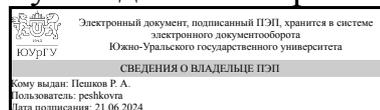


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



Р. А. Пешков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.02 Расчеты на прочность систем и агрегатов летательных аппаратов

для направления 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

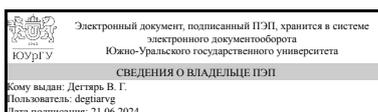
уровень Магистратура

форма обучения очная

кафедра-разработчик Летательные аппараты

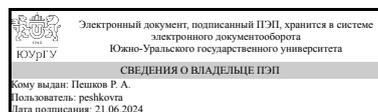
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика, утверждённым приказом Минобрнауки от 05.02.2018 № 84

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



Р. А. Пешков

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели: изучение принципов и методов прочностного анализа конструкций (определение напряжений, деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций (т.е. выявления наиболее эффективных конструкторских решений). Задачи изучения дисциплины: Определение критических нагрузок потери устойчивости для основных расчетных моделей конструктивных элементов (балка, кольцо, пластина, оболочка). Определение запасов прочности и устойчивости конструктивных элементов, отсеков и агрегатов конструкций РКТ

## Краткое содержание дисциплины

Устойчивость ортотропных оболочек (вафельных, стрингерно-шпангоутных, из композиционных материалов) корпуса ракеты. Расчет на прочность конструкции ГЧ. Прочностной расчет конструкции топливного отсека. Расчет на прочность сухих отсеков. Оценка прочности конструкций ЖРД и РДТТ.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен проводить расчеты и моделирование аэродинамических, прочностных, жесткостных, массо-центровочных, инерционных и других технических характеристик ракет-носителей и ракет космического назначения	Знает: современные методы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций ракетно-космической техники Умеет: пакеты прикладных программ для расчета напряженно-деформированного состояния конструкций ракетно-космической техники Имеет практический опыт: расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций ракетно-космической техники в современных прикладных программах

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.06 Сквозные технологии в проектировании ракетно-космической техники	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.О.06 Сквозные технологии в проектировании ракетно-космической техники	Знает: современные методы проведения расчетов аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций ракет-носителей и ракет космического назначения,

	<p>требования стандартов Единой системы конструкторской документации и Единой системы технической документации к оформлению и составлению чертежей, методы решения инженерно-геометрических задач на чертеже, прикладные компьютерные программы для решения задач по проектированию, конструированию, производству, испытанию ракетно-космической техники</p> <p>Умеет: применять современные системы автоматизированного проектирования при расчете аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций ракет-носителей и ракет космического назначения, читать и анализировать проектную и рабочую конструкторскую документацию для определения состава и устройства изделия с получением необходимых данных для его разработки и изготовления, применять программные средства общего и специального назначения для интеллектуальной обработки полученных данных и цифрового моделирования</p> <p>Имеет практический опыт: проведения расчетов по определению аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций ракет-носителей и ракет космического назначения, разработки составных частей, изделий ракетно-технических систем, цифрового моделирования реальных процессов, описывающих функционирование проектируемых изделий</p>
--	--

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5
Подготовка к практическим занятиям. Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам.	50	50

Подготовка к экзамену	19,5	19.5
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Устойчивость ортотропных оболочек (вафельных, стрингерно-шпангоутных, из композиционных материалов).	30	10	4	16
2	Расчет на прочность элементов конструкции головных частей.	8	4	4	0
3	Прочностной расчет конструкции топливного отсека. Расчет на прочность сухих отсеков.	16	12	4	0
4	Оценка прочности конструкций ЖРД и РДТТ.	10	6	4	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Устойчивость вафельных оболочек при осевом сжатии, внешнем давлении. Оценка оптимальности параметров подкрепления.	4
2	1	Устойчивость оболочек из композиционных материалов. Устойчивость оболочки, подкрепленной стрингерно-шпангоутным набором. Метод редуцированных коэффициентов.	6
3	2	Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность.	4
4	3	Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.). Выбор давления наддува.	6
5	3	Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы, ВАД. Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков.	6
6	4	Расчет на прочность и устойчивость рам ДУ. Оценка прочности КС ЖРД. Прочность корпуса РДТТ.	6

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Устойчивость вафельных оболочек при осевом сжатии, внешнем давлении. Оценка оптимальности параметров подкрепления. Устойчивость оболочек из композиционных материалов.	2
2	1	Устойчивость оболочки, подкрепленной стрингерно-шпангоутным набором. Метод редуцированных коэффициентов. Особенности устойчивости оболочек при динамическом и импульсном нагружении.	2
3	2	Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность.	2
4	2	Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и внешнем давлении. Расчет на прочность и устойчивость подкрепленных оболочек.	2
5	3	Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.). Выбор давления наддува. Прочностные расчеты	2

		трубопроводов, тоннельной трубы, ВАД. Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков.	
13	3	Расчет на прочность и устойчивость рам ДУ. Расчет свободно вложенного и скрепленного с корпусом зарядов на прочность.	2
15	4	Оценка прочности КС ЖРД. Прочность корпуса РДГТ.	2
17	4	Статические и динамические прочностные испытания конструкций ЛА. Оценка ресурса элементов конструкций ЛА. Контрольная работа.	2

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1,2	1	Местная и общая потеря устойчивости стержней. Изучение местной и общей потери устойчивости силового набора по результатам испытаний на устойчивость алюминиевых прессованных профилей.	4
3,4	1	Устойчивость пластинки при сжатии и сдвиге. Экспериментально определяются критические напряжения потери устойчивости пластинкок при сжатии и сдвиге.	4
5,6	1	Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии. Экспериментально определяется величина критической нагрузки, при которой происходит потеря устойчивости оболочки	4
7,8	1	Устойчивость цилиндрической оболочки при внешнем боковом давлении. Исследуются формы потери устойчивости, влияние способов закрепления.	4

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям. Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам.	34	2	50
Подготовка к экзамену	325	2	19,5

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

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

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	2	Текущий контроль	Выполнение контрольного задания в виде	10	10	Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых раздела 1. Студенту дается задача.	экзамен

			решения задачи-1			<p>Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи: - расчет и графическая часть выполнены верно – 10 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 8 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 10 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия - 10.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %.</p>	
2	2	Текущий контроль	Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-2	10	10	<p>Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых раздела 3. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи: - расчет и графическая часть выполнены верно – 10 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 8 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 10 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия - 10.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за</p>	экзамен

						мероприятие менее 60 %.	
3	2	Текущий контроль	Выполнение лабораторной работы-1	10	10	<p>Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - расчет выполнен верно и приведены методики расчета – 4 балла; - выводы логичны и обоснованы – 2 балл - оформление работы соответствует требованиям – 2 балл - правильный ответ на один вопрос – 1 балл Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>	экзамен
4	2	Текущий контроль	Выполнение лабораторной работы-2	10	10	<p>Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - расчет выполнен верно и приведены методики расчета – 4 балла; - выводы логичны и обоснованы – 2 балл - оформление работы соответствует требованиям – 2 балл - правильный ответ на один вопрос – 1 балл Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>	экзамен
5	2	Текущий	Контрольная	10	10	Письменный опрос осуществляется на	экзамен

		контроль	работа в виде письменного опроса-1			<p>одном из занятий изучаемого раздела. Необходимо ответить на вопросы из списка. Время, отведенное на опрос - 90 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 1 балл. Частично правильный ответ соответствует 0,5 балла. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>	
6	2	Текущий контроль	Контрольная работа в виде письменного опроса-2	10	10	<p>Письменный опрос осуществляется на одном из занятий изучаемого раздела. Необходимо ответить на вопросы из списка. Время, отведенное на опрос - 90 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 1 балл. Частично правильный ответ соответствует 0,5 балла. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>	экзамен
7	2	Промежуточная аттестация	Мероприятие промежуточной аттестации в виде экзамена (письменный опрос)	-	40	<p>Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов. Время,</p>	экзамен

					<p>отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40.</p> <p>Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия - 40.</p> <p>Отлично: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 85...100 %.</p> <p>Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 75...84 %.</p> <p>Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 60...74 %.</p> <p>Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводятся во время сдачи экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40.</p> <p>Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40.</p> <p>Отлично: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 85...100 %. Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 75...84 %. Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 60...74 %.</p> <p>Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6

ПК-2	Знает: современные методы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций ракетно-космической техники	+		+		+
ПК-2	Умеет: пакеты прикладных программ для расчета напряженно-деформированного состояния конструкций ракетно-космической техники		+		+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций ракетно-космической техники в современных прикладных программах			+		++

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Авдонин, А. С. Расчет на прочность летательных аппаратов Текст Учеб. пособие. - М.: Машиностроение, 1985. - 440 с.
2. Балабух, Л. И. Строительная механика ракет Текст Учебник Л. И. Балабух, Н. А. Алфутов, В. И. Усюкин. - М.: Высшая школа, 1984. - 391 с. ил.
3. Алфутов, Н. А. Устойчивость движения и равновесия Учеб. для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. машиностроения и систем упр. Н. А. Алфутов, К. С. Колесников; Под ред. К. С. Колесникова. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 252,[1] с.
4. Моссаковский, В. И. Прочность ракетных конструкций Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов Под ред. В. И. Моссаковского. - М.: Высшая школа, 1990. - 359 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Алфутов, Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1991. - 334 с. ил.
2. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций Учеб. пособие для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение" В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1994. - 380,[1] с. ил.
3. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин Справ. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 702 с. ил.
4. Васильев, В. В. Механика конструкций из композиционных материалов Ред. Н. Н. Малинин. - М.: Машиностроение, 1988. - 271 с. ил.
5. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций Учеб. пособие для вузов по направлению "Авиа- и ракетостроение" В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2003. - 447,[1] с. ил.
6. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин Справ. И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1993. - 639 с. ил.

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

1. Ракетная техника.
2. Вопросы ракетной техники.
3. Оборонная техника.

4. Известия ВУЗов: Авиационная техника, ракетная техника и космонавтика.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Характеристики и критерии эффективности материалов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Характеристики и критерии эффективности материалов

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Матвеевко, А.М. Самолеты и вертолеты. Том IV-21. Проектирование, конструкции и системы самолетов и вертолетов. Книга 2. [Электронный ресурс] / А.М. Матвеевко, А.И. Акимов, М.Г. Акопов, Н.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2004. — 752 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/791">http://e.lanbook.com/book/791</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Нестеров, В.А. Проектирование установок ракетного вооружения летательных аппаратов. [Электронный ресурс] / В.А. Нестеров, М.Ю. Куприков, Л... Маркин. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2008. — 288 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/747">http://e.lanbook.com/book/747</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	105 (2)	Испытательные стенды и образцы для испытаний. При изучении курса используется кинофильм "Система автоматизированного проектирования ЛА", 36 мм, 3 части, черно-белый, (кафедра, ДСП). Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. Для лабораторных работ в учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний

Практические занятия и семинары	105 (2)	Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. Для лабораторных работ в учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний
Лекции	105 (2)	Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. Для лабораторных работ в учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний