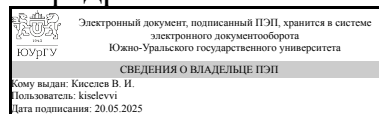


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



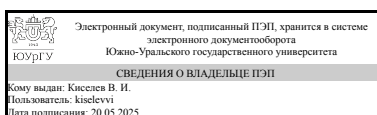
В. И. Киселев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.01.03 Теория полета 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

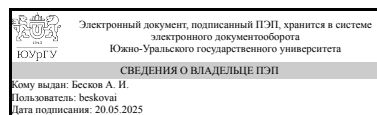
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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: Логика функционирования бортового программного обеспечения системы управления Умеет: Составлять проектную документацию на космический аппарат Имеет практический опыт: Разработка технического описания системы управления КА ; Разработка инструкций по управлению КА в соответствии с нормативной документацией

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Цифровое моделирование механизмов, Проектирование летательных аппаратов, Устройство летательных аппаратов, Основы организации рабочих процессов	Технология производства изделий летательных аппаратов из композитных материалов, Проектирование систем теплозащиты и терморегуляции летательных аппаратов,

поршневых двигателей, Основа промышленного дизайна, Основа 3D моделирования, Конструкция двигательных установок летательных аппаратов, Программные комплексы проектирования элементов двигателей, Моделирование материалов в двигателестроении: получение, структура, свойства, Ракетные двигатели, Оформление конструкторской документации с использованием систем автоматизированного проектирования, Баллистика летательных аппаратов, Производственная практика (технологическая) (6 семестр)	Проектирование специальных систем ракет и космических аппаратов, Проектирование изделий ракетно-космической техники из композитных материалов, Исполнительные устройства летательных аппаратов
---	---

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

Дисциплина	Требования
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
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

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
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
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.
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.
Основы промышленного дизайна	Знает: основные концепции конструирования Умеет: разрабатывать первоначальную идею будущего изделия Имеет практический опыт: разработки дизайн-макетов объектов проектирования и моделирования
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
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.
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
Баллистика летательных аппаратов	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.
Производственная практика (технологическая) (6 семестр)	Знает: Технологии конструирования РКТ, ее составных частей, систем и агрегатов. Умеет: Составлять и решать задачи по технологии конструирования РКТ, ее составных частей, систем и агрегатов. Имеет практический опыт: Составления программ для решения задач на ЭВМ. Составления и решения задач, описывающих технологические процессы.

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
		7
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
Подготовка к экзамену	30	30
Подготовка конспекта	21,5	21,5
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	4	2	2	0
3	Атмосфера	4	2	2	0
4	Аэродинамические силы и моменты	4	2	2	0
5	Ракетные двигатели	2	2	0	0
6	Массо-центровочные и инерционные характеристики ракеты	2	2	0	0
7	Принципы составления уравнений движения ракеты	2	2	0	0
8	Управляющие силы и моменты	2	2	0	0
9	Векторные уравнения движения	2	2	0	0
10	Матрицы направляющих косинусов	4	2	2	0
11	Система дифференциальных уравнений движения	2	2	0	0
12	Уравнения движения в проекциях на оси траекторной системы	4	2	2	0
13	Упрощение уравнений движения	4	2	2	0
14	Расчёт свободного падения тел. Расчёт свободного падения тел в атмосфере.	2	2	0	0
15	Расчёт движения тел в параболической теории.	4	2	2	0
16	Задачи Циолковского	4	2	2	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	2

		системы. Классификация ракет. Участки баллистической траектории. Основные задачи баллистики ракет.	
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	2
2	3	Атмосфера	2
3	4	Аэродинамические силы и моменты	2
4	10	Вывод матриц направляющих косинусов	2
5	12	Вывод уравнений движения в проекциях на оси траекторной системы координат.	2
6	13	Вывод упрощённых уравнений движения	2
7	15	Расчёт движения тел в параболической теории.	2
8	16	Задачи Циолковского	2

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
Подготовка к экзамену	Ю.Г. Сихарулидзе, Баллистика и наведение летательных аппаратов Р.Ф. Аппазов, О.Г. Сытин, Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли А.А. Лебедев, Н.Ф. Герасюта, Баллистика ракет	7	30
Подготовка конспекта	Р.Ф. Аппазов, О.Г. Сытин, Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли	7	21,5

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	7	Текущий контроль	Аннотирование литературы по теме "Выбор формы траектории"	1	3	Аннотирование литературы по теме осуществляется во время изучения раздела и предоставляется на последнем занятии изучаемого раздела. Полное аннотирование литературы соответствует 3 баллам. Частично полное аннотирование литературы соответствует 2 баллам. Отсутствие аннотирования литературы	экзамен

						соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	
2	7	Текущий контроль	Расчет эллиптического участка	1	3	Задача оценивается от 0 до 3 баллов следующим образом: 3 балла – задача решена правильно, верно выбран метод решения задачи, запись решения последовательная и математически грамотная, решение доведено до ответа; 2 балла – в решении содержатся 2–3 ошибки, не повлиявшие существенно на ход решения, или решение не доведено до ответа, но при этом изложено не менее 60% полного решения. 1 балл – в процессе решения задачи допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не владеет обязательными знаниями и умениями по данной теме, или изложено менее 40% полного решения; 0 баллов – неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.	экзамен
3	7	Текущий контроль	Расчет параметров орбиты	1	3	Задача оценивается от 0 до 3 баллов следующим образом: 3 балла – задача решена правильно, верно выбран метод решения задачи, запись решения последовательная и математически грамотная, решение доведено до ответа; 2 балла – в решении содержатся 2–3 ошибки, не повлиявшие существенно на ход решения, или решение не доведено до ответа, но при этом изложено не менее 60% полного решения. 1 балл – в процессе решения задачи допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не владеет обязательными знаниями и умениями по данной теме, или изложено менее 40% полного решения; 0 баллов – неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.	экзамен
4	7	Текущий контроль	Конспект лекции 4	1	3	Подготовка конспекта по теме осуществляется во время изучения раздела и предоставляется на последнем занятии изучаемого раздела. Полный конспект по теме соответствует 3 баллам. Частично полный конспект соответствует 2 баллам. Отсутствие конспекта соответствует 0 баллов.	экзамен

5	7	Текущий контроль	Конспект лекции 5	1	3	Подготовка конспекта по теме осуществляется во время изучения раздела и предоставляется на последнем занятии изучаемого раздела. Полный конспект по теме соответствует 3 баллам. Частично полный конспект соответствует 2 баллам. Отсутствие конспекта соответствует 0 баллов.	экзамен
6	7	Текущий контроль	Конспект лекции 6	1	3	Подготовка конспекта по теме осуществляется во время изучения раздела и предоставляется на последнем занятии изучаемого раздела. Полный конспект по теме соответствует 3 баллам. Частично полный конспект соответствует 2 баллам. Отсутствие конспекта соответствует 0 баллов.	экзамен
7	7	Текущий контроль	Конспект лекции 7	1	3	Подготовка конспекта по теме осуществляется во время изучения раздела и предоставляется на последнем занятии изучаемого раздела. Полный конспект по теме соответствует 3 баллам. Частично полный конспект соответствует 2 баллам. Отсутствие конспекта соответствует 0 баллов.	экзамен
8	7	Текущий контроль	Конспект лекции 8	1	3	Подготовка конспекта по теме осуществляется во время изучения раздела и предоставляется на последнем занятии изучаемого раздела. Полный конспект по теме соответствует 3 баллам. Частично полный конспект соответствует 2 баллам. Отсутствие конспекта соответствует 0 баллов.	экзамен
9	7	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	20	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 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 20.	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	7	8	9
ПК-1	Знает: Логика функционирования бортового программного обеспечения системы управления	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: Составлять проектную документацию на космический аппарат	+	+	+	+			+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: Разработка технического описания системы управления КА ; Разработка инструкций по управлению КА в соответствии с нормативной документацией						+	+		+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Соловьев, В. А. Управление космическими полетами : учебное пособие. В 2-х ч. Ч. 1 / В. А. Соловьев. - М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 476 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. Ерохин, Б. Т. Теория внутрикамерных процессов и проектирование РДТТ : учебник для высших технических учебных заведений / Б. Т. Ерохин. - М. : Машиностроение, 1991. - 560 с. : ил.
2. Лысенко, Л. Н. Наведение и навигация баллистических ракет : учебное пособие / Л. Н. Лысенко. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007
3. Павлюк, Ю. С. Баллистическое проектирование ракет : учебное пособие для вузов / Ю. С. Павлюк. - Челябинск : ЧГТУ, 1996. - 92 с.
4. Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Бином.

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

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. 1. Афанасьев, В. А. Аналитическое решение дифференциальных уравнений в задачах управления техническими системами : учебное пособие / В. А. Афанасьев. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2009. - 24 с. + Электрон. текстовые дан.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. 1. Афанасьев, В. А. Аналитическое решение дифференциальных уравнений в задачах управления техническими системами : учебное пособие / В. А. Афанасьев. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2009. - 24 с. + Электрон. текстовые дан.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(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	313 (5)	CEL-1700/ASUS P4BGL/256M PC2100/40.0 G SG 7200/FDD/A313U/KB/M/Монитор 17" Samsung 743N