

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФИО: Макуев Валентин Анатольевич

Мытищинский филиал

Должность: Заместитель директора по учебной работе

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

Дата подписания: 05.06.2024 17:50:12

Уникальный программный ключ:

образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

a0887579b7e63594c87851bc1bb030c7c4482fa1

(национальный исследовательский университет)»

(МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)



Заместитель директора

по учебной работе

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Макуев В.А.

«19» мая 2023 г.

Факультет К «Космический факультет»

Кафедра К1 «Системы автоматического управления»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

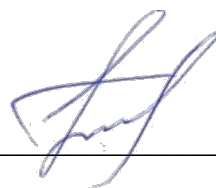
Баллистика и навигация космических аппаратов

Автор программы:

Кудрявцев С.И., профессор (д.н.), доктор технических наук, kudryavtsevsi@bmstu.ru

Утверждена на заседании кафедры «Системы автоматического управления»
Протокол № 10 заседания кафедры «К1» от 05.04.2023 г.

Начальник Отдела образовательных программ
Шевлякова А.А



Рабочая программа одобрена на 2024/2025 учебный год.
Протокол № 10 заседания кафедры «К1» от 10.04.2024 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	с.
1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	7
3. Объем дисциплины	8
4. Содержание дисциплины, структурированное по модулям учебной дисциплины с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий	9
5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	17
6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации студентов по дисциплине.....	18
7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины	19
8. Перечень ресурсов сети интернет, рекомендуемых для самостоятельной работы при освоении дисциплины.....	20
9. Методические указания для студентов по освоению дисциплины.....	21
10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных	23
11. Описание материально-технической базы, необходимой для изучения дисциплины..	24

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Настоящая рабочая программа дисциплины устанавливает требования к знаниям и умениям студента, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- Самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом (СУОС 3++) по специальности (уровень специалитета): 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами»;
- Основной профессиональной образовательной программой по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами»;
- Учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами».

При освоении дисциплины планируется формирование компетенций, предусмотренных ОПОП на основе СУОС 3++ по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» (уровень специалитета)

Код компетенции по СУОС 3++	Формулировка компетенции
	Общепрофессиональные компетенции собственные
ОПКС-7 (24.05.06)	Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения
ОПКС-8 (24.05.06)	Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"

Для категорий «знать, уметь, владеть» планируется достижение результатов обучения (РО), вносящих на соответствующих уровнях вклад в формирование компетенций, предусмотренных основной профессиональной образовательной программой (табл. 1).

Таблица 1. Индикаторы достижения компетенции

1 Компетенция: код по СУОС 3++, формулировка	2 Индикаторы	3 Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
<p>ОПКС-7 (24.05.06) Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения</p>	<p>ЗНАТЬ - основы системного подхода анализа работы систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением - математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения УМЕТЬ - на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением - создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения ВЛАДЕТЬ - основами системного подхода анализа работы систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением - математическим моделированием, позволяющим прогнозировать тенденцию развития и тактику его применения</p>	<p>Формы обучения: Фронтальная и групповая формы. Методы обучения: Словесный метод обучения (Лекции) Методы практической работы (Семинары) Наблюдение и Исследовательский метод (Лабораторные работы) Метод проблемного обучения(Самостоятельная работа) (в том числе выполнение курсового проекта) Активные и интерактивные методы обучения: обсуждение практических примеров на лекциях и семинарах</p>
<p>ОПКС-8 (24.05.06) Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными</p>	<p>ЗНАТЬ - принципы динамических расчетов систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный</p>	<p>Формы обучения: Фронтальная и групповая формы. Методы обучения: Словесный метод обучения (Лекции) Методы практической работы (Семинары)</p>

1	2	3
<p>аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"</p>	<p>объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"</p> <p>УМЕТЬ</p> <p>- проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"</p> <p>ВЛАДЕТЬ</p> <p>- принципами динамических расчетов систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"</p>	<p>Наблюдение и Исследовательский метод (Лабораторные работы)</p> <p>Метод проблемного обучения(Самостоятельная работа)</p> <p>(в том числе выполнение курсового проекта)</p> <p>Активные и интерактивные методы обучения: обсуждение практических примеров на лекциях и семинарах</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы специалитета по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами».

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин учебного плана:

- Методы оптимизации;
- Основы теории пилотажно-навигационных систем;
- Теория автоматического управления;
- Технические средства навигации и управление движением;
- Специальные главы теории автоматического управления.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин образовательной программы:

- Системы управления летательными аппаратами;
- Энергетические установки космических аппаратов;
- Эксплуатационная практика.

Освоение учебной дисциплины связано с формированием компетенций с учетом матрицы компетенций ОПОП для специальности (уровень специалитета): 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общий объем дисциплины составляет 12 зачетных единиц (з.е.), 432 академических часа (324 астрономических часа). В том числе: 1 семестр – 5 з.е. (180 ак.ч.), 2 семестр – 7 з.е. (252 ак.ч.).

Таблица 2. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в академических часах)

Виды учебной работы	Объем по семестрам, акад. ч.		
	Всего	Количество семестров освоения дисциплины	
		1	2
Объем дисциплины	432	180	252
Аудиторная работа*	198	108	90
Лекции (Л)	90	54	36
Семинары (С)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	72	36	36
Самостоятельная работа (СР)	234	72	162
Проработка учебного материала лекций	11.25	6.75	4.5
Подготовка к семинарам	4.5	2.25	2.25
Подготовка к лабораторным работам	36	18	18
Выполнение домашнего задания	9	9	0
Выполнение расчетно-графической работы	24	24	0
Выполнение курсового проекта	54	0	54
Подготовка к экзамену	30	0	30
Подготовка к контрольной работе	3	0	3
Подготовка к рубежному контролю	3	0	3
Другие виды самостоятельной работы	59.25	12	47.25
Вид промежуточной аттестации		Зачёт	Экзамен ДЗчт

*в том числе, в форме практической подготовки

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО МОДУЛЯМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 3. Содержание дисциплины

№ п/п	Тема (название) модуля	Виды занятий*, часы				Компетенции, закрепленные за темой (код по СУОС 3++)	Текущий контроль результатов обучения		
		Л	С	ЛР	СР		Срок (неделя)	Формы	Баллы (мин/макс)
1 семестр									
1	Динамика полета. Основные понятия и определения. Общая постановка задачи. Условия космического полета. Невозмущенное движение. Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения. Возмущенное движение.	18	6	12	24	ОПКС-7, ОПКС-8	6	Домашнее задание	9/15
								Лабораторные работы	9/15
								ИТОГО:	18/30
2	Системы координат. Уравнения движения. Модели действующих сил. Определение орбиты по внешнетраекторным измерениям. Спутниковая навигация.	20	6	12	24	ОПКС-7, ОПКС-8	12	Расчетно-графическая работа	9/15
								Лабораторные работы	9/15
								ИТОГО:	18/30
3	Некоторые вопросы прогнозирования движения КА. Особенности выведения КА на орбиту. Виды и общая характеристика маневров орбитального перехода. Методы наведения КА. Корректирующие маневры. Маневры сближения и встреча КА на орбите. Маневры увода КА от орбитальной станции.	16	6	12	24	ОПКС-7, ОПКС-8	18	Расчетно-графическая работа	15/25
								Лабораторные работы	9/15
								ИТОГО:	24/40
	ИТОГО за семестр	54	18	36	72	-	-	-	60/100
2 семестр									

4	Проблема «космического мусора». Аэродинамика и гидрогазодинамика. Спуск КА с орбиты искусственного спутника Земли. Особенности спуска на поверхность Земли с лунных и межпланетных траекторий возвращения. Межпланетные перелеты. Особенности спуска КА в атмосферах планет.	18	10	20	39	ОПКС-7, ОПКС-8	9	Контрольная работа	3/5
								Лабораторные работы	15/25
								ИТОГО:	18/30
5	Особенности спуска КА на поверхность небесных тел, не имеющих атмосферы. Баллистическое проектирование. Структура общего контура управления полетом КА. Баллистико-навигационное обеспечение управления полётом КА.	18	8	16	39	ОПКС-7, ОПКС-8	18	Рубежный контроль	12/20
								Лабораторные работы	12/20
								ИТОГО:	24/40
6	Курсовой проект	-	-	-	54	-	-	-	60/100
7	Экзамен	-	-	-	30	-	-	-	18/30
	ИТОГО за семестр	36	18	36	162	-	-	-	60/100

*в том числе, в форме практической подготовки

Содержание дисциплины, структурированное по темам (модулям)

№, п/п	Наименование модуля, содержание	Часы
1	Динамика полета. Основные понятия и определения. Общая постановка задачи. Условия космического полета. Невозмущенное движение. Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения. Возмущенное движение.	
	Лекции	18
1.1	История развития авиации, ракетной техники и космонавтики. Типы летательных аппаратов. Аэродинамические схемы, органы управления. Системы управления полетом.	2
1.2	Автоматические и автоматизированные системы. Основные задачи теории полета. Математическая постановка задачи. Баллистическое проектирование. Баллистико-навигационное обеспечение полёта.	2
1.3	Вселенная, Солнечная система, Солнце, Земля и околоземное пространство. Планеты земной группы. Большие планеты. Спутники планет, астероиды и кометы. Метеоры и метеориты. Межпланетная среда.	2
1.4	Общее понятие о теории невозмущенного движения. Интегралы площадей. Интеграл живых сил (интеграл энергии). Интегралы Лапласа. Шестой интеграл уравнений невозмущенного движения. Определение произвольных постоянных. Переход к орбитальным координатам.	2
1.5	Кеплеровы элементы невозмущенного движения. Общие свойства невозмущенного движения. Эллиптическое движение. Круговые орбиты. Некоторые практические задачи. Параболические орбиты. Гиперболические орбиты.	2
1.6	Определение орбиты по положению и скорости ЛА в начальный момент. Определение орбиты по двум фиксированным положениям и фокальному параметру. Метод Гаусса для нахождения фокального параметра орбиты. Нахождение элементов орбиты по двум фиксированным положениям аппарата.	2
1.7	Определение орбиты по двум фиксированным положениям методом Ламберта-Эйлера. Выбор метода определения орбиты по двум фиксированным положениям.	2
1.8	Общая характеристика возмущений и методов их анализа в задаче n тел. Ограниченная задача трех тел и ее прикладные аспекты. Точки либрации. Гравитационные сферы. Метод оскулирующих элементов. Система дифференциальных уравнений движения в оскулирующих элементах.	2
1.9	Влияние начальных возмущений на движение ИСЗ по круговой орбите. Зависимости для оценки изменений оскулирующих элементов. Характеристика возмущений, действующих на ИСЗ. Возмущения, вызванные притяжением Солнца и Луны. Возмущения, вызываемые давлением солнечного света. Время существования ЛА на орбите ИСЗ.	2
	Семинары	6
С1.1	Организация управления полётом. Задачи на расчёт элементов орбиты.	2
С1.2	Основные силы и моменты, действующие на КА. Задачи на удельную тягу.	2
С1.3	Задача n тел. Гравитационные сферы.	2
	Лабораторные работы	12
ЛР1.1	Исследование невозмущенного движения	4
ЛР1.2	Исследование возмущенного движения	4

ЛР1.3	Исследование моделей гравитационного поля Земли и небесных тел.	4
	Самостоятельная работа	24
СР1.1	Проработка учебного материала лекций	2.25
СР1.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР1.3	Подготовка к лабораторным работам	6
СР1.4	Выполнение домашнего задания	9
СР1.5	Другие виды самостоятельной работы	6
2	Системы координат. Уравнения движения. Модели действующих сил. Определение орбиты по внешнетраекторным измерениям. Спутниковая навигация.	
	Лекции	20
2.1	Инерциальные и неинерциальные системы координат. Фундаментальная СК J2000, Гринвичская СК, орбитальная, скоростная, связанная, стартовая, топоцентрическая, приборная СК. Методы преобразования систем координат.	2
2.2	Уравнения движения центра масс. Уравнения движения вокруг центра масс. Модели гравитационных полей. Модели атмосфер.	2
2.3	Модели вариаций параметров атмосфер. Аэродинамические силы и моменты. Модели двигательных установок. Световое давление.	2
2.4	Общая постановка задачи. Вопросы технической реализуемости измерений положения ЛА различными средствами. Схемы измерений. Ошибки измерений. Метод определения орбиты по измерениям наклонной дальности и скорости изменения дальности.	2
2.5	Характеристика методов решения навигационных задач. Метод наименьших квадратов и его использование при обработке результатов измерений. Метод максимального правдоподобия.	2
2.6	Основные положения методов определения параметров движения ЛА по выборке измерений нарастающего объема. Определение орбиты с использованием оптических измерений.	2
2.7	Прогнозирование движения ИСЗ методом численного интегрирования. Аналитические методы прогнозирования движения ИСЗ. Прогнозирование движения межпланетных ЛА.	2
2.8	Исходные предпосылки, основные допущения, определения, принципы классификации. Системы наведения ЛА. Характеристика основных методов и систем наведения.	2
2.9	Телеуправление (командное наведение, лучевое). Самонаведение (активные, пассивные, полуактивные). Автономные (гироскопические, гравитационные, астрономические, радиолокационные, земномагнитные, платформенные и бесплатформенные инерциальные навигационные системы).	2
2.10	Комбинированные системы. Сравнительная характеристика и области применения различных способов наведения.	2
	Семинары	6
С2.1	Методы обработки траекторных измерений.	2
С2.2	Анализ построения систем спутниковой навигации	2
С2.3	Анализ построения численных моделей движения КА на различных участках полёта.	2
	Лабораторные работы	12
ЛР2.1	Исследование моделей атмосфер планет.	4
ЛР2.2	Моделирование работы двигательной установки КА.	4
ЛР2.3	Моделирование сеанса внешнетраекторных навигационных измерений.	4
	Самостоятельная работа	24
СР2.1	Проработка учебного материала лекций	2.5

CP2.2	Подготовка к семинарам	0.75
CP2.3	Подготовка к лабораторным работам	6
CP2.4	Выполнение расчетно-графической работы	12
CP2.5	Другие виды самостоятельной работы	2.75
3	Некоторые вопросы прогнозирования движения КА. Особенности выведения КА на орбиту. Виды и общая характеристика маневров орбитального перехода. Методы наведения КА. Корректирующие маневры. Маневры сближения и встреча КА на орбите. Манёвры увода КА от орбитальной станции.	
	Лекции	16
3.1	Краткая характеристика ракет-носителей, включая МТКС. Основные проектно-баллистические характеристики РН. Функционалы наведения. Программа тангажа. Оптимальные и реализуемые программы тангажа. Связь с классическими методами наведения.	2
3.2	Общие принципы построения СНС. Структура, основные элементы и общая характеристика СНС. Требования, предъявляемые к орбитальной структуре СНС. Задачи баллистического проектирования СНС. Методы и точность решения задач навигации с использованием СНС. Основы построения навигационных алгоритмов.	2
3.3	Межорбитальные переходы. Формирование межпланетных орбит. Формирование орбит с использованием пертурбационных гравитационных маневров. Классификация схем перелета. Оптимизация схем перелета.	2
3.4	Характеристики маневров, выполняемых под действием импульсной тяги. Одно, двух и трех импульсные маневры в центральном гравитационном поле. Энергетические затраты на импульсное изменение элементов орбиты и условия их минимизации. Импульсные межорбитальные переходы ЛА. Орбитальные маневры ЛА под действием непрерывной малой тяги.	2
3.5	Наведение КА. Основные понятия, упрощения, допущения. Графическое представление траектории и качественный анализ при использовании различных методов. Кинематические траектории при различных методах наведения. Особенности практической реализации различных методов. Области возможных применений.	2
3.6	Элементы теории малых возмущений. Корректируемые параметры. Понятие об области рассеивания в пространстве корректируемых параметров. Математические основы двухпараметрической коррекции. Однопараметрическая коррекция. Связанные коррекции.	2
3.7	Уравнения относительного движения КА. Ближнее наведение. Измерение и оценивание параметров сближения при выполнении манёвров КА.	2
3.8	Вопросы безопасности при расстыковке и уводе. Схемы маневрирования. Траектории относительного движения. Задачи моделирования расстыковки и увода.	2
	Семинары	6
С3.1	Расчёт траекторий выведения КА на ОИСЗ	2
С3.2	Графическое представление различных методов наведения.	2
С3.3	Анализ инструментальных и методических погрешностей при различных способах наведения	2
	Лабораторные работы	12
ЛР3.1	Расчёт прогноза орбитального движения КА	4
ЛР3.2	Исследование основных способов наведения.	4
ЛР3.3	Расчёт траекторий относительного движения двух КА	4
	Самостоятельная работа	24

СР3.1	Проработка учебного материала лекций	2
СР3.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР3.3	Подготовка к лабораторным работам	6
СР3.4	Выполнение расчетно-графической работы	12
СР3.5	Другие виды самостоятельной работы	3.25
4	Проблема «космического мусора». Аэродинамика и гидрогазодинамика. Спуск КА с орбиты искусственного спутника Земли. Особенности спуска на поверхность Земли с лунных и межпланетных траекторий возвращения. Межпланетные перелеты. Особенности спуска КА в атмосферах планет.	
	Лекции	18
4.1	Современная обстановка и перспективы состояния околоземного космического пространства. Распределение объектов КМ по орбитам. Эффект Кesslera.	2
4.2	Эволюция орбит объектов КМ. Определение орбит объектов КМ. Оценка опасных сближений с объектами КМ. Методы защиты функционирующих КА.	2
4.3	Основные понятия и законы аэродинамики. Основы аэродинамики больших скоростей. Устойчивость и управляемость КА.	2
4.4	Коэффициенты аэродинамических сил и моментов. Составляющие аэродинамических коэффициентов. Аэродинамическое качество. Уравнение балансировки. Банки аэродинамических характеристик.	2
4.5	Общая схема спуска с использованием аэродинамического торможения. Задачи схода КА с орбиты. Внеатмосферный участок спуска. Участок основного аэродинамического торможения. Тепловой и перегрузочный режимы спуска. Проблемы радиосвязи.	2
4.6	Баллистическое проектирование безопасного увода КА с орбиты. Оптимизация участка торможения. Организация завершения полёта КА особо большой массы.	2
4.7	Баллистический спуск. Управляемый спуск. Рассеивание точек посадки. Выбор номинальных траекторий спуска. Участок мягкой посадки. Задачи и принципы построения систем управления спуском. Задачи и принципы построения систем управления спуском. Методы расчёта траекторий спуска КА.	2
4.8	Коридоры входа. Возвращение от Луны. Схемы спуска при возвращении от Луны. Тепловой и перегрузочный режим спуска. Влияние возмущающих факторов. Вход в атмосферу Земли с гиперболическими скоростями. Варианты построения системы управления спуском.	2
4.9	Задачи экспедиций к планетам и телам Солнечной системы. Формирование межпланетных траекторий. Формирование межпланетных траекторий с использованием гравитационных манёвров. Классификация схем полёта. Оптимизация схем полёта.	2
	Семинары	10
С4.1	Построение банков аэродинамических характеристик КА.	2
С4.2	Условия спуска КА с орбиты искусственного спутника Земли. Коридоры входа.	2
С4.3	Спуск КА в атмосфере Земли после возвращения от Луны. Условия посадки на территории России.	2
С4.4	Условия спуска КА в атмосфере Земли с межпланетных траекторий возвращения.	2
С4.5	Схемы межпланетных перелётов. Гравитационные манёвры.	2
	Лабораторные работы	20
ЛР4.1	Исследование точности прогнозирования орбит объектов «космического мусора»	4

ЛР4.2	Расчёт балансировочных аэродинамических характеристик КА	4
ЛР4.3	Расчёт параметров траекторий баллистического спуска в атмосфере Земли	4
ЛР4.4	Расчёт параметров траекторий спуска в атмосфере Земли КА с аэродинамическим качеством	4
ЛР4.5	Расчёт параметров зон манёвра КА с аэродинамическим качеством при спуске в атмосфере Земли	4
	Самостоятельная работа	39
СР4.1	Проработка учебного материала лекций	2.25
СР4.2	Подготовка к семинарам	1.25
СР4.3	Подготовка к лабораторным работам	10
СР4.4	Подготовка к контрольной работе	3
СР4.5	Другие виды самостоятельной работы	22.5
5	Особенности спуска КА на поверхность небесных тел, не имеющих атмосферы. Баллистическое проектирование. Структура общего контура управления полетом КА. Баллистика-навигационное обеспечение управления полётом КА.	
	Лекции	18
5.1	Характеристики спуска в атмосфере Марса. Основные принципы исследования. Оптимальное управление спуском. Требования к СА при посадке на Марс.	2
5.2	Спуск в атмосфере Юпитера. Оптимальное управление на участке основного аэродинамического торможения. Анализ траекторий.	2
5.3	Посадка на Луну. Орбитально-десантная схема. Схема спуска. Выбор параметров спусковой орбиты. Участок основного торможения. Выбор программы тангажа вектора тяги. Конечный участок спуска.	2
5.4	Особенности посадки в приполярных областях. Проблемы безопасности и точности посадки. Задачи, принципы построения и состав системы управления спуском. Посадка на небесные тела с низким уровнем гравитации.	2
5.5	Задачи выбора траекторий полёта КА. Оценка энергетических затрат. Анализ точности решения навигационной задачи. Анализ требуемой точности выполнения динамических операций. Анализ влияния возмущающих факторов. Оценка запасов топлива.	2
5.6	Выбор принципов управления. Синтез алгоритмов управления. Баллистическое проектирование методов и алгоритмов оперативного баллистика-навигационного обеспечения.	2
5.7	Задачи наземного автоматизированного комплекса управления. Состав НАКУ. Место БНО в общем контуре управления полётами. Организационно-технические аспекты оперативного БНО.	2
5.8	Особенности решения задач механики полета при оперативном управлении КА. Общая постановка задачи. Математические модели – основа разработки и создания специального математического обеспечения управления полетом.	2
5.9	Определение орбит КА по навигационным измерениям. Прогнозирование движения КА. Расчет стандартной баллистической информации. Некоторые особенности решения задач расчета маневров и коррекций траекторий полета КА. Баллистика - навигационное обеспечение спуска КА.	2
	Семинары	8
С5.1	Условия спуска в атмосферах Марса и Юпитера.	2
С5.2	Схемы спуска и посадки КА на поверхность Луны.	2
С5.3	Анализ задач баллистического проектирования.	2
С5.4	Структура контура управления полётом КА	2

	Лабораторные работы	16
ЛР5.1	Расчёт рассеивания точек падения на Землю несгоревших элементов конструкции автоматических КА	4
ЛР5.2	Расчёт участка парашютирования спускаемого КА	4
ЛР5.3	Расчёт зон видимости КА и целеуказаний для наземного наблюдателя	4
ЛР5.4	Расчёт параметров траектории спуска КА на Луну	4
	Самостоятельная работа	39
СР5.1	Проработка учебного материала лекций	2.25
СР5.2	Подготовка к семинарам	1
СР5.3	Подготовка к лабораторным работам	8
СР5.4	Подготовка к рубежному контролю	3
СР5.5	Другие виды самостоятельной работы	24.75
6	Курсовой проект	54
СР6.1	Выполнение курсового проекта	54
7	Экзамен	30
СР7.1	Подготовка к экзамену	30

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Рабочая программа дисциплины.
2. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины [Раздел 7 Рабочей программы дисциплины].
3. Перечень ресурсов сети «Интернет», рекомендуемых для самостоятельной работы при освоении дисциплины [Раздел 8 Рабочей программы дисциплины].
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины [Раздел 9 Рабочей программы дисциплины].
5. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных [Раздел 10 Рабочей программы дисциплины].

Студенты получают доступ к указанным материалам начиная с первого занятия по дисциплине, в соответствии с ОПОП.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине базируется на перечне компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы (раздел 1). ФОС обеспечивает объективный контроль достижения всех результатов обучения, запланированных для дисциплины.

ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ФОС является приложением к данной рабочей программе дисциплины.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Литература

1. Иванов, Н. М. Баллистика и навигация космических аппаратов : учебник / Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. — 523 с. — ISBN 978-5-7038-4340-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106268> - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Микрин, Е. А. Бортовые комплексы управления космических аппаратов : учебное пособие / Е. А. Микрин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. — 245 с. — ISBN 978-5-7038-3983-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106274> - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Лысенко Л. Н., Бетанов В. В., Звягин Ф. В. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов : [монография] / Лысенко Л. Н., Бетанов В. В., Звягин Ф. В. ; общ. ред. Лысенко Л. Н. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 518 с. : ил. - Библиогр.: с. 505-512. - ISBN 978-5-7038-3891-4. — Текст: электронный // Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана : [сайт]. - URL: <https://bmstu.press/catalog/item/3182>. - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительные материалы

4. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. М.: БИНОМ, 2011. — 407 с. — Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана — Основной фонд — 2 экз.
5. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы): Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Ракетостроение" направ. подгот. диплом. спец. "Ракетостроение и космонавтики" / В.П. Мишин, В.К. Безвербый, Б.М. Панкратов, В.И. Зернов; Под ред. А.М. Матвеевко, О.М. Алифанова. — 2-е изд., перер., доп. — М.: Машиностроение, 2005. — 373 с. — (Для вузов). — Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана — Основной фонд — 1 экз.
6. Ориентация и навигация подвижных объектов: Современные информационные технологии / Под ред. Б.С. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. — М.: Физматлит, 2006. — 422 с. — Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана — Основной фонд — 1 экз.
7. Староверов В.И. Системы управления движением пилотируемых космических аппаратов: Учебно-метод. пособие для студ. спец.160403 (210500) "Системы управления летат. аппаратами" / МГУЛ. — М.: МГУЛ, 2005. — 35 с. — Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана — читальный зал №2 — 5 экз.
8. Бронников С.В. Проектирование человеко-машинных систем управления: Учебно-метод. пособие для студ. вузов по спец. 160403 (210500) "Системы управления летательными аппаратами". — М.: МГУЛ, 2006. — 31с. — Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана — Основной фонд — 5 экз.; читальный зал №2 — 5 экз.
9. Есаков В.А. Основы теории и проектирования систем автоматического управления: Учеб. пособие, специальность 161101.65 "Системы управления летательными аппаратами" / Г.Ф. Земляной, В.Г. Дудко; Министерство образования и науки РФ; МГУЛ. — М.: МГУЛ, 2011. — 103 с. — Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана — Основной фонд — 49 экз.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Сайт кафедры «Системы автоматического управления»: <https://mf.bmstu.ru/info/faculty/kf/caf/k1/>.
2. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>.
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru>.
4. Библиотека МГТУ им. Н.Э. Баумана. <http://library.bmstu.ru>.
5. Научно-техническая библиотека КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. <https://kf.bmstu.ru/units/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka>.
6. Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. <https://mf.bmstu.ru/info/library/>.
7. Научная электронная библиотека <http://eLIBRARY.RU>.
8. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>.
9. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>.
10. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>.
11. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Юрайт» <https://biblio-online.ru>.
12. Сайт Издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана <https://bmstu.press/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание нижеследующие положения.

Дисциплина построена по модульному принципу, каждый модуль представляет собой логически завершённый раздел дисциплины. В первом семестре три модуля. Во втором семестре три модуля (включая экзамен), выполняется курсовой проект.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу методических материалов по дисциплине.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению ключевых, базовых положений курса и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную проработку.

Семинары проводятся для закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения для решения практических задач в предметной области дисциплины.

Лабораторные работы предназначены для приобретения опыта практической реализации основной профессиональной образовательной программы. Методические документы к лабораторным работам прорабатываются студентами во время самостоятельной подготовки. Необходимый уровень подготовки контролируется перед проведением лабораторных работ.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения семинаров, практических занятий, лабораторных работ и индивидуальных и(или) групповых консультаций, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа студентов включает следующие виды: в первом семестре проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, подготовка к лабораторным работам, выполнение домашнего задания, выполнение расчетно-графической работы, во втором семестре проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, подготовка к лабораторным работам, выполнение курсового проекта, подготовка к экзамену, подготовка к контрольной работе, подготовка к рубежному контролю. Результаты всех видов работы студентов формируются в виде личного рейтинга, который учитывается на промежуточной аттестации. Самостоятельная работа предусматривает не только проработку материалов лекций, но и их расширение в результате поиска, анализа, структурирования и представления в компактном виде современной информации из всех возможных источников.

Текущий контроль проводится в течение каждого модуля, его итоговые результаты складываются из оценок по следующим видам контрольных мероприятий:

- Домашнее задание
- Расчетно-графическая работа
- Контрольная работа
- Рубежный контроль.

Освоение дисциплины и ее успешное завершение на стадии промежуточной аттестации возможно только при регулярной работе во время семестра и планомерном прохождении текущего контроля. Набрать рейтинг по всем модулям в каждом семестре, пройти по каждому модулю плановые контрольные мероприятия в течение экзаменационной сессии невозможно.

Для завершения работы в семестре студент должен выполнить все контрольные мероприятия.

Промежуточная аттестация по результатам первого семестра по дисциплине проходит в форме зачета. Промежуточная аттестация по результатам второго семестра проходит в форме дифференцированного зачета, экзамена, контролирующего освоение ключевых, базовых положений дисциплины, составляющих основу остаточных знаний по ней.

Методика оценки по рейтингу

Студент, выполнивший все предусмотренные учебным планом задания и сдавший все контрольные мероприятия, получает итоговую оценку по дисциплине за семестр в соответствии со шкалой:

Рейтинг	Оценка на экзамене, дифференцированном зачете	Оценка на зачете
85 – 100	отлично	Зачтено
71 – 84	хорошо	Зачтено
60 – 70	удовлетворительно	Зачтено
0 – 59	неудовлетворительно	Не зачтено

Оценивание дисциплины ведется в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ

Информационные технологии:

- Электронная информационно-образовательная среда МГТУ им. Н.Э. Баумана обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик, формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий и служб по пересылке и получению электронных сообщений между пользователями компьютерной сети Интернет.
- Электронная почта преподавателя: <https://mail.bmstu.ru>; kudryavtsevsi@bmstu.ru
- Система BigBlueButton <https://webinar.bmstu.ru>;

Программное обеспечение:

- MATLAB\Simulink
- Mathcad

Информационные справочные системы:

- Информационно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>;
- Информационно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>;

Профессиональные базы данных:

- Ресурс «Машиностроение» <http://www.i-mash.ru>.
- Портал машиностроения <http://www.mashportal.ru>.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины

№, п/п	Вид занятий	Вид и наименование оборудования
1	Лекции	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
2	Семинары	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
3	Лабораторные работы	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
4	Самостоятельная работа	библиотека, имеющая рабочие места для студентов; выставочные залы; аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет. Социокультурное пространство университета позволяет студенту качественно выполнять самостоятельную работу.

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Иванов, Н. М. Баллистика и навигация космических аппаратов : учебник / Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. — 523 с. — ISBN 978-5-7038-4340-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106268>
2. Микрин, Е. А. Бортовые комплексы управления космических аппаратов : учебное пособие / Е. А. Микрин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. — 245 с. — ISBN 978-5-7038-3983-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106274>
3. Лысенко Л. Н., Бетанов В. В., Звягин Ф. В. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов : [монография] / Лысенко Л. Н., Бетанов В. В., Звягин Ф. В. ; общ. ред. Лысенко Л. Н. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 518 с. : ил. - Библиогр.: с. 505-512. - ISBN 978-5-7038-3891-4.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- MATLAB\Simulink
- Mathcad

Преподаватель кафедры:

Кудрявцев С.И., профессор (д.н.), доктор технических наук, kudryavtsevsi@bmstu.ru