй работы также может быть использована программа Синус при реализации упрощенного метода тяг, однако при реализации итерационного метода с учетом угла атаки удобнее разработать собственную программу. Кривые, вычисленные с использованием самостоятельно разработанной программы, можно отображать с использованием программы Синус.

Автор(ы):

Ктитров Сергей Викторович, к.т.н., доцент