

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»



УТВЕРЖДАЮ

Директор

Давыдов И.А.

03.04.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Внешняя баллистика ракет

наименование – полностью

специальность 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

код, наименование – полностью

специализация) Ракетно-космические композитные конструкции

наименование – полностью

уровень образования: специалитет

удалить ненужные варианты

форма обучения: очная

очная/очно-заочная/заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 4 зачетных единиц(ы)

Кафедра: «Ракетостроение»

полное наименование кафедры, представляющей рабочую программу

Составитель: Уразбахтин Федор Асхатович, д.т.н., профессор

Ф.И.О.(полностью), степень, звание

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры «Ракетостроение»

Протокол от 03.04.26 № 4

И.о. заведующего кафедрой «Ракетостроение»



/ Ф. А. Уразбахтин

СОГЛАСОВАНО:

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану 24.05.01 «Проектирование. Производство и эксплуатация ракет и ракетных комплексов». Специализация: Ракетно-космические композитные конструкции

Протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника» от 25.04.26 № 4

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника»



/Ф- А. Уразбахтин
03.04.2026

Руководитель образовательной программы

24.05.01 «Проектирование. Производство и эксплуатация ракет и ракетных комплексов». по Воткинскому филиалу



/Ф- А. Уразбахтин
03.04.2026

Аннотация к дисциплине

Название дисциплины	Внешняя баллистика ракет
Направление (специальность) подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Направленность (профиль/программа/специализация)	Ракетно-космические композитные конструкции
Место дисциплины	Часть, формируемая участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули)
Трудоемкость (з.е. / часы)	4 з.е. / 144 часов
Цель изучения дисциплины	Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний о методах управления полетом беспилотных летательных аппаратов и возможных способах их реализации, а также, освоение аспектов математического информационного обеспечения управляемого полета, которые способствуют появлению интуиции при поиске наилучшего сочетания параметров и характеристик выбираемого варианта ракеты.
Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины	ПК-2. Разработка проектной и рабочей конструкторской документации на ракетную технику (комплексы ракет-носителей, ракеты космического назначения, ракеты-носители, ракетные блоки и их составные части). ПК-5. Способность находить баллистические, прочностные, жесткостные, термоупругие, диссипативные и теплофизические характеристики современных композитных материалов, определять структурные параметры материалов с заданным набором свойств, а также создавать композитные стержневые и оболочечные элементы
Содержание дисциплины (основные разделы и темы)	Общие сведения о науке - внешняя баллистика ракет. Параметры полета ракеты. Модель полета ракеты. Векторные уравнения движения ракет. Основные сведения о форме и размерах Земли. Системы координат, используемые в описании полета. Скалярные уравнения движения ракеты. Схематизация системы управления полетом ракеты. Схематизация сил и моментов, действующих на ракету в полете. Плоские и пространственные схемы полета.
Форма промежуточной аттестации	Экзамен Курсовая работа

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний о методах управления полетом беспилотных летательных аппаратов и возможных способах их реализации, а также, освоение аспектов математического информационного обеспечения управляемого полета, которые способствуют появлению интуиции при поиске наилучшего сочетания параметров и характеристик выбираемого варианта ракеты.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки траекторий полета ракет;
- выбор параметров траекторий и программы полета баллистических ракет;
- создание математических моделей движения баллистических ракет в атмосфере;
- математическое моделирование на ЭВМ ситуаций, возникающих при старте, выведении и полете ракет;
- планирование и проведение вычислительных экспериментов на этапе баллистического проектирования и оптимизации траекторных параметров ракет.

2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у обучающегося должны быть сформированы Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	знать
1.	Основных законов реактивного движения: уравнение тяги, удельный импульс, удельная тяга, формула К.Э. Циолковского.
2.	Характеристики полета, системы координат; уравнение траектории, эллиптическая траектория, энергетические соотношения.
3.	Основы теории движения беспилотных летательных аппаратов.

Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины:

№п/п	уметь:
1.	Рассчитывать траектории полета ракет различных типов.
2.	Разработать или выбрать математическую модель движения ракеты.
3	Проводить баллистические расчеты с использованием современных технических средств.

Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины:

№ п/п	владеть навыками:
1.	Применения методик определения траекторных параметров баллистических ракет.
2.	Применения типовых и авторских методик баллистических расчетов ракет.
3.	Составления программ компьютерных расчётов баллистических и траекторных параметров ракет.

Компетенции, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

Компетенции	Индексы компетенций	Знания	Умения	Навыки
ПК-2. Разработка проектной и рабочей конструкторской документации на ракетную технику (комплексы ракет-носителей, ракеты космического назначения, ракеты-носители, ракетные блоки и их составные части).	ПК-2.1. Знать: - конструкции изделия ракетной техники (в том числе, ракетные двигатели), а также современные средства автоматизации проектирования ракетной техники; - системы и методы проектирования ракетной техники; - методики проведения технических расчетов при конструировании и составных частей ракетной техники.	1,2,3	1,2,3	1,2,3
	ПК-2.2. Уметь: - читать проектную и конструкторскую документацию, составлять технические предложения на вновь разрабатываемую ракетную технику и ее составные части, системы и агрегаты; - обрабатывать и анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, использовать их при проектировании двигателей, узлов и агрегатов ракетной техники, ее составных блоков и систем; - применять специальные методики технических расчетов характеристик и параметров конструкции ракетной техники.	2	2,3	1,2
	ПК-2.3. Владеть навыками: - подготовки проектов технических предложений, сбора и анализа информации для подготовки эскизных, технических проектов на составные части, системы и агрегаты ракетной техники, технических заданий, конструкторской документации для производства ракетной техники, а также порядка согласования конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники в организации; - разработки графических чертежей, общих компоновок ракетной техники и ее составных блоков и систем, а также формирования и выпуска конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники; - проведения технических расчетов по ракетной технике и ее составным частям, определения массо-центровочных и инерционных характеристик ракет, а также модельных (оценочных) аэродинамических, гидравлических, тепловых расчетов, расчетов нагружения, прочности и жесткости элементов конструкции	2	3	1,3

ПК-5. Способность находить баллистические, прочностные, жесткостные, термоупругие, диссипативные и теплофизические характеристики современных композитных материалов, определять структурные параметры материалов с заданным набором свойств, а также создавать композитные стержневые и оболочечные элементы	ПК-5.1. Знать: - методы расчета и особенности конструирования изделий из пластмасс, полимеров, теплозащитных и композиционных материалов; - типы и характеристики современных полимеров, теплозащитных, композиционных материалов и способов их сочетания, основные виды материалов конструкционного и функционального назначения, а также требования к материалам для различных условий эксплуатации; - традиционные и прогрессивные методы формования изделий из композиционных материалов.	3	3	3
	ПК-5.2. Уметь: - определять физические и механические свойства материалов при различных видах испытаний; - выбирать теплозащитные и композиционные материалы, пластмассы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий; - находить необходимые технологические процессы изготовления материалов, исходя из требуемых эксплуатационных свойств.	2	3	1
	ПК-5.3. Владеть навыками: - расчета физико-механических свойств теплозащитных и композиционного материала в зависимости от свойств компонентов; - самостоятельного выбора полимеров и композиционных материалов для заданных условий эксплуатации; - составления и использования традиционных и новых технологических процессов получения материалов.	1	1,2	2,3

3. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули)

Дисциплина изучается на 4 курсе во 7 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин: Высшая математика, Вариационные методы, Физика, Теоретическая механика, Основы устройства ракет.

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): Конструирование ракет, Надежность технических систем, Управление эксплуатацией ракет

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Структура дисциплин

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы					СРС	Содержание самостоятельной работы
				контактная						
				лек	пр	лаб	КЧА			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Силы и моменты, действующие на ракету в полете	4	7	2	2				Подготовка к экзамену
2	Программный невозмущенный полет баллистической ракеты	11	7	2	2	4		3	Курсовая работа. Подготовка к экзамену
3	Возмущенное движение ракеты.	7	7	2	2			3	Курсовая работа. Подготовка к экзамену
4	Стабилизация осей ракеты	8	7	2	2	4			Курсовая работа. Подготовка к экзамену
5	Модели движения ракет головной части ракеты на пассивном участке траектории	7	7	2	2			3	Курсовая работа. Подготовка к экзамену
6	Баллистические основы управления точкой падения головной части ракеты	13	7	2	4	4		3	Курсовая работа. Подготовка к экзамену
7	Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом упругости корпуса	11	7	2	2	4		3	Курсовая работа. Подготовка к экзамену
8	Рассеяние ракет при полете	5	7	2				3	Курсовая работа. Подготовка к экзамену
9	Курсовой проект		7					36	Оценка курсовой работы
10	Экзамен		7				3,4	35,6	Оценка выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости
Всего 7 семестр		144	7	16	16	16	3,4	92,6	

4.2. Содержание разделов курса и формируемых в них компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма текущего контроля
1	Силы и моменты, действующие на ракету в полете	ПК-2.1	2	2	2,3	Конспект лекций.
2	Программный невозмущенный полет баллистической ракеты	ПК-2.2	2	2,3	1,2	Конспект лекций.
3	Возмущенное движение ракеты.	ПК-5.1	3	3	3	Конспект лекций. Смотр курсовой работы.
4	Стабилизация осей ракеты	ПК-5.2	2	3	1	Конспект лекций.
5	Модели движения ракет головной части ракеты на пассивном участке	ПК-2.3	2	3	1	Конспект лекций
6	Баллистические основы управления точкой падения головной части ракеты	ПК-5.3				Конспект лекций

7	Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом упругости корпуса	ПК-2.3	2	3	3	Конспект лекций. Смотр курсовой работы.
8	Рассеяние ракет при полете	ПК-2.1	1,3	1,3	1	Конспект лекций
9	Курсовая работа	ПК-2, ПК-5	1-3	1-3	1-3	Конспект лекций. Защита курсовой работы

4.3. Наименование тем лекций, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лекций	Трудоемкость (час)
1.	1	Сила тяги двигательной установки. Сила притяжения. Потенциал силы притяжения материальной точки, системы точек, тела произвольной формы. Потенциал силы притяжения для сферической и эллипсоидальной моделей Земли. Сила тяжести и ее потенциал. Ускорение свободного парения. Краткие сведения об атмосфере. Стандартная атмосфера. Аэродинамические силы и моменты. Силы и моменты, создаваемые органами управления.	2
2	2	Общие сведения о полете ракеты. Принципы программирования. Система управления баллистической ракеты. Общая схема и особенности программного полета. Уравнения плоского продольного движения и полетные свойства летательного аппарата. Уравнения пространственного движения ракеты. Система уравнений системы управления; уравнения кинематических и геометрических связей; система дифференциальных уравнений пространственного движения ракеты.	2
3	3	Возмущения, действующие на ракету. Методы исследования возмущенного движения ракеты: малых отклонений; линеаризации и решения уравнений; задания возмущений. Отклонения параметров движения.	2
4.	4	Характеристики ракеты как управляемого объекта. Гироскопические приборы автомата угловой стабилизации. Коррекция сигналов ошибки. Усиление управляющих сигналов. Исполнительный привод рулевых органов. Характеристики ракеты с автоматом угловой стабилизации.	2
5	5	Уравнения свободного движения летательного аппарата в плотных слоях атмосферы. Упрощенные уравнения продольного движения центра масс летального аппарата в атмосфере. Уравнения свободного движения центра масс летательного аппарата без учета сопротивления внешней среды.	2

6	6	Отклонения точки падения. Задача управления дальностью полета. Методы управления дальностью. Задача управления боковым отклонением точки падения. Возможные методы управления боковым отклонением точки падения. Ошибки прицеливания. Влияние ошибок прицеливания на отклонение точки падения	2
7	7	Качественная картина влияния упругости корпуса на движение ракеты. Постановка задачи. Уравнение поперечных изгибных колебаний. Уравнение упругого осциллятора. Возмущения, обусловленные упругостью корпуса. Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом упругости ее корпуса.	2
8	8	Задача определения рассеивания баллистических ракет. Характеристики рассеивания. Методы оценивания характеристик рассеивания. Максимальная прицельная дальность полета ракеты. Условный прямоугольник разведения. Способы уменьшения рассеивания ракет	2
Всего 7 семестр			16

4.4. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (час)
1.	1	Силы и моменты, действующие на ракету.	2
2.	2	Уравнения плоского движения ракеты и полетные свойства	2
3	3	Возмущенное движение ракеты.	2
4	4	Расчет характеристик стабилизации осей при полете ракеты	2
5	5	Движение головной части ракеты на пассивном участке траектории.	2
6	6	Управление точкой падения головной части.	4
7	7	Возмущенное движение ракеты с учетом упругости корпуса.	2
Всего 7 семестр			16

4.5. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (час)
1	2	Моделирование уравнения плоского движения ракеты.	4
2	4	Определение углов Эйлера в задачах стабилизации полета ракеты.	4
3	6	Расчет точки падения головной части.	4
4	7	Моделирование уравнений возмущенного движения ракеты с учетом упругости ее корпуса.	4
Всего 7 семестр			16

5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

Для контроля результатов освоения дисциплины проводятся:
защиты предварительно выданных индивидуальных заданий студентам по аэродинамическим расчетам ракет различного класса.

Примечание: Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам:

- освоения дисциплины – экзамен,
- по результатам защиты курсовой работы – зачет с оценкой

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Лысенко Л.Н. Наведение баллистических ракет. –М: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. -445с.
2. Формирование облика зенитной управляемой ракеты и динамический анализ ее системы управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. Н. Илюхин, С. В. Беневольский, В. В. Грабин. — Электрон. текстовые данные. — М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2012. — 84 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31586.html>.
3. Динамика полета. Часть 1. Траектории летательных аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Д. Саленко, А.Д. Обуховский. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 140 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44916.html>.

б) дополнительная литература

4. Основы теории космического полета. Часть 1. Системы координат, расчет времени, невозмущенное движение [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Корянов, В.П. Казаковцев. - Электрон. текстовые данные. -М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2013. -68с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31609.html>.
5. Основы теории космического полета. Часть 2. Возмущенное движение космических аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Корянов, В.П. Казаковцев. — Электрон. текстовые данные. -М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2014. -61с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31610.html>.
6. Аэродинамика и динамика полета [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Белов, А. В. Гордиенко, В. Д. Проскурин. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 110 с. — 978-5-7410-1200-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52316.html>
7. Гиперзвуковая аэродинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 134 с. — 978-5-7410-1828-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78901.html>.

в) методические указания

1. Атмосфера стандартная ГОСТ 4401-81. - М.: Издательство стандартов, 1981.
2. Справочное пособие по экспериментальной баллистике ракетно-космических средств. Москва, 2001г.-76с.
3. Динамика полета. Часть 1. Траектории летательных аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Д. Саленко, А.Д. Обуховский. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. -140 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44916.html>.
4. Аэродинамика и динамика полета [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Белов, А.В. Гордиенко, В.Д. Проскурин. - Электрон. текстовые данные. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. - 110 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52316.html>.
5. Ефремов А.В. Динамика полета [Электронный ресурс]: учебник / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко,

В.Н. Овчаренко. — Электрон. текстовые данные. -М.: Машиностроение, 2011. -776 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5219.html>.

6. Уразбахтин Ф.А. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАКЕТЫ И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ. Методические указания по выполнению курсовой работы по баллистике ракет. – Воткинск, 2018. -54с.

7. Безгласный С.П. Стабилизация программных движений динамических систем. Электронные методические указания к курсовой работе. – Самара, изд-во Самарского гос. аэрокосмического ун-та. 2010. -51с.

8. Расчет аэродинамических характеристик летательных аппаратов: Учеб.пособие / Васильев В.В., Морозов Л.В., Шахов В.Г. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1993. 79с.

г) перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет

1. Библиотечная система ФГБОУ ВО ИжГТУ имени М.Т.Калашникова http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS .

2. ЭБС IPRbooks - учебники и учебные пособия, монографии, производственно-практические, справочные издания, деловая литература. Ежемесячное пополнение новыми электронными изданиями, периодикой <https://www.iprbookshop.ru/>

3. Библиографическая БД <https://elibrary.ru/>

4. Платформа SpringerLink SpringerNature <https://rd.springer.com/> и <http://materials.springer.com/>

5. База данных zbMath <https://zbmath.org/>

6. Национальная электронная библиотека (НЭБ) <https://rusneb.ru/>

д) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Microsoft Office (лицензионное ПО)

2. SMathStudio (свободно распространяемое ПО)

3. Онлайн - трансляторы алгоритмических языков программирования

4. GPSS world for students (свободно распространяемое ПО)

5. Онлайн – калькуляторы различных типов.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционные занятия

Учебные аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации для большой аудитории (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные работы

Учебная аудитория (ауд. № 219, адрес: 427430, Удмуртская Республика, г. Воткинск, ул. П.И. Шувалова, д. 1) для практических занятий укомплектована специализированной мебелью и компьютерными средствами обучения (ПК) с доступом к сети Интернет и электронной информационно-образовательной среде ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова».

3. Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (ауд. № 224, адрес: 427430, Удмуртская Республика, г. Воткинск, ул. П.И. Шувалова, д. 1).

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Оценочные средства

по дисциплине
Внешняя баллистика ракет
(наименование – полностью)

специальность 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

код, наименование – полностью

специализация) Ракетно-космические композитные конструкции
наименование – полностью

уровень образования: специалитет

форма обучения: очная
очная/очно-заочная/заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 4 зачетных единицы

1. Оценочные средства

Оценивание формирования компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины.

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций представлены ниже.

Коды компетенции и индикаторов	Результат обучения (знания, умения и навыки)	Формы текущего и промежуточного контроля
ПК-2. Разработка проектной и рабочей конструкторской документации на ракетную технику (комплексы ракет-носителей, ракеты космического назначения, ракеты-носители, ракетные блоки и их составные части).	ПК-2.1. Знать: - конструкции изделия ракетной техники (в том числе, ракетные двигатели), а также современные средства автоматизации проектирования ракетной техники; - системы и методы проектирования ракетной техники; - методики проведения технических расчетов при конструировании и составных частей ракетной техники.	Защита курсовой работы. Зачет с оценкой.
	ПК-2.2. Уметь: - читать проектную и конструкторскую документацию, составлять технические предложения на вновь разрабатываемую ракетную технику и ее составные части, системы и агрегаты; - обрабатывать и анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, использовать их при проектировании двигателей, узлов и агрегатов ракетной техники, ее составных блоков и систем; - применять специальные методики технических расчетов характеристик и параметров конструкции ракетной техники.	Защита курсовой работы. Зачет с оценкой.

	ПК-2.3. Владеть навыками: - подготовки проектов технических предложений, сбора и анализа информации для подготовки эскизных, технических проектов на составные части, системы и агрегаты ракетной техники, технических заданий, конструкторской документации для производства ракетной техники, а также порядка согласования конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники в организации; - разработки графических чертежей, общих компоновок ракетной техники и ее составных блоков и систем, а также формирования и выпуска конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники; - проведения технических расчетов по ракетной технике и ее составным частям, определения массо-центровочных и инерционных характеристик ракет, а также модельных (оценочных) аэродинамических, гидравлических, тепловых расчетов, расчетов нагружения, прочности и жесткости элементов конструкции ракетной техники.	Защита курсовой работы. Зачет с оценкой.
ПК-5. Способность находить баллистические, прочностные, жесткостные, термоупругие, диссипативные и теплофизические характеристики современных композитных материалов, определять структурные параметры материалов с заданным набором свойств, а также создавать композитные стержневые и оболочечные элементы	ПК-5.1. Знать: - методы расчета и особенности конструирования изделий из пластмасс, полимеров, теплозащитных и композиционных материалов; - типы и характеристики современных полимеров, теплозащитных, композиционных материалов и способов их сочетания, основные виды материалов конструкционного и функционального назначения, а также требования к материалам для различных условий эксплуатации; - традиционные и прогрессивные методы формования изделий из композиционных материалов.	Защита курсовой работы. Зачет с оценкой.
	ПК-5.2. Уметь: - определять физические и механические свойства материалов при различных видах испытаний; - выбирать теплозащитные и композиционные материалы, пластмассы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий; - находить необходимые технологические процессы изготовления материалов, исходя из требуемых эксплуатационных свойств.	Защита курсовой работы. Зачет с оценкой.

	ПК-5.3. Владеть навыками: - расчета физико-механических свойств теплозащитных и композиционного материала в зависимости от свойств компонентов; - самостоятельного выбора полимеров и композиционных материалов для заданных условий эксплуатации; - составления и использования традиционных и новых технологических процессов получения материалов.	Защита курсовой работы. Зачет с оценкой.
--	--	---

Описание элементов для оценивания формирования компетенций

Наименование: экзамен за теоретический материал

Перечень вопросов для проведения экзамена:

1. Основные задачи внешней баллистики ракет.
2. История развития внешней баллистики.
3. Принципы и классификация летательных аппаратов.
4. Схемы получения подъемной силы и моментов управления в летательных аппаратах.
5. Тяга ракеты и реактивная сила Мецера. Удельная тяга в пустоте и на Земле.
6. Сила притяжения. Потенциал силы притяжения.
7. Потенциалы силы притяжения для сферической и эллипсоидальной моделей Земли.
8. Сила тяжести и ее потенциал. Ускорение свободного падения.
9. Сведения об атмосфере. Форма и размеры Земли.
10. Системы координат на поверхности Земли. Определение координат и высот точек.
11. Аэродинамические силы и моменты.
12. Силы и моменты, создаваемые органами управления.
13. Общие сведения о полете ракеты. Принципы программирования.
12. Система управления баллистической ракеты.
13. Общая схема и особенности программного полета.
14. Векторные свойства плоского продольного движения. Динамические уравнения.
15. Уравнения кинематических и геометрических связей плоского продольного движения.
16. Уравнения системы управления.
17. Общая система уравнений плоского продольного движения ракеты.
18. Программа угла тангажа. Характер изменения угла атаки.
19. Ускорение, кажущееся ускорение, перегрузка.
20. Скорость, кажущаяся скорость; маневренность, поворотливость и устойчивость движения.
21. Уравнения пространственного движения центра масс ракеты.
22. Системы координат; связь между системами координат; матрицы направляющих косинусов при пространственном движении ракеты.
23. Определение проекций ускорения силы тяжести и ускорения Кориолиса на оси стартовой системы координат.
24. Уравнения пространственного движения вокруг центра масс ракеты.
25. Система уравнений системы управления ракеты.
26. Уравнения кинематических и геометрических связей в пространственном движении ракеты.
27. Система дифференциальных уравнений пространственного движения ракеты.
28. Возмущения, действующие на ракету.
29. Обзор методов исследования возмущенного движения ракеты.
30. Отклонения параметров движения.
- * * *
31. Характеристики ракеты как управляемого объекта.
32. Гироскопические приборы автомата угловой стабилизации.
33. Коррекция сигналов ошибки в системе стабилизации ракеты.
34. Исполнительный привод рулевых органов ракеты.
35. Характеристики ракеты с автоматом угловой стабилизации.
36. Структурная схема системы стабилизации по курсу ракеты.

37. Исполнительный привод рулевых органов
38. Уравнения свободного движения летательного аппарата в плотных слоях атмосферы (пассивный участок траектории).
39. Упрощенные уравнения продольного движения центра масс летального аппарата в атмосфере (пассивный участок траектории).
40. Уравнения свободного движения центра масс летательного аппарата без учета сопротивления внешней среды на пассивном участке траектории.
41. Отклонения точки падения головной части ракеты.
42. Задача управления дальностью полета головной части ракеты.
43. Методы управления дальностью полета ракеты.
44. Задача управления боковым отклонением точки падения головной части ракеты.
45. Возможные методы управления боковым отклонением точки падения головной части ракеты.
46. Ошибки прицеливания. Влияние ошибок прицеливания на отклонение точки падения.
47. Качественная картина влияния упругости корпуса на движение ракеты.
48. Уравнение поперечных изгибных колебаний ракеты.
49. Постановка задачи возмущенного движения ракеты.
50. Уравнение упругого движения ракеты как осциллятора.
51. Возмущения, обусловленные упругостью корпуса ракеты.
52. Уравнения возмущенного движения ракеты с учетом упругости ее корпуса.
53. Задача определения рассеивания при полете баллистических ракет.
54. Характеристики рассеивания баллистических ракет.
55. Методы оценивания характеристик рассеивания.
56. Максимальная прицельная дальность полета ракеты.
57. Условный прямоугольник разведения.
58. Способы уменьшения рассеивания ракет.

Пример билета зачет с оценкой

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Экзаменационный билет к зачету № по дисциплине «Внешняя баллистика ракет»

Вопрос 1. Программа угла тангажа. Характер изменения угла атаки.

Вопрос 2. Задача управления боковым отклонением точки падения головной части ракеты..

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры Ракетостроения

« » 20__ г. Протокол №

Зав. кафедрой, _____/ ФИО

2. Критерии и шкалы оценивания

Для контрольных мероприятий (текущего контроля) устанавливается минимальное и максимальное количество баллов в соответствии с таблицей. Контрольное мероприятие считается пройденным успешно при условии набора количества баллов не ниже минимального.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

<i>Разделы дисциплины</i>	<i>Форма контроля</i>	<i>Количество баллов</i>	
		<i>min</i>	<i>max</i>
1	2	3	4

1	Конспект лекций.	5	10
2	Конспект лекций.	5	10
3	Конспект лекций.	5	10
4	Конспект лекций.	5	10
5	Конспект лекций.	5	10
6	Конспект лекций.	5	10
7	Конспект лекций.	5	10
8	Конспект лекций.	5	10
	Итого 7 семестр	40	80

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

<i>Наименование, обозначение</i>	<i>Показатели выставления минимального количества баллов</i>
Конспект лекций. Наличие отчета по выполнению индивидуальных заданий. Защита отчетов	Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. На защите реферата даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом.

Промежуточная аттестация по дисциплине во 7 семестре проводится в форме экзамена.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

<i>Оценка</i>	<i>Набрано баллов</i>
«отлично»	75-80
«хорошо»	74-60
«удовлетворительно»	59-40
«не удовлетворительно»	менее 40

Если сумма набранных баллов менее 40 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Если сумма баллов составляет от 40 до 80 баллов, обучающийся допускается к зачету с оценкой. Билет к экзамену включает 2 вопроса.

Промежуточная аттестация проводится в компьютерном зале. Время на подготовку: 40 минут.

Наименование: зачет с оценкой за курсовую работу

Задание на выполнение курсовой работы задается в форме индивидуального задания. Образец индивидуального задания:

Образец технического задания на выполнение курсовой работы

2. Образец технического задания на выполнение курсовой работы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет

имени М.Т. Калашникова»

Воткинский филиал ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

Утверждаю:

Заведующий кафедрой

«Ракетостроение»

_____/_____/

«__» февраля 20__ г.

Структурное подразделение Воткинский филиал

Кафедра «Ракетостроение»

Дисциплина Баллистика ракет

Курс четвертый Группа С08-041-1

Студент _____ Дата _____

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Тема: «Определение аэродинамических нагрузок, действующих на ракету _____ при полете» (вариант №__)

Краткое обоснование и основные цели работы: Аэродинамический расчет является важнейшим элементом аэродинамического исследования ракет или его отдельных частей (корпуса, крыльев, оперения, управляющих устройств). Результаты такого расчета используются при траекторных вычислениях, при решении задач, связанных с прочностью движущихся объектов, при определении летно-технических характеристик ракеты.

При определении аэродинамических характеристик рекомендуется использовать принцип расчленения характеристик на отдельные компоненты для изолированных корпусов и несущих поверхностей (крылья и оперение), а также их комбинации. В этом случае аэродинамические силы и моменты определяются в виде суммы соответствующих характеристик (для изолированного корпуса, крыльев и оперения) и интерференционных поправок, обусловленных эффектами взаимодействия.

Аэродинамические силы и моменты следует определять с использованием аэродинамических коэффициентов.

Целью работы является овладение – методикой определения множества аэродинамических сил и моментов, действующих на ракету по ее тактико-техническим характеристикам.

В ИТОГЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПРЕДСТАВЛЕНЫ:

а) поэтапный расчет аэродинамических сил и моментов, действующих на заданную ракету, а также координаты центра давления;

б) множество значений аэродинамических сил и моментов, представленных в табличной и графической формах;

в) программный комплекс расчета множества аэродинамических сил и моментов, действующих на заданную ракету, а также координаты центра давления;

г) презентация курсовой работы.

Список основной литературы:

1. Лысенко Л.Н. Наведение баллистических ракет. -М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. -445с.

Список дополнительной литературы:

1. Дмитриевский А.А., Богодистов С.С. Внешняя баллистика. – М.: Машиностроение, 1991. - 640с.

- «неудовлетворительно» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос и не решил

правильно задачи;

- «удовлетворительно» - обучающийся развернуто и правильно ответил на вопросы одной задачи или правильно решил правильно только одну задачу;
- «хорошо» - обучающийся развернуто и правильно ответил на вопросы обеих задач и правильно решил только одну задачу;
- «отлично» - обучающийся развернуто и правильно ответил на все вопросы и правильно решил все задачи.