

**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: **Расчет на прочность и жесткость элементов ракеты**

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: 4 зачетных единиц(ы)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7			
<b>Контактные занятия (всего)</b>	48	48			
В том числе:					
Лекции (Л)	16	16			
Практические занятия (ПЗ)	16	16			
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	16	16			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	96	96			
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
Другие виды самостоятельной работы	94	94			
<i>Вид промежуточной аттестации: зачет</i>	2	2			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>часы</b>	<b>144</b>	<b>144</b>		
	<b>з.е.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		



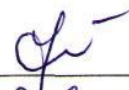
Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Уразбахтин Федор Асхатович, доктор технических наук, профессор

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /Ф.А.Уразбахтин


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 24 августа, 2018 г. №1

Заведующий кафедрой «Ракетостроение»  /Ф.А.Уразбахтин  
25.08. 2018 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.  
27.08.2018 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.  
27.08 2018 г.

Аннотация к дисциплине **РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ РАКЕТЫ**

Название дисциплины		РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ РАКЕТЫ				
Номер	83	Академический год		2018/2019	семестр	7
кафедра	Ракето-строение	Программа	24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»			
Составитель	Уразбахтин Ф.А., д.т.н., профессор					
Цели и задачи дисциплины, основные темы	<p><b>Цели:</b> подготовка специалистов к проведению прочностных расчетов элементов ракетной техники.</p> <p><b>Задачи:</b> формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки прочности ракетных конструкций; выбор расчетных схем и моделей для проведения прочностных и динамических расчетов основных элементов ракетной конструкции; разработка методов расчета элементов конструкции ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ; обеспечение оптимального проектирования элементов конструкции ЛА, исходя из критерия весового совершенства.</p> <p><b>Знания:</b> основы расчета на прочность и устойчивость типовых элементов ракеты при различных видах нагружения; методы проектных и проверочных расчетов корпусов и элементов конструкций ЛА; методы расчета элементов конструкций на прочность и колебания.</p> <p><b>Умения:</b> проводить расчеты на прочность и устойчивость типовых элементов ракеты 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.</p> <p><b>Навыки:</b> методиками нахождения оптимальных решений пакетами стандартных программ; методиками расчета на прочность и устойчивость типовых элементов ракеты 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.</p> <p><b>Лекции (основные темы):</b> Конструкция и материалы корпусов ракет. Определение нагрузок, действующих на ракету и нормирование прочности конструкции. Расчет сухих отсеков. Корпус, сопловой блок и заряд твердотопливного ракетного двигателя. Тонкостенные элементы ракетных конструкций. Расчет узлов соединений.</p> <p><b>Практические занятия:</b> Определение статических и динамических нагрузок, действующих на корпус ракеты. Расчет на прочность, жесткость и устойчивость отсеков ракеты. Расчет на прочность и жесткость камеры РДТТ. Расчет на прочность и жесткость соплового блока РДТТ. Расчет на прочность и жесткость топливного заряда. Тонкостенные элементы, ослабленные отверстиями. Расчет узлов соединений.</p>					
Основная литература	<p>1. Кузьмина Р.П. Мягкие оболочки [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые данные. — Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. — 272 с. — 978-5-4344-0330-6. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/69360.html">http://www.iprbookshop.ru/69360.html</a>. 2. Полунин А.И. Теоретические основы динамики вращающейся на опорах крупногабаритной оболочки [Электронный ресурс]: монография / — Электрон. текстовые данные. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. -80 с. -978-5-361-00502-4. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/80523.html">http://www.iprbookshop.ru/80523.html</a>. 3. Расчет на прочность элементов конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. А. Абдулхаков, В. М. Котляр, С. Г. Сидорин. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 119 с. — 978-5-7882-1324-8. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/62576.html">http://www.iprbookshop.ru/62576.html</a>.</p>					
Технические средства	стандартно оборудованная лекционная аудитория, компьютерный класс					
Компетенции	<b>Приобретаются студентами при освоении модуля</b>					
Общекультурные	-					
Профессиональные	<p><b>ОПК-1.</b> Понимание целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности профессии инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения. <b>ОПК-2.</b> 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). <b>ОПК-6.</b> Готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности. <b>ПК-5.</b> 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. <b>ПК-8.</b> 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. <b>ПК-5.1.</b> 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.</p>					

Зачетных единиц	4	Форма проведения занятий		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
		Всего часов		16	16	16	96
Виды контроля	Зачет	КП/КР	Условие зачета	Получение оценки «зачтено»	Форма проведения самостоятельной работы	Подготовка к лекциям и практическим занятиям, контрольным работам, зачету	
формы	3	нет	дисциплины				
Перечень модулей, знание которых необходимо для изучения модуля			Математический анализ, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Линейная алгебра, Информатика, Высшая математика, Вариационные методы, Физика, Теоретическая механика, Сопротивление материалов.				

## 1. Цели и задачи дисциплины:

**Целью** преподавания дисциплины является подготовка специалистов к участию в создании ракетной техники, в области проектно-конструкторской, научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности.

### Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки прочности ракетных конструкций;
- выбор расчетных схем и моделей для проведения прочностных и динамических расчетов основных элементов ракетной конструкции;
- разработка методов расчета элементов конструкции ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ;
- обеспечение оптимального проектирования элементов конструкции ЛА, исходя из критерия весового совершенства.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО:

**2.1.** Дисциплина «Расчет на прочность и жесткость элементов ракеты» относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП ВО.

**2.2.** Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин: Математический анализ, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Линейная алгебра, Информатика (общий курс), Высшая математика, Вариационные методы, Физика, Теоретическая механика, Сопротивление материалов.

**2.3.** Для изучения дисциплины студент должен:

### знать:

- основные теоремы математического анализа, понятия производной и интеграла, способы решения дифференциальных уравнений;
- методы составления алгоритмов, языки программирования высокого уровня;
- 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 в виде стержней на устойчивость;

**владеть:**

- приемами получения информации в среде Интернет и самостоятельной работы с литературными источниками;
- основами умственного труда (запоминать, анализировать, оценивать).

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

**3. Требования к результатам освоения дисциплины:****3.1. Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины**

№ п/п	Знания
1.	Основ теории расчета на прочность и устойчивость типовых элементов ракеты при различных видах нагружения.
2.	Методов проектных и проверочных расчетов корпусов и элементов конструкций ЛА.
3.	Методов расчета элементов конструкций на прочность и жесткость

**3.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины**

№п/п	Умения
1.	Проводить расчеты на прочность и устойчивость типовых элементов ракетных 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.

**3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины**

№ п/п	Навыки
1.	Нахождения и обеспечение оптимальных решений с помощью пакетов стандартных программ.
2.	Проведение типового расчета на прочность и устойчивость.
3.	Разработки методов расчета конструкций ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ.

**3.4. Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины**

Компетенции	Знания (№№ из 3.1)	Умения (№№ из 3.2)	Навыки (№№ из 3.3)
<b>ОПК-1.</b> Понимание целей и задач инженерной деятельности в современной науке и производстве, сущности профессии инженера как обязанности служить обществу и профессии, следуя кодексу профессионального поведения.	1,2	2	2
<b>ОПК-2</b> 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,	1	1	1

полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей).			
<b>ОПК-6</b> Готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности.	1,2	2	2
<b>ПК-5.</b> 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.	3	3	2,3
<b>ПК-8.</b> 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	3,2	3
<b>ПСК-5.1.</b> 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	3,1	2,3

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплин и виды занятий (очная форма обучения)

№ 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	<b>Конструкция и материалы корпусов ракет</b>	7	1				16	Выдача заданий РГР-1
			2	2				
			3					
			4	2				
2	<b>Определение нагрузок, действующих на ракету и нормирование прочности конструкции</b>	7	5				16	Прием РГР-1 Контрольная работа 1 1 аттестация.
			6	2	2			
			8	2	2			
3	<b>Расчет сухих отсеков</b>	7	9			5	16	Выдача заданий РГР-2
			10	2	2			



			11					
4	<b>Корпус, сопловой блок и заряд твердотопливного ракетного двигателя</b>	7	12 13 14	2 2	2 4	6	16	
5	<b>Тонкостенные элементы ракетных конструкций. Расчет узлов соединений</b>	7	15 16	2	4	5	16	Прием РГР-2
	<b>Зачет</b>	7					2	Контрольная работа 2 2 аттестация.
	<b>Всего</b>			<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>96</b>	Вопросы к зачету

#### 4.2. Содержание разделов курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Компоненты компетенций		
		Знания (номер из 3.1)	Умения (номер из 3.2)	Навыки (номер из 3.3)
1.	<b>Конструкция и материалы корпусов ракет.</b>			
	Компоновочные и конструктивно-силовые схемы.	1,3	1,2	2
	Конструкционные и теплозащитные материалы.	1,3	1,2	2
2.	<b>Определение нагрузок, действующих на ракету и нормирование прочности конструкции</b>			
	Уравновешивание поверхностных сил инерционными нагрузками. Интегрирование дифференциальных уравнений равновесия корпуса ракеты. Распределенные поверхностные нагрузки.	1,2	2	3
	Исходные данные по баллистике и управляемости. Методика статического расчета нагрузок ракеты по схеме жесткой балки.	3	2,3	2,3
	Особенности динамического нагружения ракеты. Колебания корпуса ракеты.			
	Математические модели основных прочностных отказов. Запас прочности и прочностная надежность конструкции. Расчетные случаи. Коэффициенты безопасности.	3,2 2,3	3 2	2 1
3.	<b>Расчет сухих отсеков.</b>			
	Конструктивно-силовых схемы.	2	1,2	2
	Устойчивость равновесия сжатых элементов.	3	3	2,3
	Расчет неподкрепленной обечайки. Вафельная обечайка. Сферическое гладкое днище. Распорный шпангоут.	1,3	2,3	1,2
	Расчет корпуса головной части ракеты.	2,3	3	1,2
Расчет головного обтекателя, ферменных и стрингерных отсеков.	1,2	3	1,2	
4.	<b>Корпус, сопловой блок и заряд твердотопливного ракетного двигателя</b>			
	Оболочка металлического корпуса. Днище. Выбор параметров комбинированного корпуса.	1	1,2	1

	Оболочка из композиционного материала.	2,3	2,3	2
	Определение параметров армирования и выбор конструктивных форм корпуса.	2	3	3
	Определение температурных полей, возникающих в сопловом блоке.	1,3	3	2,3
	Определение термонапряженного состояния соплового блока двигателя. Оценка прочности.	2	3	2,3
5.	<b>Тонкостенные элементы ракетных конструкций.</b> Оболочки, нагруженные местной осесимметричной нагрузкой.	1,3	1	2
	Определение напряжений в подкрепленных оболочках.	3	2	3
	Расчет элементов, подкрепляющих отверстия в оболочках.	3	3	2
	Устойчивость подкрепленных оболочек.	2,3	3	3
6.	<b>Расчет узлов соединений</b> Фланцевые соединения в ракетных конструкциях.	2,3	1	1
	Определение параметров жесткости.	3	2	2,3
	Уточненная методика расчета упругого состояния фланцевого соединения.	3	2	2,3
	Расчет шпангоутов.	2	3	2
	Клиновые соединения. Уточненная методика.	2	3	2
	Резьбовые соединения в ракетных конструкциях.	2,3	3	2
	Герметичное резьбовое соединение.	2,3	3	2

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы практического занятия	Трудоемкость (час)
1	2.	Определение статических и динамических нагрузок, действующих на корпус ракеты.	4
2	3.	Расчет на прочность, жесткость и устойчивость отсеков ракеты.	2
3	4.	Расчет на прочность и жесткость камеры РДТТ. Расчет на прочность и жесткость соплового блока РДТТ. Расчет на прочность и жесткость топливного заряда.	2 2 2
4	5.	Тонкостенные элементы ракетных конструкций. Расчет узлов соединений.	4
	<b>Всего</b>		<b>16</b>

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Трудоемкость (час)
1	3.	Расчет на прочность, жесткость и устойчивость отсеков ракеты с помощью вычислительной техники.	5
2	4.	Расчет на прочность и жесткость камеры РДТТ. Расчет на прочность и жесткость соплового блока РДТТ. Расчет на прочность и жесткость топливного заряда.	6
3	5.	Тонкостенные элементы ракетных конструкций. Расчет	5

	узлов соединений.	
<b>Всего</b>		<b>16</b>

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

### 5.1. Содержание самостоятельной работы

№ раздела	Содержание разделов дисциплины (модуля)	Трудоемкость (час.)	Форма контроля
1	Конструкция и материалы корпусов ракет	16	Еженедельный контроль за написанием реферата.
2	Определение нагрузок, действующих на ракету и нормирование прочности конструкции	16	Еженедельный контроль за выполнением задач.
3	Расчет сухих отсеков	16	Еженедельный контроль за выполнением задач.
4	Корпус, сопловой блок и заряд твердотопливного ракетного двигателя	16	Еженедельный контроль за выполнением задач.
5	Тонкостенные элементы ракетных конструкций. Расчет узлов соединений	16	Еженедельный контроль за выполнением задач.

### 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) «Расчет на прочность и жесткость элементов ракеты».

## 6. Рекомендуемые образовательные технологии

В данном курсе используются классические аудиторные методы обучения.

Технология	Кол-во ауд. часов при изучении модуля
1. Иллюстративный материал, представленный в слайдах.	4
2. Работа в малых группах	4
<b>Всего (процент занятий в интерактивной форме)</b>	<b>8(16,7%)</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

**а) основная литература:**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование книги</b>	<b>Год издания</b>
1.	Кузьмина Р.П. Мягкие оболочки [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные. — Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. — 272 с. — 978-5-4344-0330-6. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/69360.html">http://www.iprbookshop.ru/69360.html</a>	2016
2.	Полунин А.И. Теоретические основы динамики вращающейся на опорах крупногабаритной оболочки [Электронный ресурс]: монография. — Электрон. текстовые данные. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. -80 с. -978-5-361-00502-4. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/80523.html">http://www.iprbookshop.ru/80523.html</a>	2017
3.	Расчет на прочность элементов конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. А. Абдулхаков, В. М. Котляр, С. Г. Сидорин. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 119 с. — 978-5-7882-1324-8. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/62576.html">http://www.iprbookshop.ru/62576.html</a>	2012

**б) дополнительная литература:**

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	Прочность ракетных конструкций/В.А.Моссаковский, А.Г. Макаренков, П.И. Никитин и др. –М.: Высшая школа, 1990. - 359с.	1990
2.	Баллистическая ракета на твердом топливе/А.М. Синюков, Л.И. Волков, А.И. Львов, А.М. Шишкевич. – М.: Воениздат, 1972. - 512с.	1972
3.	Авдонин А.С. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций. –М.: Машиностроение, 1969. - 402с.	1969
4.	Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках [Электронный ресурс]: монография / Х. А. Рахматулин, Ю. А. Демьянов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Логос, Университетская книга, 2009. — 512 с. — 978-5-98704-422-7. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/9132.html">http://www.iprbookshop.ru/9132.html</a>	2009
5.	Рахматулин, Х. А. Прочность и разрушение при кратковременных нагрузках [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. текстовые данные. — М.: Логос, Университетская книга, 2008. — 619 с. — 978-5-98704-278-Х. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/9283.html">http://www.iprbookshop.ru/9283.html</a>	2008
6.	Основы расчета изделия на прочность в приложении NX Расширенная симуляция [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. Ю. Ельцов, П. А. Хахалев. — Электрон. текстовые данные. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014. — 207 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/49716.html">http://www.iprbookshop.ru/49716.html</a>	2014
7.	Расчеты на прочность элементов машиностроительных конструкций в среде МATHCAD: Учебное пособие / Р.К. Вафин, Г.С. Егудуров, Б.И. Зангеев, В.В. Крахт, В.И. Авдеев. - Старый Оскол:ТНТ,2008.- 577с.	2008
8.	Детали машин: типовые расчеты на прочность: Учебное пособие / Т.В.Хруничева.-М.: ИД " Форум": ИНФРА-М, 2009.-224с.- (Профессиональное образование).	2009

**в) перечень информационных технологий программного обеспечения и информационных справочных систем:**

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

**г) методические указания:**

1. Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Строительная механика установок» / В.С. Абакумов [и др.]. Электрон. текстовые данные. -М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. - 23 с. Режим доступа (по паролю): <http://www.iprbookshop.ru/31568.html>.
2. Иванов С.П. 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 / Ф.Д. Сорокин.

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. Темис, Ю. М. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Системы автоматизированного проектирования» / Ю. М. Темис, Х. Х. Азметов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. — 53 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31216.html>

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование оборудования учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования</b>
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.	Лаборатория основ ракетной техники 318 Воткинского филиала. Оборудование: элементы твердотопливных и жидкостных ракетных двигателей согласно паспорту лаборатории.
4.	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. 25.08.2018г.
2019-2020	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 26.08, 2019г.
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 Технология машиностроения и приборостроения

(наименование кафедры)

	УТВЕРЖДЕН на заседании кафедры «24» августа 2018 г., протокол №_1_ Заведующий кафедрой  Уразбахтин Ф.А. (подпись)
--	---

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ РАКЕТЫ**

(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 2018



## Содержание

Раздел	Стр.
Содержание	2
Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Расчет на прочность и жесткость элементов ракеты»	3
1. Зачетно-экзаменационные материалы	4
2. Комплекты оценочных средств	5
3. Темы для самостоятельной работы	7
4. Критерии формирования оценок на зачете	

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине**

**«Расчет на прочность и жесткость элементов ракеты»**

(наименование дисциплины)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Конструкция и материалы корпусов ракет	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	
2	Определение нагрузок, действующих на ракету и нормирование прочности конструкции	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	
3	Расчет сухих отсеков	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	
4	Корпус, сопловой блок и заряд твердотопливного ракетного двигателя	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	Собеседование по вопросам по лекционному материалу
5	Тонкостенные элементы ракетных конструкций.	ОПК2, ОПК1, ОПК6, ПК5, ПК8, ПСК5-1	Темы для самостоятельной работы
6	Расчет узлов соединений	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 зачета

1. Силовые элементы корпуса ракеты.
2. Конструктивно-силовые схемы жидкостных ракет.
3. Конструктивно-силовые схемы твердотопливных ракет.
4. Общая характеристика металлических сплавов, используемых в ракетных конструкциях.
5. Общая характеристика композиционных материалов, используемых в ракетных конструкциях.
6. Теплоизолирующие и теплозащитные материалы.
7. Режимы эксплуатации и действующие нагрузки на ракету
8. Выбор расчетной схемы корпуса ракеты.
9. обобщенный критерий прочности.
10. Продольное нагружение ракеты. Коэффициент продольной перегрузки.
11. Поперечное нагружение ракеты. Коэффициент поперечной перегрузки.
12. Вывод формул погонных продольных и поперечных нагрузок, действующих на ракету.
13. Определение положение центра тяжести и центра давления ракеты.
14. Вывод формул для внутренних силовых факторов, возникающих в ракете по схеме жесткой балки.
15. Поверхностные нагрузки, действующие на ракету.
16. Атмосферные нагрузки, действующие на ракету.
17. Алгоритм построения эпюры продольных сил, возникающих в ракете.
18. Алгоритм построения эпюры поперечных сил и моментов, возникающих в ракете.
19. Динамические нагрузки, действующие на ракету. Коэффициент динамичности.
20. Определение частот и форм продольных колебаний корпуса ракеты.
21. Определение частот и форм поперечных колебаний корпуса ракеты.
22. Математические модели основных прочностных отказов.

23. Запас прочности и прочностная надежность конструкции.
24. Расчетные случаи при эксплуатации баллистической ракеты.
25. Коэффициент безопасности. Основные статистические характеристики.

\* \* \*

26. Конструктивно-силовые схемы головной части, переходных и хвостовых отсеков ракеты.
27. Устойчивость сжатых элементов ракетных конструкций по Эйлеру.
28. Формула Энгессера определения критических напряжений.
29. Устойчивость круговых тонких колец.
30. Устойчивость сжатых пластин.
31. Устойчивость цилиндрической оболочки.
32. Устойчивость сферической и конических оболочек.
33. Расчет на прочность арматуры наконечника головной части.
34. Расчет на прочность неподкрепленного отсека корпуса головной части.
35. Расчет на прочность подкрепленного кольцевыми ребрами отсека корпуса головной части.
36. Расчет на прочность днища корпуса головной части.
37. Расчет на прочность головного обтекателя.
38. Расчет на прочность и устойчивость фермы ракеты.
43. Расчет на прочность и устойчивость стрингерного отсека ракеты.
44. Расчет оболочки металлического корпуса РДТТ.
45. Расчетные случаи нагружения топливного заряда.
46. Оболочка корпуса из композиционного материала.
47. Определение параметров армирования и конструктивной формы корпуса РДТТ.
48. Физико-механические свойства твердых топлив.
49. Критерии прочности твердых топлив.
50. Расчет на прочность и жесткость заряда и корпуса РДТТ при вертикальном хранении.
51. Расчет на прочность и жесткость заряда и корпуса РДТТ при горизонтальном хранении.
52. Расчет на прочность и жесткость заряда и корпуса при работе двигателя.
53. Определение температурного поля в сопловом блоке.
54. Расчет элементов, подкрепляющих отверстия в оболочках.
55. Фланцевые соединения в ракетных конструкциях. Расчет на прочность.
56. Расчет на прочность и жесткость шпангоутов.
57. Расчет резьбовых соединений.
58. Расчет герметичности резьбовых соединений.

## 2. Комплекты оценочных средств

**2.1. Вопросы к собеседованию** по лекционному материалу на темы: *«Конструкция и материалы корпусов ракет. Определение нагрузок, действующих на ракету и нормирование прочности конструкции. Расчет сухих отсеков»*:

- Силовые элементы корпуса ракеты.
- Конструктивно-силовые схемы жидкостных ракет.
- Конструктивно-силовые схемы твердотопливных ракет.
- Общая характеристика металлических сплавов, используемых в ракетных конструкциях.
- Общая характеристика композиционных материалов, используемых в ракетных конструкциях.
- Теплоизолирующие и теплозащитные материалы.
- Режимы эксплуатации и действующие нагрузки на ракету
- Выбор расчетной схемы корпуса ракеты.
- обобщенный критерий прочности.
- Продольное нагружение ракеты. Коэффициент продольной перегрузки.
- Поперечное нагружение ракеты. Коэффициент поперечной перегрузки.
- Вывод формул погонных продольных и поперечных нагрузок, действующих на ракету.
- Определение положение центра тяжести и центра давления ракеты.
- Вывод формул для внутренних силовых факторов, возникающих в ракете по схеме жесткой балки.

- Поверхностные нагрузки, действующие на ракету.
- Атмосферные нагрузки, действующие на ракету.
- Алгоритм построения эпюры продольных сил, возникающих в ракете.
- Алгоритм построения эпюры поперечных сил и моментов, возникающих в ракете.
- Динамические нагрузки, действующие на ракету. Коэффициент динамичности.
- Определение частот и форм продольных колебаний корпуса ракеты.
- Определение частот и форм поперечных колебаний корпуса ракеты.
- Математические модели основных прочностных отказов.
- Запас прочности и прочностная надежность конструкции.
- Расчетные случаи при эксплуатации баллистической ракеты.
- Коэффициент безопасности. Основные статистические характеристики.

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

- «неудовлетворительно» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос;
- «удовлетворительно» - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос;
- «хорошо» - обучающийся правильно ответил на два вопроса;
- «отлично» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса и правильно ответил на дополнительные вопросы.

**2.2. Вопросы к собеседованию по лекционному материалу на темы: «Корпус, сопловой блок и заряд твердотопливного ракетного двигателя. Тонкостенные элементы ракетных конструкций. Расчет узлов соединений»:**

- Конструктивно-силовые схемы головной части, переходных и хвостовых отсеков ракеты.
- Устойчивость сжатых элементов ракетных конструкций по Эйлеру.
- Формула Энгессера определения критических напряжений.
- Устойчивость круговых тонких колец.
- Устойчивость сжатых пластин.
- Устойчивость цилиндрической оболочки.
- Устойчивость сферической и конических оболочек.
- Расчет на прочность арматуры наконечника головной части.
- Расчет на прочность неподкрепленного отсека корпуса головной части.
- Расчет на прочность подкрепленного кольцевыми ребрами отсека корпуса головной части.
- Расчет на прочность днища корпуса головной части.
- Расчет на прочность головного обтекателя.
- Расчет на прочность и устойчивость фермы ракеты.
- Расчет на прочность и устойчивость стрингерного отсека ракеты.
- Расчет оболочки металлического корпуса РДТТ.
- Расчетные случаи нагружения топливного заряда.
- Оболочка корпуса из композиционного материала.
- Определение параметров армирования и конструктивной формы корпуса РДТТ.
- Физико-механические свойства твердых топлив.
- Критерии прочности твердых топлив.
- Расчет на прочность и жесткость заряда и корпуса РДТТ при вертикальном хранении.
- Расчет на прочность и жесткость заряда и корпуса РДТТ при горизонтальном хранении.
- Расчет на прочность и жесткость заряда и корпуса при работе двигателя.
- Определение температурного поля в сопловом блоке.
- Расчет элементов, подкрепляющих отверстия в оболочках.
- Фланцевые соединения в ракетных конструкциях. Расчет на прочность.
- Расчет на прочность и жесткость шпангоутов.
- Расчет резьбовых соединений.
- Расчет герметичности резьбовых соединений.

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



Модель-копия оперативно-тактической ракеты Р-17: 1. Головная часть: 1.1 — оголовок; 1.2 — конус; 1.3 — внутренняя трубка; 1.4 — посадочный цилиндр; 1.5 — верхний шпангоут; 1.6 — нижний шпангоут; 1.7 — парашют. 2. Корпус: 2.1 — направляющее кольцо; 2.2 — гаргрот; 2.3 — парашют; 2.4 — корпус; 2.5 — шпангоут; 2.6 — посадочный цилиндр; 2.7 — двигательный отсек; 2.8 — двигатель МРД 5-3-6. 3. Хвостовой отсек: 3.1 — консоль стабилизатора; 3.2 — цилиндр; 3.3 — торцевой шпангоут; 3.4 — газовый руль; 3.5 — стартовая опора

#### 4. Критерии формирования оценок на зачете

Допущенным к зачету считается обучающийся:

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

На зачет задается три вопроса. Оценки «Зачтено» заслуживает обучающийся, который развернуто и правильно ответил на два вопроса или ответил на три вопроса с небольшими погрешностями или наводящими вопросами.

#### 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 с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3	4	5	6			
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6
Лекции	1А	*	*					Письменно конт. раб.1	6.1	30
	2А			*	*	*	*	Письменно конт. раб.2	6.1	30
	3А	*	*	*	*	*	*	Устно доп. вопросы	6.2	5
Практические занятия (семинары)	1А	*	*					Работа на занятии Устно доп. вопросы	6.2	5
	2А			*	*	*	*	Работа на занятии Устно доп. вопросы	6.2	5
	3А	*	*	*	*	*	*	Устно доп. вопросы	6.2	5
Лабораторные занятия	1А	н е т								
	2А									
	3А									
Самостоятельная работа	1А	*	*					Задания к темам лекций и практическим занятиям	4.1	5
	2А			*	*	*	*	Задания к темам лекций и практическим занятиям	4.1	5
Посещение занятий	1А	*	*						-	5
	2А			*	*	*	*		-	5
Зачет	В конце семестра	*	*	*	*	*	*	Собеседование	6.2	0
<b>Всего баллов</b>									<b>100/100</b>	

Обозначения, используемые в таблице:  
1А, 2А,3А– 1, 2,3 контрольная точка (аттестация)