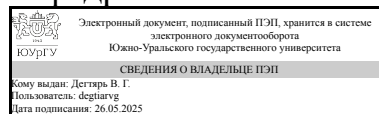


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



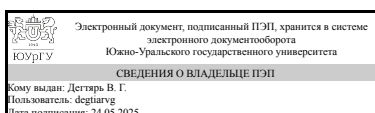
В. Г. Дегтярь

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.П0.04 Прочность конструкций летательных аппаратов
для направления 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Ракетостроение
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты**

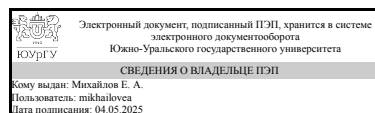
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика, утверждённым приказом Минобрнауки от 05.02.2018 № 71

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
ассистент



Е. А. Михайлов

1. Цели и задачи дисциплины

Цели: изучение принципов и методов прочностного анализа конструкций РКТ (определение напряжений, деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций (выявления наиболее эффективных конструкторских решений). Задачи изучения дисциплины: — усвоить правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для основных элементов ракетной конструкции; знать специальную литературу и другие информационные источники для решения задач по определению напряженно-деформированного состояния и оценки устойчивости этих элементов. — иметь представление об основных научно-технических проблемах в области прочности ракет, о существующих мерах и методах обеспечения прочностной надежности в процессе разработки, изготовления и испытаний конструкций ракет; — научиться решать задачи по определению нагрузок на ЛА и выделять основные и проверочные расчетные случаи; по построению эпюр распределения усилий в корпусе ЛА на основе балочной расчетной схемы; по определению критических нагрузок потери устойчивости для основных расчетных моделей конструктивных элементов (балка, кольцо, пластина, оболочка); по определению запасов прочности и устойчивости конструктивных элементов ЛА;

Краткое содержание дисциплины

Основные этапы и задачи обеспечения прочности при разработке конструкции ЛА. Конструктивно-силовые схемы ЛА. Расчетные случаи для конструкций ЛА. Нормы прочности. Предельные состояния силовых конструкций ЛА. Расчетные модели и определение действующих нагрузок. Устойчивость тонкостенных элементов конструкции ЛА. Устойчивость стержней. Устойчивость пластин и оболочек. Проверочные и проектировочные расчеты на прочность.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен проводить расчеты параметров нагружения, аэродинамических, прочностных, жесткостных, массо-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций изделий ракетно-космической техники	Знает: принципы и методы прочностного анализа конструкций РКТ (определение напряжений, деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций (выявления наиболее эффективных конструкторских решений), правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для основных элементов ракетной конструкции Умеет: решать задачи определения нагрузок на ЛА и выделять основные и проверочные расчетные случаи; распределения усилий в корпусе ЛА на основе балочной расчетной схемы, определения критических нагрузок потери устойчивости для основных расчетных моделей конструктивных элементов (балка, кольцо, пластина, оболочка), определения запасов прочности и устойчивости

	конструктивных элементов ЛА Имеет практический опыт: расчетов по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций
--	--

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Баллистика летательных аппаратов, Строительная механика летательных аппаратов	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Строительная механика летательных аппаратов	Знает: методы расчета силовых конструкций; стержневых систем, пластин, оболочек Умеет: решать задачи по определению напряженно-деформированного состояния конструкции ракет Имеет практический опыт: расчета напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов; сухих и топливных отсеков, герметичных отсеков, ферменных конструкций, раскрывающихся конструкций
Баллистика летательных аппаратов	Знает: общую теорию движения ракет в воде, воздухе, безвоздушном пространстве под воздействием внешних сил Умеет: составлять математические модели, описывающие движение систем и комплексов ракет, решать системы дифференциальных уравнений описывающих движение ракет, исследовать влияния физических условий внешней среды и технических характеристик ракетополетителей на баллистические характеристики; создавать алгоритмы движения баллистических ракетных систем и комплексов ракет применительно к конкретным задачам Имеет практический опыт: определение параметров движения ракет на начальных участках траектории

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 99,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108

Аудиторные занятия:	84	48	36
Лекции (Л)	56	32	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	0
Лабораторные работы (ЛР)	12	0	12
Самостоятельная работа (СРС)	116,25	53,75	62,5
Подготовка к зачету	15	15	0
Подготовка к экзамену	20	0	20
Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по семестровой работе.	38,75	38,75	0
Подготовка к практическим занятиям. Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам. Оформление отчета по семестровой работе.	20	0	20
Выполнение курсовой работы. Оформление отчета по курсовой работе.	22,5	0	22,5
Консультации и промежуточная аттестация	15,75	6,25	9,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен, КР

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Задачи обеспечения прочности при разработке конструкции ЛА. Конструктивно-силовые схемы ЛА.	4	4	0	0
2	Расчетные случаи для конструкций ЛА на основных этапах жизненного цикла. Определение действующих нагрузок в основных расчётных случаях.	11	8	3	0
3	Устойчивость тонкостенных элементов конструкции ЛА. Устойчивость стержневых элементов.	8	6	2	0
4	Устойчивость пластин и оболочек.	13	10	3	0
5	Устойчивость ортотропных оболочек (вафельных, стрингерно-шпангоутных, из композиционных материалов).	22	8	2	12
6	Расчет на прочность элементов конструкции головных частей.	6	4	2	0
7	Прочностной расчет конструкции топливного отсека. Расчет на прочность сухих отсеков.	10	8	2	0
8	Оценка прочности конструкций ЖРД и РДТТ.	10	8	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	История науки о прочности. Роль российских ученых, научных школ, ВУЗов, КБ в развитии науки о прочности.	2
2	1	Конструктивно-силовые схемы ЛА. Требования прочности и жесткости. Силы, действующие на ЛА. Классификация сил. Расчетные случаи для ЛА. Основные и проверочные.	2
3	2	Активный участок. Определение действующих нагрузок. Построение эпюр.	2
4	2	Конечный участок. Определение действующих нагрузок. Построение эпюр.	2
5	2	Наземные случаи эксплуатации. Расчет нагрузок.	2

6	2	Расчет на прочность конструкций по методу разрушающих нагрузок. Расчеты на устойчивость.	2
7	3	Устойчивость тонкостенных элементов конструкций ЛА. Устойчивость стержней (задача Эйлера). Влияние граничных условий, пластических деформаций.	2
8, 9	3	Анализ общей и местной устойчивости тонкостенных стержней, колец	4
10	4	Устойчивость пластин при сжатии. Устойчивость пластин при сдвиге и совместном действии нагрузок	2
11	4	Устойчивость оболочек при осевом сжатии. Влияние наддува, изгиба и пластических деформаций на устойчивость.	2
12	4	Устойчивость оболочек при внешнем давлении. Влияние способов закрепления торцов на величину критического давления.	2
13,14	4	Устойчивость оболочек при одновременном действии осевого сжатия и внешнего давления; при осевом сжатии, кручении и внешнем давлении. Устойчивость сферических оболочек.	4
15	5	Устойчивость вафельных оболочек при осевом сжатии, внешнем давлении.	2
16	5	Оценка оптимальности параметров подкрепления.	2
17	5	Устойчивость оболочек из композиционных материалов.	2
18	5	Устойчивость оболочек, подкрепленной стрингерно-шпангоутным набором. Метод редуционных коэффициентов.	2
19	6	Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность.	2
20	6	Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность.	2
21, 22	7	Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.). Выбор давления наддува.	4
23	7	Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы, ВАД.	2
24	7	Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков.	2
25, 26	8	Расчет на прочность и устойчивость рам ДУ.	4
27	8	Оценка прочности КС ЖРД.	2
28	8	Прочность корпуса РДТТ.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Расчет нагрузок для расчётных случаев Ао, Ав. Разбор примеров с целью проверки выполнения студентами методических указаний при изучении этого раздела и усвоения ими материала. Выдача задания на семестровую работу. Разбор на примерах особенностей и основных этапов выполнения работы.	1
2	2	Расчет нагрузок на корпус для случая Сш. Расчет нагрузок на корпус для случая По. Освоение рациональных приемов решения с целью уменьшения вероятности возможных ошибок при выполнении первой и второй задач семестровой работы.	1
3	2	Расчет нагрузок на головной отсек и спускаемый аппарат. Компонировка ГЧ и подготовка расчетной модели.	1
4	3	Расчет ВСФ и построение эпюр распределения их в осевом направлении (с р). Местная и общая устойчивость тонкостенных стержней. Проектировочные расчеты сжатых стержней и пластин.	1
5	3	Устойчивость стержней и пластин. Оценка устойчивости подкрепленной цилиндрической панели. Решение задач проектирования подкреплённых панелей (с р).	1

6	4	Устойчивость оболочек при осевом сжатии. Устойчивость оболочек при внешнем давлении.	1
7	4	Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и внешнем давлении (гладкие оболочки). Проектировочный расчет подкреплённой оболочки (с р). Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и внешнем давлении и совместном действии нагрузок.	1
8	4	Прочность и устойчивость подкреплённых оболочек при поперечном изгибе. Расчет на прочность сферических и эллипсоидных оболочек.	1
9	5	Устойчивость вафельных оболочек при осевом сжатии, внешнем давлении. Оценка оптимальности параметров подкрепления. Устойчивость оболочек из композиционных материалов.	1
10	5	Устойчивость оболочки, подкреплённой стрингерно-шпангоутным набором. Метод редуционных коэффициентов. Особенности устойчивости оболочек при динамическом и импульсном нагружении.	1
11	6	Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность. Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и внешнем давлении.	1
12	6	Расчет на прочность и устойчивость подкреплённых оболочек.	1
13	7	Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.). Выбор давления наддува. Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы, ВАД.	1
14	7	Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков. Расчет на прочность и устойчивость рам ДУ. Расчет свободно вложенного и скрепленного с корпусом зарядов на прочность.	1
15	8	Оценка прочности КС ЖРД. Статические и динамические прочностные испытания конструкций ЛА. Оценка ресурса элементов конструкций ЛА.	1
16	8	Прочность корпуса РДТТ. Статические и динамические прочностные испытания конструкций ЛА. Оценка ресурса элементов конструкций ЛА.	1

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1, 2, 3	5	Местная и общая потеря устойчивости стержней. Изучение местной и общей потери устойчивости силового набора по результатам испытаний на устойчивость алюминиевых прессованных профилей.	6
4, 5, 6	5	Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии. Экспериментально определяется величина критической нагрузки, при которой происходит потеря устойчивости оболочки.	6

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 зачету	Основная и дополнительная литература	7	15
Подготовка к экзамену	Основная и дополнительная литература	8	20
Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по семестровой работе.	Основная и дополнительная литература	7	38,75
Подготовка к практическим занятиям.	Основная и дополнительная литература	8	20

Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам. Оформление отчета по семестровой работе.			
Выполнение курсовой работы. Оформление отчета по курсовой работе.	Основная и дополнительная литература	8	22,5

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	7	Текущий контроль	Семестровое задание №1	30	30	Семестровое задание №1 выполняется в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. Максимальное количество баллов за выполнение семестрового задания №1 - 30 баллов. Баллы за выполнение семестрового задания №1 начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение семестровых заданий"	зачет
2	7	Текущий контроль	Семестровое задание №2	30	30	Семестровое задание №2 выполняется в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. Максимальное количество баллов за выполнение семестрового задания №2 - 30 баллов. Баллы за выполнение семестрового задания №2 начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение семестровых заданий"	зачет
3	7	Текущий контроль	Семестровое задание №3	15	15	Семестровое задание №3 выполняется в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. Максимальное количество баллов за выполнение семестрового задания №3 - 15 баллов. Баллы за выполнение семестрового задания №3 начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение семестровых заданий"	зачет
4	7	Текущий	Контрольный	25	25	Ответы на вопросы контрольного опроса	зачет

		контроль	опрос			выполняются в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. Контрольный опрос проводится на лекционном занятии. Максимальное количество баллов за выполнение контрольного опроса - 25 баллов. Баллы за выполнение контрольного опроса начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за ответы на вопросы контрольных опросов".	
5	7	Промежуточная аттестация	Зачет	-	40	35-40 баллов: полный правильный ответ на все вопросы задания. вопросы раскрыты полностью, студент понимает значение терминов, свободно отвечает на дополнительные вопросы. 30-34 баллов начисляются при одном неверном ответе, в случае верных ответов на другие вопросы, студент в основном понимает значение терминов, не уверенно отвечает на дополнительные вопросы. 24-29 баллов начисляются при поверхностном представлении вопросов, без достаточного их обоснования вопросы раскрыты не полностью, студент лишь частично понимает значение терминов или искажает их смысл, на дополнительные вопросы отвечает частично или не отвечает. 0-23 баллов: неверные ответы, студент не владеет терминологическим аппаратом, не отвечает на дополнительные вопросы.	зачет
6	8	Курсовая работа/проект	Задание №1 курсовой работы	-	30	Задание №1 курсовой работы выполняется в соответствии с "Методическими рекомендациями к выполнению заданий курсовой работы". Максимальное количество баллов за выполнение задания - 30 баллов. Баллы за выполнение задания №1 курсовой работы начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение заданий курсовой работы"	курсовые работы
7	8	Курсовая работа/проект	Задание №2 курсовой работы	-	30	Задание №2 курсовой работы выполняется в соответствии с "Методическими рекомендациями к выполнению заданий курсовой работы". Максимальное количество баллов за выполнение задания - 30 баллов. Баллы за выполнение задания №2 курсовой работы начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение заданий курсовой работы"	курсовые работы
8	8	Курсовая работа/проект	Задание №3 курсовой	-	30	Задание №3 курсовой работы выполняется в соответствии с	курсовые

			работы			"Методическими рекомендациями к выполнению заданий курсовой работы". Максимальное количество баллов за выполнение задания - 30 баллов. Баллы за выполнение задания №3 курсовой работы начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение заданий курсовой работы"	работы
9	8	Курсовая работа/проект	Отчет по курсовой работе	-	10	Отчет по курсовой работе должен содержать следующие разделы: Аннотация, Содержание, Введение (цель и задачи), Основной раздел (3 задания курсовой работы), Заключение. При оформлении ориентироваться на ГОСТ 7,32-2017 и ГОСТ Р 2.105-2019. Оценивание: 10 баллов - имеются все разделы, четко поставлена цель, описаны все задачи, сделаны обоснованные выводы, оформление соответствует ГОСТ, нет отклонений в графическом материале. 7,5 - 8,4 баллов - имеются неточности и ошибки в постановке цели, не все выводы обоснованы, имеются незначительные отклонения от стандартов ГОСТ в текстовой и графической части. 6 - 7,4 балла - имеются ошибки в постановке цели, не все выводы обоснованы, имеются отклонения от стандартов ГОСТ в текстовой и графической части, имеются ошибки в отдельных пунктах основного раздела. 4 - 5,9 балла - отсутствуют постановка цели, не описаны решаемые задачи, имеются отклонения от ГОСТ в большинстве разделов и графическом материале, нет обоснований в выводах. 0 - 3,9 балла - отсутствуют отдельные пункты в основном разделе, имеются отклонения от стандартов ГОСТ во всех разделах и графическом материале, отсутствует цель работы, не описаны решаемые задачи, не сделаны выводы.	кур- совые работы
10	8	Текущий контроль	Семестровое задание №1	20	20	Семестровое задание №1 выполняется в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. Максимальное количество баллов за выполнение семестрового задания №1 - 20 баллов. Баллы за выполнение семестрового задания №1 начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение семестровых заданий"	экзамен
11	8	Текущий контроль	Семестровое задание №2	20	20	Семестровое задание №2 выполняется в соответствии с методическими указаниями, представленными в	экзамен

						электронном курсе Электронного ЮУрГУ. Максимальное количество баллов за выполнение семестрового задания №2 - 20 баллов. Баллы за выполнение семестрового задания №2 начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение семестровых заданий"	
12	8	Лабораторная работа	Лабораторные работы (часть 1)	15	15	Лабораторные работы (часть 1) выполняются в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. За выполнение и оформление отчета по лабораторным работам (часть 1) начисляется максимум 15 баллов. Баллы за выполнение лабораторных работ начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение лабораторных работ".	экзамен
13	8	Лабораторная работа	Лабораторные работы (часть 2)	15	15	Лабораторные работы (часть 2) выполняются в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. За выполнение и оформление отчета по лабораторным работам (часть 2) начисляется максимум 15 баллов. Баллы за выполнение лабораторных работ начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за выполнение лабораторных работ".	экзамен
14	8	Текущий контроль	Контрольный опрос	30	30	Ответы на вопросы контрольного опроса выполняются в соответствии с методическими указаниями, представленными в электронном курсе Электронного ЮУрГУ. Контрольный опрос проводится на лекционном занятии. Максимальное количество баллов за выполнение контрольного опроса - 30 баллов. Баллы за выполнение контрольного опроса начисляются в соответствии с "Методикой определения баллов за ответы на вопросы контрольных опросов".	экзамен
15	8	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	40	35-40 баллов: полный правильный ответ на все вопросы задания. вопросы раскрыты полностью, студент понимает значение терминов, свободно отвечает на дополнительные вопросы. 30-34 баллов начисляются при одном неверном ответе, в случае верных ответов на другие вопросы, студент в основном понимает значение терминов, не уверенно отвечает на дополнительные вопросы.	экзамен

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	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. - 448,[1] с. : ил. https://e.lanbook.com/book/817
2	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Ануфриев, А. П. Прочность баллистических ракет с подводным стартом : учебное пособие для вузов / А. П. Ануфриев, В. Т. Лизин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. https://e.lanbook.com/book/436292?category=931%3Fpublisher%3D7998

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. 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
Практические занятия и семинары	105 (2)	Испытательные стенды и образцы для испытаний. Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. В учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний.
Лекции	105 (2)	Испытательные стенды и образцы для испытаний. Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. В учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний.
Лабораторные занятия	105 (2)	Испытательные стенды и образцы для испытаний. Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. В учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний.