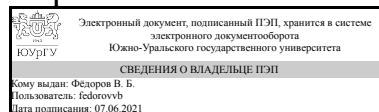


УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический



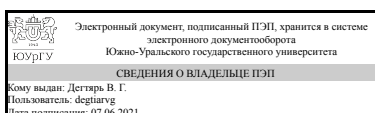
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.34 Строительная механика ракет
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень специалист **тип программы** Специалитет
специализация Ракетные транспортные системы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты

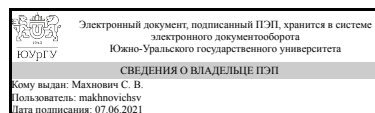
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



С. В. Махнович

1. Цели и задачи дисциплины

Цели: дать знания и навыки анализа конструкций (определение напряжений, деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций (т.е. выявления наиболее эффективных конструкторских решений).
Задачи: — получить представление о месте строительной механики ЛА в системе мероприятий по обеспечению надежности ракет: — усвоить правила перехода от реального объекта к расчетной схеме на типовых элементах ракетной конструкции; — научиться решать задачи по определению напряженно-деформированного состояния ракетной конструкции, понимать и объяснять логичность и корректность конструктивных решений на базе знаний основ строительной механики ЛА; — развить навыки инженерных расчетов пластин, колец, оболочек, сопряжений обечайки с днищами с использованием вычислительной техники.

Краткое содержание дисциплины

Основы прикладной теории упругости. Вариационные и приближенные методы расчета силовых конструкций; стержневых систем, пластин, оболочек. Определение нагрузок в элементах силовых конструкций. Выбор расчетных схем. Построение математических моделей. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов; сухих и топливных отсеков, герметичных отсеков, ферменных конструкций, раскрывающихся конструкций. Применение метода конечного элемента для расчета конструкций.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-1 способностью работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения	Знать: принципы работы ПК, принципы использования современного программного обеспечения; методики проведения прочностных и динамических расчетов изделий РКТ
	Уметь: находить нужную информацию в информационно-коммуникационном пространстве; строить компьютерные модели изделий РКТ; проводить прочностные и динамические расчеты изделий с использованием современных программных средств
	Владеть: навыками создания компьютерных моделей изделий РКТ и проведения прочностных и динамических расчетов с использованием современных программных средств

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.05.02 Математический анализ, Б.1.07 Информатика и программирование,	ДВ.1.03.01 Динамика конструкций РКТ, Б.1.30 Проектирование РКТ,

Б.1.14 Сопротивление материалов	Б.1.35 Прочность конструкций РКТ
---------------------------------	----------------------------------

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

Дисциплина	Требования
Б.1.05.02 Математический анализ	знать линейную алгебру, дифференциальное и интегральное исчисление; линейные и нелинейные дифференциальные уравнения; уравнения в частных производных
Б.1.07 Информатика и программирование	владеть навыками работы с компьютером; знать основные понятия автоматизированного проектирования систем

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60	
Проработка теоретического материала	40	40	
Подготовка к зачету	20	20	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Типовые конструкции ЛА. Расчетные схемы ЛА. Анализ существующих методов расчета конструкций ЛА на прочность, жесткость, устойчивость. Современные пакеты прикладных программ (ППП), используемые при прочностных расчетах конструкций ЛА.	8	2	6	0
2	Прочностной расчет баков, находящихся под действием избыточного внутреннего давления.	16	4	12	0
3	Расчет подкрепленных цилиндрических оболочек на прочность и устойчивость при действии различных силовых факторов.	10	4	6	0
4	Расчет подкрепленных конических оболочек на прочность и устойчивость.	4	2	2	0

5	Расчет пространственных стержневых металлоконструкций ЛА	4	2	2	0
6	Расчет на прочность подкрепленных пластин.	6	2	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Типовые конструкции ЛА. Выбор расчетных схем ЛА. Анализ существующих методов расчета конструкций ЛА на прочность, жесткость, устойчивость. Современные пакеты прикладных программ (ППП), используемые при прочностных расчетах конструкций ЛА.	2
2-3	2	Прочностной расчет баков, находящихся под действием избыточного внутреннего давления. 2.1 Методика расчета тонких оболочек вращения по безмоментной теории. 2.2 Моментная теория. Уравнения неразрывности стыкового соединения тонкостенных конструкций. Методика расчета на прочность стыкового соединения тонкостенных цилиндрической оболочки с днищами и крышками различной формы при действии избыточного внутреннего давления. 2.3 Алгоритмы реализации прочностных расчетов на алгоритмическом языке пакета MATLAB. 2.4 Алгоритмы реализации прочностных расчетов на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS.	4
4-5	3	Расчет подкрепленных цилиндрических оболочек на прочность и устойчивость при действии различных силовых факторов. 3.1 Методика расчета на прочность подкрепленных стрингерами или шпангоутами тонкостенных цилиндрических оболочек на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов твердотельного моделирования. 3.2 Методика расчета на прочность и устойчивость подкрепленных стрингерами и шпангоутами тонкостенных цилиндрических оболочек на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов конечно-элементного моделирования.	4
6	4	Расчет подкрепленных стрингерами и шпангоутами тонкостенных конических оболочек на прочность и устойчивость на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов конечно-элементного моделирования.	2
7	5	Расчет пространственных стержневых металлоконструкций ЛА.	2
8	6	Расчет на прочность подкрепленных пластин. 6.1 Методика расчета на прочность подкрепленных продольными элементами тонкостенных пластин на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов твердотельного моделирования. 6.2 Методика расчета на прочность подкрепленных продольными и поперечными элементами тонкостенных пластин на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов конечно-элементного моделирования.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Алгоритмический язык пакета MATLAB. Функции, структуры программ расчета.	2
2-3	1	Алгоритмический язык APDL пакета ANSYS. Твердотельное и конечно-элементное моделирование. Команды, структуры программ расчета.	4
4-5	2	Примеры определения напряжений в оболочках вращения по безмоментной теории. Проработка программ определения напряжений в эллиптическом и	4

		торосферическом днищах (Ellipticheskoe_dnishe_Bezmoment_teorij.m; Torosfericheskoe_dnishe_Bezmoment_teorij.m), реализованных на алгоритмическом языке пакета MATLAB. Просчет на ПЭВМ и анализ результатов.	
6-7	2	Проработка методики вывода уравнений совместности деформаций тонкостенных оболочек и расчета на прочность стыкового соединения тонкостенных: –цилиндрической оболочки с эллиптическим днищем (Cilindr_Ellipticheskoe_dnishe_Kraevaj_zadacha.m); –цилиндрической и сферической оболочек с распорным шпангоутом (Cilindr_Raspor_shpangout_Sfericheskoe_dnishe.m); –цилиндрической оболочки с фланцем (Cilindr_Flanec_Kraevaj_zadacha.m); –цилиндрической оболочки с жесткой заделкой (Cilindr_Gestkaj_zadelka_Kraevaj_zadacha.m) при действии постоянного давления наддува газа. Проработка программ расчета, реализованных на алгоритмическом языке пакета MATLAB, просчет на ПЭВМ, анализ результатов расчетов.	4
8-9	2	Проработка методик расчета на прочность баков с днищами и крышками различной формы при действии избыточного внутреннего давления при реализации прочностного расчета на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS . Проработка программ расчета баков, у которых цилиндрическая оболочка соединяется: –с эллиптической крышкой (командные файлы Ellips_Cilindr_SHELL63.dat; Ellips_Cilindr_PLANE182.dat); –со сферической крышкой (командные файлы Sfera_Cilindr_SHELL63.dat; Sfera_Cilindr_PLANE182.dat); –с торосферической крышкой (командные файлы Sfera_Tor_Cilindr_SHELL63.dat; Sfera_Tor_Cilindr_PLANE182.dat); –со сферической крышкой через распорный шпангоут (командный файл Raspor_shangout_PLANE182.dat). Просчет на ПЭВМ, анализ результатов расчетов.	4
10	3	Проработка методики расчета на прочность подкрепленных стрингерами или шпангоутами тонкостенных цилиндрических оболочек на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов твердотельного моделирования. Проработка программ расчета цилиндрической оболочки, подкрепленной: –стрингерами (командный файл Podkrep_cilindr_obol_Nstr_SOLID185.dat); –шпангоутами (командный файл Podkrep_cilindr_obol_Nkol_SOLID185.dat); Просчет на ПЭВМ, анализ результатов расчетов.	2
11	3	Проработка методики расчета на прочность подкрепленных стрингерами и шпангоутами тонкостенных цилиндрических оболочек на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов конечно-элементного моделирования. Проработка программы расчета цилиндрической оболочки, подкрепленной стрингерами и шпангоутами (командный файл Podkrep_cilindr_obol_Nstr_Nkol_BEAM188_SHELL63.dat). Просчет на ПЭВМ, анализ результатов расчетов.	2
12	3	Проработка методик расчета на устойчивость цилиндрической оболочки (конечно-элементное моделирование): – при осевом сжатии (командный файл Ystojch_cilindr_obol_Osevoe_sгатie_SHELL181.dat); –при действии внешнего давления (командный файл Ystojch_cilindr_obolochki_Vhesh_davlenie_SHELL181.dat).	2
13	4	Расчет подкрепленных стрингерами и шпангоутами тонкостенных конических оболочек на прочность и устойчивость на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов конечно-элементного моделирования. Проработка программы расчета конической оболочки, подкрепленной стрингерами и шпангоутами (командный файл Podkrep_konich_obol_Nstr_Nkol_BEAM188_SHELL63.dat). Просчет на ПЭВМ, анализ результатов расчетов.	2
14	5	Расчет пространственных стержневых металлоконструкций ЛА (конечно-	2

		элементное моделирование). Проработка методики определения НДС в "переходном" отсеке (восьми стержневая конструкция, соединяющая верхний и нижний кольцевые опорные пояса). Проработка программы расчета (командный файл Perexod_otsek_BEAM188.dat).	
15	6	Проработка методики расчета на прочность подкрепленных продольными и поперечными элементами тонкостенных пластин на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов конечно- элементного моделирования. Проработка программы расчета пластины (командный файл Podkrep_plastina_Nprod_Npop_BEAM188_SHELL63.dat).	2
16	6	Проработка методики расчета на прочность подкрепленных продольными элементами тонкостенных пластин на алгоритмическом языке APDL пакета ANSYS с использованием подходов твердотельного моделирования. Проработка программы расчета пластины (командный файл Podkrep_plastina_SOLID185.dat).	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Проработка теоретического материала	Основная и дополнительная литература	40
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	20

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Использование информационных ресурсов и баз данных	Практические занятия и семинары	Поиск и изучение специальной литературы	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: При проведении лекционных и практических занятий приводятся примеры расчета конструкций ЛА в рамках проведения совместных научных работ с АО "ГРЦ Макеева"

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля	№№ заданий
-----------------------	---------------------------------	--------------	------------

дисциплины		(включая текущий)	
Все разделы	ПК-1 способностью работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения	зачет	1-6

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачет	С целью контроля знаний, полученных студентами при изучении дисциплины, проводится зачет. Во время проведения зачета студенту вопросы по изученным темам. Студент отвечает на них письменно или устно.	Зачтено: студент показал знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и в предстоящей работе Не зачтено: студент обнаружил пробелы в знаниях основного учебного материала, допустил принципиальные ошибки, его ответы носили несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачет	Вопросы находятся в прикрепленном файле: Материалы_для_Строительной_механики_ракет.zip Материалы_для_Строительной_механики_ракет.zip

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов Учеб. для вузов. - 10-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 590,[1] 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.

б) дополнительная литература:

1. Хищенко, Ю. М. Сборник вопросов и задач по строительной механике : с применением ЭВМ [Текст] учеб. пособие Ю. М. Хищенко ; Челяб. политехн. ин-т им. Ленинского комсомола, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЧПИ, 1986. - 91 с.
2. Погорелов, В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению 160800 "Ракетостроение и космонавтика" В. И. Погорелов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 518 с. ил.

3. 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.

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

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. нет

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Лизин, В.Т. Проектирование тонкостенных конструкций: Учебное пособие для студентов вузов. [Электронный ресурс] / В.Т. Лизин, В.А. Пяткин. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2003. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/817	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Основная литература	Погорелов, В.И. Строительная механика летательных аппаратов. Лабораторный практикум в ANSYS для вузов/В.И. Погорелов. СПб., Балтийский государственный технический университет «Военмех», 2014. 118 с.	eLIBRARY.RU	Интернет / Авторизованный
3	Дополнительная литература	Басов К.А. ANSYS. Справочник пользователя./К.А. Басов. –М.:ДМК Пресс, 2012.–639 с.	eLIBRARY.RU	Интернет / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	306 (2)	Оборудование: ПК, проектор, экран. Программное обеспечение: Windows 7 Professional, Microsoft Office PowerPoint.
Практические занятия и семинары	109 (2)	10 ПЭВМ на базе процессора INTEL Core I7-950, Windows 7 Professional, Visual Studio, ANSYS, MATLAB