

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



Рабочая программа

По дисциплине: **Строительная механика ракет**

для специальности: 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов. Специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива

форма обучения: *очная*

Общая трудоемкость дисциплины составляет: **5 зачетных единиц(ы)**

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры			
			7	8		
Контактные занятия (всего)		48	48			
В том числе:						
Лекции (Л)		24	24			
Практические занятия (ПЗ)		16	16			
Семинары (С)						
Лабораторные работы (ЛР)		8	8			
Самостоятельная работа (всего)		132	96	36		
В том числе:						
Курсовой проект (работа)		36		36		
Расчетно-графические работы						
Реферат						
Другие виды самостоятельной работы						
<i>Вид промежуточной аттестации: экзамен</i>		36	36			
Общая трудоемкость	часы	180	144	36		
	з.е.	5	4	1		

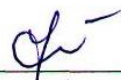
Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Уразбахтин Федор Асхатович, доктор технических наук, профессор

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по специальности 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов. Специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива №1517 от 01.12.2016 г. и утверждена на заседании кафедры.

Протокол от 20 апреля 2019 г. №8__

Заведующий кафедрой «Ракетостроение»

 /Ф.А.Уразбахтин

22 апреля 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН «24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (уровень специалитета)», специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

 Уразбахтин Ф.А.

24 апреля 2019 г.

Количество часов рабочей программы соответствует количеству часов рабочего учебного плана по специальности 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива

Ведущий специалист учебной части
ВФ ФГБОУ имени М.Т. Калашникова

 Соловьева Л.Н.

25 апреля 2019 г.

Аннотация к дисциплине **Строительная механика ракет**

Название модуля		СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА РАКЕТ					
Номер	83		Академический год		2019/2020	семестр	7,8
кафедра	Ракето-строение	Программа	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»				
Гарант модуля	Уразбахтин Ф.А., д.т.н., профессор						
Цели и задачи дисциплины, основные темы	Цели: подготовка специалистов к профессиональной деятельности, связанной с проведением анализа и обоснованием вариантов возможных принципиальных решений в области ракетно-космической техники по вопросам прочности и устойчивости. Задачи: формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетентций в области оценки исторического пути развития ракетостроения; выбор расчетных схем и моделей для проведения прочностных и динамических расчетов конструкций; выполнение проектных и оценочных расчетов на основе аналитических решений; проведение расчетов на ЭВМ с использованием конечно-элементных моделей; разработка методов расчета конструкций ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ; обеспечение оптимального проектирования конструкций, исходя из критерия весового совершенства; разработка обоснованных технических заданий на проведение испытаний натурных конструкции и моделирование прочностных характеристик изделий; обработка и анализ экспериментальных данных, полученных в процессе статических и динамических испытаний конструкций. Знания: основ теории расчета на прочность и устойчивость стержневых систем, пластин и оболочек при различных видах нагружения; методов проектных и проверочных расчетов корпусов и элементов конструкций ЛА; методов расчета элементов конструкций на прочность и колебания; методов составления программ и методик проведения статических и динамических испытаний; методов разработки технических заданий на проведение испытаний. Умения: проводить расчеты на прочность и устойчивость пластин, стержневых и оболочечных конструкций при различных способах нагружения; выбирать расчетные схемы и модели для проведения прочностных и динамических расчетов панелей, отсеков и агрегатов конструкций при заданных внешних воздействиях; выполнять проектные и оценочные расчеты на прочность, устойчивость и колебания конструкций на основе аналитических решений; составлять технические задания на проведение экспериментальных работ по отработке прочности конструкций ЛА; проводить расчеты на ЭВМ с использованием конечно-элементных моделей. Навыки: методиками нахождения оптимальных решений и пакетами стандартных программ; методиками расчета на прочность и устойчивость пластин, стержневых и оболочечных конструкций при различных способах нагружения; навыками разработки методов расчета конструкций ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ; навыками обеспечения оптимального проектирования конструкций, исходя из критерия весового совершенства; навыками разработки обоснованных технических заданий на проведение испытаний натурных конструкции и моделирование прочностных характеристик изделий; навыками обработки и анализа экспериментальных данных, полученных в процессе статических и динамических испытаний конструкций. Лекции (основные темы): Теоретические основы и методы решения задач строительной механики. Стержни, балки, фермы, рамы, кольца. Теория пластин. Основы теории тонких оболочек. Практические занятия: Решения задач строительной механики с помощью энергетических теорем. Расчет стержневых систем. Расчет круглых и прямоугольных пластин. Расчет тонких оболочек.						
Основная литература	1. Виноградов Ю.И. Методы исследования концентрации напряжений в тонкостенных элементах конструкций аэрокосмических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсам «Прочность летательных аппаратов», «Строительная механика» — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. -92 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31073.html. 2. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: Учебник для вузов /А.Е.Саргсян. -М.: Высшая школа, 2008.-462с. 3. Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Строительная механика установок» / В. С. Абакумов, В. А. Зверев, В. В. Ломакин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 23 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31568.html.						
Технические средства	стандартно оборудованная лекционная аудитория, компьютерный класс						
Компетенции	Приобретаются студентами при освоении модуля						
Общекультурные	-						
Профессиональные	ОПК-1. Понимание целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности профессии инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения. ОПК-2. Понимание роли математических и естественнонаучных наук и способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей). ОПК-6. Готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности. ПК-5. Способностью разрабатывать проектные решения несущих и вспомогательных конструкций, сооружений с использованием систем автоматизированного проектирования в соответствии с Единой системой конструкторской документации и системой проектной документацией в строительстве с использованием современных программных комплексов. ПК-8. Способность проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов. ПСК-5.1. Способность и готовностью проводить проекторочные расчёты						
Зачетных единиц	5	Форма проведения занятий	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	

		Всего часов.		24		16		8		96/36	
Виды контроля	Экзамен	КП/КР	Условие зачета дисциплины	Получение оценки «3,4 или 5»		Форма проведения самостоятельной работы	Подготовка к лекциям и практическим занятиям, экзамену, выполнение курсовой работы				
формы	Э	да									
Перечень модулей, знание которых необходимо для изучения модуля			Математический анализ, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Линейная алгебра, Информатика (общий курс), Высшая математика, Вариационные методы, Физика, Теоретическая механика, Сопротивление материалов.								

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов к профессиональной деятельности, связанной с проведением анализа и обоснованием вариантов возможных принципиальных решений в области ракетно-космической техники по вопросам прочности и устойчивости

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки исторического пути развития ракетостроения;
- выбор расчетных схем и моделей для проведения прочностных и динамических расчетов конструкций;
- выполнение проектных и оценочных расчетов на основе аналитических решений;
- проведение расчетов на ЭВМ с использованием конечно-элементных моделей
- разработка методов расчета конструкций ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ;
- обеспечение оптимального проектирования конструкций, исходя из критерия весового совершенства;
- разработка обоснованных технических заданий на проведение испытаний натурных конструкции и моделирование прочностных характеристик изделий;
- обработка и анализ экспериментальных данных, полученных в процессе статических и динамических испытаний конструкций.

2. Требования к результатам освоения дисциплины:

2.1. Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Знания
1.	Основ теории расчета на прочность и устойчивость стержневых систем, пластин и оболочек при различных видах нагружения.
2.	Методов проектных и проверочных расчетов корпусов и элементов конструкций ЛА.
3.	Методов расчета элементов конструкций на прочность и колебания
4.	Методов составления программ и методик проведения статических и динамических испытаний.
5.	Методов разработки технических заданий на проведение испытаний.

2.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Умения
1.	Проводить расчеты на прочность и устойчивость пластин, стержневых и оболочечных конструкций при различных способах нагружения.
2.	Выбирать расчетные схемы и модели для проведения прочностных и динамических расчетов панелей, отсеков и агрегатов конструкций при заданных внешних воздействиях.
3.	Выполнять проектные и оценочные расчеты на прочность, устойчивость и колебания конструкций на основе аналитических решений.
4.	Составлять технические задания на проведение экспериментальных работ по отработке прочности конструкций ЛА.
5.	Проводить расчеты на ЭВМ с использованием конечно-элементных моделей.

2.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
-------	--------

1.	Нахождения оптимальных решений с помощью пакетов стандартных программ.
2.	Проведения по методикам расчетов на прочность и устойчивость пластин, стержневых и оболочечных конструкций при различных способах нагружения.
3.	Использования методов расчета конструкций ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ.
4.	Обеспечения оптимального проектирования конструкций, исходя из критерия весового совершенства.
5.	Разработки обоснованных технических заданий на проведение испытаний натурных конструкции и моделирование прочностных характеристик изделий.
6.	Обработки и анализа экспериментальных данных, полученных в процессе статических и динамических испытаний конструкций.

2.4. Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Знания (№№ из 3.1)	Умения (№№ из 3.2)	Навыки (№№ из 3.3)
ОПК-1. Понимание целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности профессии инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения.	1,4	3	4,6
ОПК-2. Понимание роли математических и естественнонаучных наук и способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей).	1,3	3,5	2,3,6
ОПК6. Готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности.	5	4	5
ПК-5. Способностью разрабатывать проектные решения несущих и вспомогательных конструкций, сооружений с использованием систем автоматизированного проектирования в соответствии с Единой системой конструкторской документации и системой проектной документацией в строительстве с использованием современных программных комплексов.	1,3	4	1,2,4
ПК-8. Способность проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов.	2,3,4	2,4	2,4,5
ПСК-5.1. Способность и готовностью проводить проектировочные расчёты баллистических ракет с ракетными двигателями твердого топлива различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твердотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем.	1,2,5	1,3	2,3,5

3. Место дисциплины в структуре ООП ВО:

3.1. Дисциплина относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП ВО.

3.2. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Математический анализ, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Линейная алгебра, Информатика, Высшая математика, Вариационные методы, Физика, Теоретическая механика, Сопротивление материалов.

3.3. Для изучения дисциплины студент должен:

знать

- основные теоремы математического анализа, понятия производной и интеграла, способы решения дифференциальных уравнений;
- методы составления алгоритмов, основные математические языки программирования;
- основные физические законы;
- теоремы теоретической механики;
- основные положения теории прочности, методы расчета на растяжение, сжатие, кручение и изгиб стержней, рам, ферм;

уметь:

- находить производные нескольких переменных, вычислять интегралы, решать обыкновенные дифференциальные уравнения различных видов;
- решать задачи по определению основных физических параметров;
- используя основные положения теоретической механики составлять уравнения, описывающие статику и динамику механизмов;
- строить эпюры напряженного состояния элементов конструкций, работающих на растяжение, сжатие, кручение и изгиб;
- рассчитывать конструкции на устойчивость;

владеть:

- приемами получения информации в среде Интернет и самостоятельной работы с литературными источниками;
- основами умственного труда (запоминать, анализировать, оценивать);
- приемами программирования на языках высокого уровня и работе со стандартными программными комплексами.

3.4. Освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее для изучения дисциплин (модулей) и практик: *Конструирование летательных аппаратов; Проектирование летательных аппаратов.*

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)**4.1. Разделы дисциплин, виды учебной работы, формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации***

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек	прак	лаб	СРС	
1	Основы теории упругости	7	1 2 3 4	 4 4	2 2		6	Устный (фронтальный) опрос
2	Стержневые системы	7	5 6 7 8	 2 2	 2 2	2	30	Контрольная работа 1 1 аттестация
3	Теория пластин	7	9 10 11	 4	 2	4	30	Устный (фронтальный) опрос

			12	4	2			
4	Основы теории тонких оболочек	7	13	2		2	30	
	Экзамен		14		2			
			15	2				
			16		2			
			17					Контрольная работа 2 2 аттестация Вопросы к экзамену
5	Курсовая работа	8					36	Темы КР
	Всего			32	16	8	132	

* Включая курсовую работу

4.2. Содержание разделов дисциплины и формируемые компоненты компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Компоненты компетенций		
		Знания (№№ из 3.1)	Умения (№№ из 3.2)	Навыки (№№ из 3.3)
1.	Основы теории упругости			
	Место строительной механики среди дисциплин специальности.	1	1	2
	Основы теории упругости: геометрическая теория деформаций; связь между напряжениями и деформациями; первая и вторая граничные задачи в теории упругости.			
	Основные теоремы строительной механики.	1,3	1,2	5,6
	Примеры решения краевых задач прямыми методами.	1	1	5,6
2.	Многомерные задачи строительной механики.	2	2	3,4
	Численные методы решения систем: метод конечных разностей; метод конечных элементов (МКЭ).	2,3,4	3	3,1
	Стержневые системы			
	Продольные колебания стержней.	1	1,2	2
	Кинематический анализ плоских и пространственных ферм.	1	1,2	2
3.	Классическая теория изгиба балок Бернулли-Эйлера.	1	2	2,6
	Балка Тимошенко, основные гипотезы изгиба.	1	2	2
	Уравнения деформации круговых колец.	1	1	4,3
	Теория пластин			
	Расчетная схема пластины.	1	1,2	1
4.	Цилиндрический изгиб пластин, чистый изгиб пластин, кручение пластин.	2	2,3	2
	Расчет тонких ортотропных пластин.	2,3	2,3	1,2
	Круглые пластины.	2,3	2,3	2
	Теория пластин Тимошенко.	1	1	2
	Основы теории тонких оболочек			
	Расчетная схема оболочки.	1	1,3	5
	Геометрия деформированной поверхности.			
	Оболочка как трехмерный объект.	1	2	3,5
	Напряженно-деформированное состояние тонкой оболочки.	1	2,5	1
	Уравнения равновесия и движения. Граничные условия.	1	2	3

	Оболочки вращения. Расчеты оболочек вращения на основе приближенных теорий.	2,3	1,3,5	1,4
	Полубезмоментная теория цилиндрических оболочек.	2,3	1,3,5	1,4
	Безмоментная теория оболочек, основные гипотезы.	2,3	1,3,4	1,4

4.3. Наименование тем практических работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы практического занятия	Трудоемкость (час)
1	1	Основные понятия и общие уравнения теории упругости. Общие свойства напряженно-деформированных состояний. Плоская задача теории упругости.	4
2	2	Изгиб однопролетных балок. Многопролетные неразрезные балки и рамы. Расчет криволинейных стержней и рам. Матричные методы расчета стержневых систем.	4
3	3	Изгиб и устойчивость пластин. Точные, приближенные и численные методы расчета.	4
4	4	Расчет оболочек летательных аппаратов: цилиндрические, конические и сферические оболочки. Методы расчета по безмоментной и моментной теориям расчета.	4
Всего:			16

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы практического занятия	Трудоемкость (час)
1	2	Экспериментальное определение характеристик стержневых систем	2
2	3	Определение характеристик пластин на изгиб.	4
3	4	Определение характеристик осесимметричных оболочек ракет.	4
Всего			16

5. Содержание самостоятельной работы студентов Оценочные средства для текущего контроля успеваемости промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Содержание самостоятельной работы

Номер раздела	Наименование тем	Сроки выполнения (№ недели)	Трудоемкость (час.)	Форма контроля
1	7 семестр			
	1. Решение задач теории упругости	4	6	Еженедельный контроль за выполнением задач.
	2. Расчет статически неопределимых стержневых систем	8	30	Еженедельный контроль за выполнением задач.
	3. Расчет пластин при плоском напряженном состоянии	12	30	Еженедельный контроль за выполнением задач.

	4. Расчет конических оболочек ракеты	16	30	Еженедельный контроль за выполнением задач.
2	8 семестр			
	Выполнение курсовой работы*	15	36	1. Выдача технического задания на написание курсовой работы. 2. Анализ существующих методик по расчетам использования ресурсов. 3. Сбор и обработка информации для написания работы. 4. Проведение анализа эффективности использования: - основных фондов подразделения машиностроительного предприятия, - персонала подразделения машиностроительного предприятия. 5. Проведение анализа влияния негативных факторов внешней среды на основные показатели деятельности предприятия. 6. Оформление курсовой работы. 7. Подготовка к защите работы. 8. Защита курсовой работы.

* Вариант курсовой работы задается преподавателем. Курсовая работа содержит две из трех задач: 1) анализ напряженно-деформированного состояния при оценке прочности элемента конструкции ракеты; 2) расчет на прочность и жесткость круглых пластин при осесимметричном изгибе; 3) расчет на прочность оболочки вращения при осесимметричном нагружении

4	Выполнение курсовой работы.	1.Выдача технического задания на написание курсовой работы. 2. Анализ существующих методик по расчетам использования ресурсов. 3.Сбор и обработка информации для написания работы. 4. Проведение анализа эффективности использования: - основных фондов подразделения машиностроительного предприятия, - персонала подразделения машиностроительного предприятия. 5. Проведение анализа влияния негативных	36
---	-----------------------------	--	----

		факторов внешней среды на основные показатели деятельности предприятия. 6. Оформление курсовой работы. 7. Подготовка к защите работы. 8. Защита курсовой работы.	
--	--	---	--

5.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

Оценочные средства, используемые для текущего контроля успеваемости студентов и их промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля), их виды и формы, требования к ним и шкалы оценивания приведены в Приложении к РПД «Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Строительная механика ракет».

(наименование - полностью)

6. Рекомендуемые образовательные технологии

В данном курсе используются классические аудиторные методы обучения.

Образовательная технология	Кол-во ауд. часов при изучении дисциплины (модуля)
1. Иллюстративный материал, представленный в слайдах.	4
2. Работа в малых группах	4
Всего	8(16,7%)

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

7. а) основная литература:

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	Виноградов Ю.И. Методы исследования концентрации напряжений в тонкостенных элементах конструкций аэрокосмических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсам «Прочность летательных аппаратов», «Строительная механика». — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. -92 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31073.html .	2011
2.	Строительная механика. Механика инженерных конструкций: Учебник для вузов /А.Е.Саргсян. -М.: Высшая школа, 2008.-462с.	2008
3.	Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Строительная механика установок» / В. С. Абакумов, В. А. Зверев, В. В. Ломакин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 23 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31568.html	2007

б) дополнительная литература:

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	Иванов С.П. Изгиб прямоугольных пластин [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. Текстовые данные. - Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2011. -96 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22572.html .	2011
2.	Соколов С. А. Строительная механика и металлические конструкции машин [Электронный ресурс]: учебник. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Политехника, 2016. -423 с. — 978-5-7325-1093-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/59487.html	2016
3.	Строительная механика. В 2-х кн. Кн. 2. Динамика и устойчивость упругих систем: Учебное пособие для вузов /А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев.-М.: Высш. школа, 2008.-384с.	2008
4.	Строительная механика. В 2-х кн. Кн.1.Статика упругих систем: Учебник для вузов /В.Д. Потапов, А.В. Александров, С.Б. Косицын, Д.Б. Долотказина.-М.: Высш. школа, 2007.-511с.	2007

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Microsoft Office 2016.
2. KMPlayer.
3. OpenOffice.
4. APM WinMachine 15

д) методические указания

1. **Уразбахтин Ф.А.** Варианты и требования к выполнению курсовой работы. Методические указания по выполнению курсовой работы по строительной механике ракет. – Воткинск, 2018. -48с.
2. **Строительная механика** [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / С.П. Иванов, О.Г. Иванов, С.Д. Гольман. Электрон. текстовые данные. - Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2010. -92 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22598.html> (вход по паролю).
3. **Сорокин Ф.Д.** Численный расчет круглых несимметрично нагруженных пластин переменной в радиальном направлении толщины [Электронный ресурс]: методические указания. Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. -36 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31657.html> (вход по паролю).
4. **Строительная механика** [Электронный ресурс]: контрольные задания и методические указания к их выполнению / Сост. С. П. Иванов, О. Г. Иванов. — Электрон. текстовые данные. — Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2011. — 124 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22597.html>.
5. **Галабурда М. А.** Строительная механика [Электронный ресурс]: методические рекомендации по проведению практических занятий / Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2011. -46 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46765.html>.
6. **Строительная механика** несущих конструкций и механизмов стартового оборудования [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Строительная механика установок» / В. С. Абакумов, В. А. Зверев, В. В. Ломакин [и др.]. — Электрон.

текстовые данные. -М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. -23 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31568.html>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ п/п	Наименование оборудования учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования
1.	Учебная мультимедийная аудитория 314. Воткинского филиала. Оборудование: парты, стол преподавателя, доска аудиторная, проектор, компьютер.
2.	Аудитория №219. Именная лаборатория конструирования и проектирования ракет АО «Воткинский завод». Оборудование: парты, стол преподавателя, доска аудиторная, ноутбук, компьютеры, телевизор, стенд (наглядное пособие), программное обеспечение.
3.	Аудитория для самостоятельной работы обучающегося - читальный зал Воткинского филиала ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова».

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ НА УЧЕБНЫЙ ГОД

Рабочая программа дисциплины утверждена на ведение учебного процесса в учебном году

Учебный год	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись, дата)
2018-2019	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 25.08.2018 г.
2019-2020	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 26.08.2019 г.
2020-2021	
2021-2022	
2022-2023	
2023-2024	
2024-2025	

Лист утверждения рабочей программы дисциплины (модуля) на учебный год

Рабочая программа дисциплины утверждена на введение учебного процесса в учебном году:

<i>УЧЕБНЫЙ ГОД</i>	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись и дата)
2019- 2020	
2020- 2021	
2021 – 2022	
2022 - 2023	
2023 - 2024	
2024- 2025	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное федеральное образовательное учреждение
высшего образования

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Воткинский филиал

Кафедра «Ракетостроение»

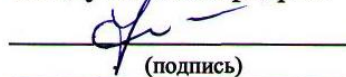
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН

на заседании кафедры

«_20_»_04_2019 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

 Уразбахтин Ф.А.
(подпись)

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Строительная механика ракет

(наименование дисциплины)

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

Специализация – РАКЕТЫ С РАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

(наименование профиля/специализации/магистерской программы)

Специалист

Квалификация (степень) выпускника

Воткинск 2019

Содержание

Раздел	Стр.
Содержание	2
Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Строительная механика ракет»	3
1. Зачетно-экзаменационные материалы	3
2. Комплекты оценочных средств	4
3. Темы для самостоятельной работы	8
4. Критерии формирования оценок на зачете	8

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

«Строительная механика ракет» (наименование дисциплины)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Теоретические основы и методы решения задач строительной механики	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	
2	Стержни, балки, фермы, рамы, кольца.	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	Собеседование по вопросам по лекционному материалу
3	Теория пластин	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	
4	Основы теории тонких оболочек	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	Темы для самостоятельной работы
5	Экспериментальные методы строительной механики	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	Собеседование по вопросам по лекционному материалу

- Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.

1. Зачетно-экзаменационные материалы

Перечень контрольных вопросов для проверки остаточных знаний и для проведения экзамена.

1. Роль российских ученых в создании и совершенствовании методов расчета напряженно-деформированного состояния и устойчивости конструкций.
2. Геометрические соотношения механики деформируемых тел.
3. Дифференциальные уравнения равновесия в механике деформируемых тел.
4. Физические уравнения механики деформируемых тел.
5. Решение задачи механики деформируемых тел в перемещениях.
6. Решение задачи механики деформируемых тел в напряжениях.
7. Потенциальная энергия деформации упругой системы.
8. Полная энергия упругой системы.
9. Вариационный принцип Лагранжа.
10. Задача об изгибе балки.
11. Дополнительная потенциальная энергия.
12. Вариационный принцип Кастильяно.
13. Принцип наименьшей работы.
14. Теорема Кастильяно.
15. Метод Ритца-Тимошенко решения задач строительной механики.
16. Метод Бубнова-Галеркина решения задач строительной механики.
17. Конечно-разностный метод решения задач строительной механики.
18. Расчетные схемы стержневых систем. геометрическая неизменяемость.
19. Статически определимые фермы. Метод вырезания узлов.
20. Определение перемещений узлов в статически определимых фермах.
21. Определение усилий и перемещений узлов в стержнях статически неопределимых фермах.
22. Определение перемещений в рамах.
23. Определение усилий при нагружении в плоскости шпангоута.
24. Определение перемещений шпангоута.

25. Расчет шпангоутов, нагруженных перпендикулярно их плоскости.
26. Метод перемещений при расчете рам. Канонические уравнения.
27. Определение коэффициентов конических уравнений в методе перемещений.
28. Метод сил в матричной форме.
29. Учет температурных воздействий при расчете стержневых систем в матричной форме.
30. Метод перемещений в матричной форме.
31. Расчетная схема пластины. Гипотезы Кирхгофа.
32. Уравнения теории тонких пластин.
33. Соотношения плоского напряженного состояния пластин.
34. Однородное плоское напряженное состояние.
35. Концентрация напряжений в пластине с отверстиями.
36. Уравнения теории изгиба пластин и граничные условия.
37. Расчет прямоугольных пластин методом Навье.
38. Расчет прямоугольных пластин методом Леви.
39. Расчет прямоугольных пластин методом Ритца-Тимошенко.
40. Расчет прямоугольных пластин методом Бубнова-Галеркина.
41. Расчет прямоугольных пластин методом сеток.
42. Уравнения изгиба круглых пластин.
43. Осесимметричный изгиб круглых пластин.
44. Уравнения равновесия безмоментной оболочки при осесимметричной нагрузке.
45. Сферическая и цилиндрическая безмоментные оболочки под внутренним давлением.
46. Напряжения в безмоментных оболочках от гидростатического давления.
47. Расчет верхних днищ от действия внутреннего гидростатического давления.
48. Напряжения в полусферической оболочке под воздействием аэродинамической нагрузки.
49. Перемещения в симметрично нагруженной цилиндрической оболочке.
50. Перемещения в симметрично нагруженной конической оболочке.
51. Дифференциальные уравнения равновесия оболочек при действии произвольной нагрузки.
52. Усилия в полусферической оболочке от ветровой нагрузки.
53. Усилия в конической оболочке от ветровой нагрузки.
54. Расчет цилиндрической оболочки от действия сосредоточенных сил и моментов.
55. Расчет цилиндрической оболочки на осесимметричную нагрузку.
56. Подкрепленная цилиндрическая оболочка под действием осевого сжатия и внутреннего давления.
57. Определение напряжений в подкрепленной цилиндрической оболочке при нагружении изгибающим моментом, осевой и поперечной силами.

2. Комплекты оценочных средств

2.1. **Вопросы** к собеседованию на темы: *«Теоретические основы и методы решения задач строительной механики. Стержни, балки, фермы, рамы, кольца»:*

а) по лекционному материалу:

- Роль российских ученых в создании и совершенствовании методов расчета напряженно-деформированного состояния и устойчивости конструкций.
- Геометрические соотношения механики деформируемых тел.
- Дифференциальные уравнения равновесия в механике деформируемых тел.
- Физические уравнения механики деформируемых тел.
- Решение задачи механики деформируемых тел в перемещениях.
- Решение задачи механики деформируемых тел в напряжениях.
- Потенциальная энергия деформации упругой системы.
- Полная энергия упругой системы.
- Вариационный принцип Лагранжа.
- Задача об изгибе балки.
- Дополнительная потенциальная энергия.
- Вариационный принцип Кастильяно.
- Принцип наименьшей работы.

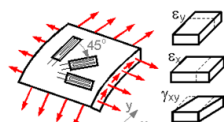
- Теорема Кастильяно.
- Метод Ритца-Тимошенко решения задач строительной механики.
- Метод Бубнова-Галеркина решения задач строительной механики.
- Конечно-разностный метод решения задач строительной механики.
- Расчетные схемы стержневых систем. геометрическая неизменяемость.
- Статически определимые фермы. Метод вырезания узлов.
- Определение перемещений узлов в статически определимых фермах.
- Определение усилий и перемещений узлов в стержнях статически неопределимых фермах.
- Определение перемещений в рамах.
- Определение усилий при нагружении в плоскости шпангоута.
- Определение перемещений шпангоута.
- Расчет шпангоутов, нагруженных перпендикулярно их плоскости.
- Метод перемещений при расчете рам. Канонические уравнения.
- Определение коэффициентов конических уравнений в методе перемещений.
- Метод сил в матричной форме.
- Учет температурных воздействий при расчете стержневых систем в матричной форме.
- Метод перемещений в матричной форме;

б) по практическим занятиям:

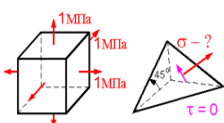
1. Перемещения в упругом теле определяются следующими выражениями:

$$u = a(x + y - 5 + 0,5z)z; \quad v = a(y + 0.5z)zs; \quad w = a(xy + yz + xz).$$

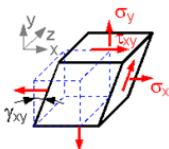
Определить деформации тела.



2. Какой тензометр (датчик деформации) покажет касательную деформацию $\gamma_{xy} = ?$



3. Дано объемное напряженное состояние. Какие нормальные напряжения возникают на наклонной плоскости?



4. Каким выражением будет описываться касательная деформация γ_{xy} ?

A. $\frac{1}{E}[\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)]$ B. $\frac{1}{E}\tau_{xy}$ C. $\frac{1}{G}[(\tau_{xy} + \mu(\sigma_x + \sigma_y))]$ D. $\frac{1}{G}\tau_{xy}$

5. Удовлетворяются ли уравнения равновесия?



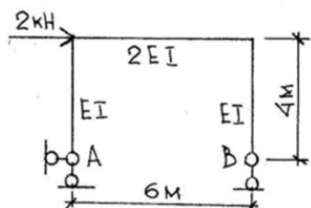
$$\sigma_x = \frac{F}{I}(x-L)y \quad \tau_{xy} = \frac{F}{2I}(c^2 - y^2)$$

где $F, I, L, c = \text{const}$

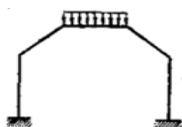
6. В чем анализ расчетной схемы сооружения?

заключается кинематический

7. Что такое линия влияния усилий? Постройте линию влияния для реакции опоры в однопролетной балке.



8. Определите горизонтальное перемещение опоры B:



9. Выберите основную систему для

На собеседовании задается два вопроса и одна задача. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- «**неудовлетворительно**» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос и не решил правильно задачу;
- «**удовлетворительно**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос или правильно решил задачу;
- «**хорошо**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса или правильно решил задачу и развернуто и правильно ответил на вопрос
- «**отлично**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса и правильно решил задачу

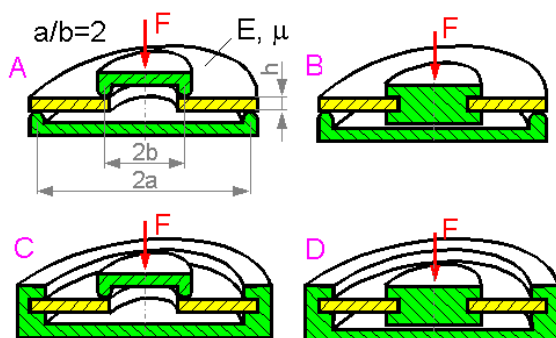
2.2. Вопросы к собеседованию на темы: «Теория пластин. Основы теории тонких оболочек. Экспериментальные методы строительной механики»:

а) по лекционному материалу:

- Расчетная схема пластины. Гипотезы Кирхгофа.
- Уравнения теории тонких пластин.
- Соотношения плоского напряженного состояния пластин.
- Однородное плоское напряженное состояние.
- Концентрация напряжений в пластине с отверстиями.
- Уравнения теории изгиба пластин и граничные условия.
- Расчет прямоугольных пластин методом Навье.
- Расчет прямоугольных пластин методом Леви.
- Расчет прямоугольных пластин методом Ритца-Тимошенко.
- Расчет прямоугольных пластин методом Бубнова-Галеркина.
- Расчет прямоугольных пластин методом сеток.
- Уравнения изгиба круглых пластин.
- Осесимметричный изгиб круглых пластин.
- Уравнения равновесия безмоментной оболочки при осесимметричной нагрузке.
- Сферическая и цилиндрическая безмоментные оболочки под внутренним давлением.
- Напряжения в безмоментных оболочках от гидростатического давления.
- Расчет верхних днищ от действия внутреннего гидростатического давления.
- Напряжения в полусферической оболочке под воздействием аэродинамической нагрузки.
- Перемещения в симметрично нагруженной цилиндрической оболочке.
- Перемещения в симметрично нагруженной конической оболочке.
- Дифференциальные уравнения равновесия оболочек при действии произвольной нагрузки.
- Усилия в полусферической оболочке от ветровой нагрузки.
- Усилия в конической оболочке от ветровой нагрузки.
- Расчет цилиндрической оболочки от действия сосредоточенных сил и моментов.
- Расчет цилиндрической оболочки на осесимметричную нагрузку.
- Подкрепленная цилиндрическая оболочка под действием осевого сжатия и внутреннего давления.
- Определение напряжений в подкрепленной цилиндрической оболочке при нагружении изгибающим моментом, осевой и поперечной силами.

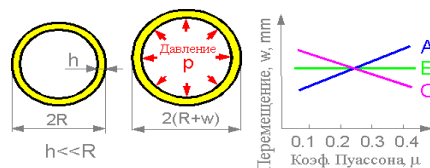
б) по практическим занятиям:

1. Две пластины разной толщины подвержены изгибу. Все размеры, кроме толщины, равны. В какой пластине будет наибольшее значение изгибающего момента M ?

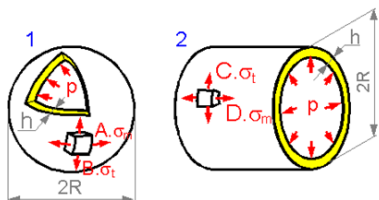


2. В каком образце напряжение изгиба в круглой пластине наибольшее?

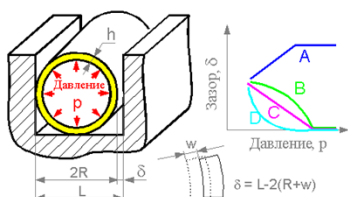
3. Классификация пластин. Виды внутренних усилий.
4. Погонные внутренние усилия и их связь с кривизнами пластины.
5. Использование двойных тригонометрических рядов при расчете прямоугольных пластин на изгибе. Решение Навье для изотропной пластины.



6. Как влияет коэффициент Пуассона на увеличение радиуса w в тонкостенной сфере?



7. Какой компонент напряжения, и для какого тела под давлением наибольший?



8. Как изменяется зазор δ , если давление увеличивается?

9. Сформулируйте основные положения безмоментной теории оболочек? В каких случаях можно использовать безмоментную теорию?
10. Какая оболочка называется осесимметричной?

На собеседовании задается два вопроса и одна задача. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- «**неудовлетворительно**» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос и не решил правильно задачу;
- «**удовлетворительно**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос или правильно решил задачу;
- «**хорошо**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса или правильно решил задачу и развернуто и правильно ответил на вопрос
- «**отлично**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса и правильно решил задачу.

3. Темы для самостоятельной работы

3.1. Варианты заданий для самостоятельной работы: выполнение расчетно-графической работы

1. *Расчетно-графическая работа 1.* Малые колебания механических систем с одной степенью свободы.

Вариант задания:

1. Для упругого тела известны деформации: $\varepsilon_x = 10^{-5}(y-3)$; $\varepsilon_y = 10^{-5}(z-2)$; $\varepsilon_z = 10^{-5}(x-1)$; $\gamma_{xy} = 10^{-5}x$; $\gamma_{xz} = 10^{-5}z$; $\gamma_{yz} = 10^{-5}y$. Определить перемещения точек тела при следующих условиях прикрепления тела к осям координат: перемещения точки $A = (1, 3, 2)$ равны нулю; углы поворота элемента du вокруг оси OZ , элемента dz вокруг оси OY и элемента dz вокруг оси OX равны нулю в начале координат.

2. Для упругого тела с $E = 2 \cdot 10^6$, $\mu = 0,25$ известны напряжения: $\sigma_x = 100(z - 4)$; $\sigma_y = 100(x + 3)$; $\sigma_z = 100(x + y)$; $\tau_{xy} = 0$; $\tau_{yz} = 200(x + 5)$. Определить перемещения тела, если в $A = (0,0,0)$ $u = v = w = 0$; $\frac{\partial u}{\partial y} = 0$; $\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial v}{\partial z} = 0,125$.
3. Напряжения в пластине, отнесенной к декартовой системе координат, равны $\sigma_x = p + \sigma_o \frac{y}{a}$; $\sigma_y = 0$; $\gamma_{xy} = \tau$, где p, τ, σ_o - постоянные. Определить напряжения $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_{r\theta}$ в полярных координатах, если полюс совмещен с началом координат декартовой системы.

3.2. Примерные темы курсовых работ (задачи расчета элементов ракеты)

ВАРИАНТ 1

1. Расчеты на прочность и жесткость круглой стальной пластины при осесимметричном изгибе.
2. Анализ напряженно-деформированного состояния при оценке прочности элемента конструкции ракеты.

ВАРИАНТ 2

1. Анализ напряженно-деформированного состояния при оценке прочности элемента конструкции ракеты.
2. Расчеты на прочность оболочки вращения при осесимметричном изгибе.

4. Критерии формирования оценок на экзамене

4.1. Допущенным к экзамену считается обучающийся:

- имеющий конспект 100% лекций;
- выполнивший все лабораторные задания;
- получивший «удовлетворительно» и выше оценки на собеседованиях;
- выполнивший расчетно-графические работы;
- получивший положительные оценки на собеседованиях;
- выполнивший расчетно-графические работы.

На экзамен задается два вопроса и одна задача.

Критерии оценок:

- «**неудовлетворительно**» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос и не решил правильно задачу;
- «**удовлетворительно**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос или правильно решил задачу;
- «**хорошо**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса или правильно решил задачу и развернуто и правильно ответил на вопрос
- «**отлично**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса и правильно решил задачу.

4.2. Допущенным к защите курсовой работы считается обучающийся:

- выполнивший и оформивший пояснительную записку;
- подготовившийся к защите курсовой работы;
- оформивший презентацию к представлению материалов курсовой работы;
- получивший заключение по «антиплагиату» пояснительной записки (предельно допустимый порог заимствования не должен превышать 35%).

Критерии оценок защиты курсовой работы:

- - **«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.

5. Методика организации текущего контроля

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)					Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3	4	5			
1	2	3	4	5	6	7	4	5	6
Лекции	1А	*	*				Письменно конт. раб.1	6.1	30
	2А			*	*	*	Письменно конт. раб.2	6.1	30
	3А	*	*	*	*	*	Устно доп. вопросы	6.1	10
Практические занятия (семинары)	1А	*	*				Работа на занятии Устно доп. вопросы	6.1	5
	2А			*	*	*	Работа на занятии Устно доп. вопросы	6.1	5
	3А	*	*	*	*	*	Устно доп. вопросы	6.1	
Лабораторные занятия	1А	н е т							
	2А								
	3А								
Самостоятельная работа	1А						Задания к темам лекций и практическим занятиям	4.1, 6.1	5
	2А						Задания к темам лекций и практическим занятиям	4.1, 6.1	5

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)					Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3	4	5			
1	2	3	4	5	6	7	4	5	6
Посещение занятий	1А	*	*					-	5
	2А			*	*	*		-	5
Экзамен	В конце семестра	*	*	*	*	*	Собеседование	6.2	10
Всего баллов								90/100	

Обозначения, используемые в таблице:

1А, 2А,3А– 1, 2,3 контрольная точка (аттестация)

8 семестр

Вид обучения	Содержание работ	Максимальный балл
Выполнение курсовой работы.	1.Выдача технического задания на написание курсовой работы.	10
	2. Анализ существующих методик по расчетам типовых элементов ракеты.	25
	3.Сбор и обработка информации для выполнения расчетов.	
	4. Проведение расчетов: - в первой задаче, - во второй задаче.	20
	5. Проведение анализа влияния факторов внешней среды на характеристики прочности и жесткости элементов ракеты.	20
	6. Оформление курсовой работы.	20
	7. Подготовка к защите работы.	10
	8. Защита курсовой работы.	5
	Всего	110