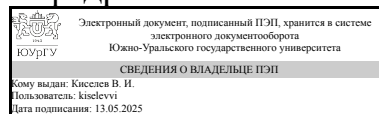


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



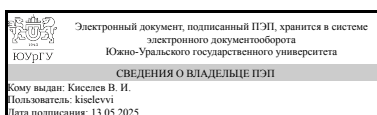
В. И. Киселев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.01 Баллистика летательных аппаратов
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень Специалитет
специализация Ракетные транспортные системы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Прикладная математика и ракетодинамика

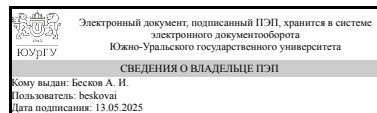
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



В. И. Киселев

Разработчик программы,
старший преподаватель



А. И. Бесков

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является: обучение студентов основным принципам и законам полёта ракет и других летательных аппаратов, которые необходимы при исследовании, проектировании, производстве, испытаниях и эксплуатации баллистических ракет, крылатых ракет, космических аппаратов, ракет-носителей, ракетных систем многоразового применения, воздушно-космических самолётов, систем противовоздушной, противоракетной и противокосмической обороны, беспилотных летательных аппаратов, разгонных ступеней, спускаемых аппаратов, систем авиационно-ракетного и тактического вооружения и других перспективных летательных и космических аппаратов. Освоение дисциплины решает следующие задачи: студенты приобретают знания об основных принципах и методах исследования полёта ракет, о построении законов управления полётом, математическом моделировании полёта, выборе основных проектных параметров разрабатываемых изделий, о подготовке к производству, проведении наземных и лётных испытаний, о сдаче в эксплуатацию и сопровождении готовых изделий в эксплуатации.

Краткое содержание дисциплины

Введение Фигура и гравитационное поле Земли Атмосфера Аэродинамические силы и моменты Ракетные двигатели Массо-центровочные и инерционные характеристики ракеты Принципы составления уравнений движения ракеты Управляющие силы и моменты Векторные уравнения движения Матрицы направляющих косинусов Система дифференциальных уравнений движения Уравнения движения в проекциях на оси траекторной системы Упрощение уравнений движения Аналитические решения уравнений движения Параболическая теория Задачи Циолковского

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен конструировать РКТ, ее составные части, системы и агрегаты	Знает: Основные этапы проектирования траекторий носителей; Основные задачи баллистики. Умеет: Составлять уравнения движения ракеты; Рассчитывать траекторные параметры по приближенным зависимостям. Имеет практический опыт: Решения баллистических задач; Оценки движения центра масс.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Моделирование материалов в двигателестроении: получение, структура, свойства,	Проектирование специальных систем ракет и космических аппаратов, Теория полета летательных аппаратов,

Ракетные двигатели, Проектирование летательных аппаратов, Устройство летательных аппаратов, Конструкция двигательных установок летательных аппаратов, Основы 3D моделирования, Программные комплексы проектирования элементов двигателей, Цифровое моделирование механизмов, Основы промышленного дизайна, Основы организации рабочих процессов поршневых двигателей, Оформление конструкторской документации с использованием систем автоматизированного проектирования	Конструкции узлов и агрегатов летательных аппаратов, Электрооборудование летательных аппаратов, Исполнительные устройства летательных аппаратов, Проектирование изделий ракетно-космической техники из композитных материалов, Технология производства изделий летательных аппаратов из композитных материалов, Проектирование систем теплозащиты и терморегуляции летательных аппаратов
---	---

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Устройство летательных аппаратов	Знает: устройства и процессы, происходящие в изделиях ракетно-космической техники Умеет: обосновывать выбор устройств в изделиях ракетно-космической техники Имеет практический опыт: навыками выбора устройств и создания базы современных конструкций и технологий
Конструкция двигательных установок летательных аппаратов	Знает: Основы проектирования и конструкции двигательных установок летательных аппаратов различных типов. Умеет: Выбирать тип двигателя ЛА, рассчитывать основные характеристики двигателей ЛА различных типов. Имеет практический опыт: Определения основных параметров двигателей ЛА различных типов.
Оформление конструкторской документации с использованием систем автоматизированного проектирования	Знает: методы разработки конструкторской документации с использованием технологии трехмерного моделирования в САПР Умеет: использовать на практике методы разработки конструкторской документации с применением технологии трехмерного моделирования в САПР Имеет практический опыт: навыками использования методов разработки конструкторской документации с применением технологии трехмерного моделирования в САПР
Основы 3D моделирования	Знает: основные понятия и термины геометрического моделирования; ключевые концепции трёхмерного моделирования; термины, используемые в трёхмерном моделировании; программное обеспечение для трёхмерного моделирования; элементы моделей, обрабатываемые программным обеспечением Умеет: оформлять полученные рабочие

	результаты в виде презентаций, научно-технических отчётов, статей и докладов на научно-технических конференциях; согласованно решать задачи разработки алгоритма создания трёхмерных моделей Имеет практический опыт: создания трёхмерных моделей различными методами
Ракетные двигатели	Знает: Основы проектирования и конструкции ракетных двигателей различных типов. Умеет: Выбирать тип ракетного двигателя, рассчитывать основные характеристики ракетных двигателей различных типов. Имеет практический опыт: Определения основных параметров ракетных двигателей различных типов.
Моделирование материалов в двигателестроении: получение, структура, свойства	Знает: методы математического моделирования внутрицилиндровых процессов Умеет: применять на практике положения теории процессов в ДВС; моделировать процессы и анализировать результаты расчётов; пользоваться программами расчёта рабочего процесса искровых двигателей и дизелей; формулировать цели проекта, выявлять приоритеты и находить компромиссы при проектировании ДВС; пользоваться патентной информацией и периодической литературой при принятии конструкторского решения Имеет практический опыт: терминологическим аппаратом дисциплины; навыками самостоятельной работы при выполнении курсовой работы и работе с литературой; простейшими языками программирования
Цифровое моделирование механизмов	Знает: основные понятия и термины цифрового моделирования Умеет: оформлять полученные рабочие результаты в виде презентаций, научно-технических отчётов, статей и докладов на научно-технических конференциях Имеет практический опыт: создания моделей различными методами
Основы промышленного дизайна	Знает: основные концепции конструирования Умеет: разрабатывать первоначальную идею будущего изделия Имеет практический опыт: разработки дизайн-макетов объектов проектирования и моделирования
Программные комплексы проектирования элементов двигателей	Знает: основные закономерности протекания рабочего процесса двигателей, их показатели, характеристики Умеет: применять на практике положения теории процессов в ДВС; моделировать процессы и анализировать результаты расчётов; пользоваться программами расчёта рабочего процесса искровых двигателей и дизелей; формулировать цели проекта, выявлять приоритеты и находить компромиссы при проектировании ДВС; пользоваться патентной информацией и периодической литературой при принятии конструкторского

	решения Имеет практический опыт: терминологическим аппаратом дисциплины; навыками самостоятельной работы при выполнении курсовой работы и работе с литературой; простейшими языками программирования
Основы организации рабочих процессов поршневых двигателей	Знает: основные закономерности протекания рабочего процесса двигателей, их показатели, характеристики Умеет: применять на практике положения теории процессов в ДВС; моделировать процессы и анализировать результаты расчётов; пользоваться программами расчёта рабочего процесса искровых двигателей и дизелей; формулировать цели проекта, выявлять приоритеты и находить компромиссы при проектировании ДВС; пользоваться патентной информацией и периодической литературой при принятии конструкторского решения Имеет практический опыт: терминологическим аппаратом дисциплины; навыками самостоятельной работы при выполнении курсовой работы и работе с литературой; простейшими языками программирования
Проектирование летательных аппаратов	Знает: Состав и структуру компоновочных схем; Технологию проектирования, состав и функционал РКТ; Состояние и перспективы развития РКТ. Умеет: Обосновывать и делать выбор устройств в изделиях РКТ. Имеет практический опыт: Выбора устройств и создания базы современных конструкций и технологий.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Расчет траектории ракеты	45	45
Конспект лекции	6,5	6.5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5

Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен
--	---	---------

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Фигура и гравитационное поле Земли	3	2	1	0
3	Атмосфера	3	2	1	0
4	Аэродинамические силы и моменты	3	2	1	0
5	Ракетные двигатели	3	2	1	0
6	Массо-центровочные и инерционные характеристики ракеты	3	2	1	0
7	Принципы составления уравнений движения ракеты	3	2	1	0
8	Управляющие силы и моменты	3	2	1	0
9	Векторные уравнения движения	3	2	1	0
10	Матрицы направляющих косинусов	3	2	1	0
11	Система дифференциальных уравнений движения	4	2	2	0
12	Уравнения движения в проекциях на оси траекторной системы	3	2	1	0
13	Упрощение уравнений движения	3	2	1	0
14	Расчёт свободного падения тел. Расчёт свободного падения тел в атмосфере.	3	2	1	0
15	Расчёт движения тел в параболической теории.	3	2	1	0
16	Задачи Циолковского	3	2	1	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Основные понятия и термины баллистики. Ракета и комплектующие её системы. Классификация ракет. Участки баллистической траектории. Основные задачи баллистики ракет.	2
2	2	Земля как шар в первом приближении. Общий земной эллипсоид. Референц-эллипсоид. Системы координат, определяющие положение точки на Земле. Геоцентрическая СК. Геодезическая СК. Географическая (астрономическая) СК. Гравитационное поле. Две составляющие ускорения силы притяжения. Составляющая по направлению к центру Земли. Составляющая, параллельная оси вращения Земли.	2
3	3	Основные параметры атмосферы, учитываемые в баллистике. Температура, плотность, давление. Возмущения параметров атмосферы. Стандартная атмосфера. Каноническое разложение случайных параметров атмосферы.	2
4	4	Полная аэродинамическая сила. Полный аэродинамический момент. Связанная система координат. Поточная СК. Углы атаки и скольжения. Матрица направляющих косинусов между связанной и поточной СК. Разложение полной аэродинамической силы на составляющие. Аэродинамические коэффициенты. типовые зависимости аэродинамических коэффициентов от параметров движения. Центр давления. Демпфирующий момент. Коэффициенты демпфирующего момента. Аэродинамическое качество.	2

5	5	Жидкотопливные и твёрдотопливные ракетные двигатели. Основные характеристики РД. Тяга, удельная тяга, секундный расход топлива, коэффициент соотношения компонентов топлива. Формулы для вычисления основных характеристик. Практическая формула для определения тяги.	2
6	6	Масса, положение центра масс, моменты инерции. Баллистический параметр.	2
7	7	Разделение движения на продольное центра масс и вращательное движение вокруг центра масс. Векторное уравнение продольного движения. Векторное уравнение вращательного движения. Возмущающие силы и моменты.	2
8	8	Органы управления ракетой. Классификация органов управления. Схемы расположения органов управления. Управляемость ракеты.	2
9	9	Вывод уравнений поступательного движения. Проекция уравнений на оси земной системы координат. Вывод уравнений вращательного движения. Проекция уравнений на оси связанной СК. Углы Эйлера.. Стартовая система координат. Начальная стартовая СК.	2
10	10	Вывод матриц направляющих косинусов. Матрицы перехода между координатами различных систем.	2
11	11	Представление вектора угловой скорости по составляющим. Кинематические уравнения. Динамические уравнения.	2
12	12	Геоцентрическая СК. Скоростная и траекторная СК. Местная географическая СК. Полусвязанная СК. Матрицы направляющих косинусов. Уравнения движения.	2
13	13	Учёт участка траектории. Квазиустановившееся движение. Упрощение матриц направляющих косинусов. Разделение общего движения на продольное и боковое. Линеаризация уравнений.	2
14	14	Дифференциальные уравнения движения. Аналитическое решение уравнений баллистического спуска в атмосфере.	2
15	15	Вывод уравнений параболической теории и их аналитическое решение.	2
16	16	Первая задача Циолковского. Вторая задача Циолковского.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Фигура и гравитационное поле Земли	1
2	3	Атмосфера	1
3	4	Аэродинамические силы и моменты	1
4	5	Ракетные двигатели	1
5	6	Массо-центровочные и инерционные характеристики ракеты	1
6	7	Принципы составления уравнений движения ракеты	1
7	8	Управляющие силы и моменты	1
8	9	Вывод уравнений поступательного движения	1
9	10	Вывод матриц направляющих косинусов	1
10	11	Расчёт баллистического спуска в атмосфере	2
11	12	Вывод уравнений движения в проекциях на оси траекторной системы координат.	1
12	13	Вывод упрощённых уравнений движения	1
13	14	Расчёт свободного падения тел. Расчёт свободного падения тел в атмосфере.	1
14	15	Расчёт движения тел в параболической теории.	1
15	16	Задачи Циолковского	1

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Расчет траектории ракеты	ЮГ Сихарулидзе, Баллистика и наведение летательных аппаратов РФ Аппазов, ОГ Сытин, Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли АА Лебедев, НФ Герасюта, Баллистика ракет	6	45
Конспект лекции	РФ Аппазов, ОГ Сытин, Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли, Глава 18	6	6,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	6	Текущий контроль	Перевод систем координат	0,15	2	0-не выполнено 1-выполнен перевод с незначительной ошибкой 2-выполнено без ошибок	экзамен
2	6	Текущий контроль	Составление уравнений движения центра масс	0,15	3	0-не выполнил 1- составлены уравнения с грубыми ошибками 2-составлены уравнения с незначительными ошибками 3-без ошибок	экзамен
3	6	Текущий контроль	Составление уравнений движения вокруг центра масс	0,15	3	0-не выполнил 1- составлены уравнения с грубыми ошибками 2-составлены уравнения с незначительными ошибками 3-без ошибок	экзамен
4	6	Текущий контроль	Конспект по предложенной теме	0,1	1	0-конспект не сдан 1-конспект сдан	экзамен
5	6	Текущий	Расчет	0,45	5	0-не выполнил	экзамен

		контроль	траектории движения			2-провел расчеты, допустил грубую ошибку, не смог ответить на вопросы 3-провел расчеты, допустил грубую ошибку, но смог ответить на вопросы 4-провел расчет, допустил незначительную ошибку в расчетах, ответил на вопрос 5-провел расчеты без замечаний, ответил на вопросы	
6	6	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	10	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся. Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. При условии выполнения всех мероприятий текущего контроля и достижении 60-100% рейтинга обучающийся получает соответствующую рейтинговую оценку. При желании повысить рейтинг за курс обучающийся на очном экзамене опрашивается по билету, сформированному из вопросов, выносимых на экзамен. Билет содержит два вопроса. Правильный ответ на вопрос соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (экзамена) для улучшения своего рейтинга. Экзамен проводится в соответствии с расписанием экзаменационной сессии. На экзамен отводится 30 минут. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданной темы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-1	Знает: Основные этапы проектирования траекторий носителей; Основные задачи баллистики.	+	+			+	+
ПК-1	Умеет: Составлять уравнения движения ракеты; Рассчитывать траекторные параметры по приближенным зависимостям.	+	+	+			+
ПК-1	Имеет практический опыт: Решения баллистических задач; Оценки движения центра масс.						+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Динамика ракет : учебник для студентов вузов / К. А. Абгарян, Э. Л. Калязин, В. П. Мишин и др. - М. : Машиностроение, 1990. - 464 с. : ил.
2. Соловьев, В. А. Управление космическими полетами : учебное пособие. В 2-х ч. Ч. 2 / В. А. Соловьев, Л. Н. Лысенко, В. Е. Любинский ; под общ. ред. Л. Н. Лысенко. - М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 426 с. : ил.
3. Лысенко, Л. Н. Наведение и навигация баллистических ракет : учебное пособие / Л. Н. Лысенко. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007

б) дополнительная литература:

1. Иванов, Н. М. Баллистика и навигация космических аппаратов [Текст] : учебник для вузов / Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана . 2016
2. Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. — 413 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70701
3. Расчет и проектирование систем разделения ступеней ракет : учебное пособие / К. С. Колесников, В. В. Кокушкин, С. В. Борзых, Н. В. Панкова. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке: Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Афанасьев. Аналитическое решение диф ур в задачах управления техническими системами

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Афанасьев. Аналитическое решение диф ур в задачах управления техническими системами

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	306 (5)	Мультимедийный класс: 1. Процессор CEL-1700/ASUS P4BGL/256M/40G/DVD 2. Монитор SAMSUNG 17" SuncMaster 765 MB 3. Проектор Toshiba TDP-T95 4. Экран Matte White S 200x200 5. Колонки SVEN 611
Лекции	306 (5)	Мультимедийный класс: 1. Процессор CEL-1700/ASUS P4BGL/256M/40G/DVD 2. Монитор SAMSUNG 17" SuncMaster 765 MB 3. Проектор Toshiba TDP-T95 4. Экран Matte White S 200x200 5. Колонки SVEN 611