ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Фёдоров В. Б.
Пользователь: fedorovvb
Дата подписания: 07.06.2021

В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.48 Расчеты на прочность систем и агрегатов летательных аппаратов (ЛА)
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.

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Дегтярь В. Г.
Пользователь: degtiarvg
Дата подписания: 07.06.2021

В. Г. Дегтярь

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

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Махнович С. В.
Пользователь: makhnovichsv
Дата подписания: 07.06.2021

С. В. Махнович

Челябинск

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 (ЗУНы)
ПСК-1.2 способностью обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет, проводить расчеты по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций	Знать:конструктивно-силовые схемы отсеков конструкций РКТ, основы расчетов на прочность и жесткость аэрокосмических конструкций
	Уметь:обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков, проводить расчеты на прочность и жесткость аэрокосмических конструкций
	Владеть:методами расчеты на прочность и жесткость аэрокосмических конструкций
ПК-8 способностью 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	Знать:основные расчетные схемы для оценки прочности и жесткости аэрокосмических конструкций при математическом моделировании разрабатываемого изделия и его подсистем для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов
	Уметь:выполнять расчетов на прочность и жесткость отсеков конструкций РКТ при математическом моделировании разрабатываемого изделия и его подсистем
	Владеть:методами оценки прочности и жесткости отсеков конструкций РКТ при изучении функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.34 Строительная механика ракет, В.1.10 Введение в специальность, Б.1.35 Прочность конструкций РКТ, ДВ.1.06.01 Ракетные двигатели, Б.1.14 Сопротивление материалов	Б.1.41 Проектирование систем теплозащиты и терморегуляции ЛА, Б.1.27 Устройство и конструкция ракет, Б.1.46 Компьютерный инженерный анализ систем РКТ

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

Дисциплина	Требования
Б.1.34 Строительная механика ракет	Методы определения НДС тонкостенных оболочек и пластин
ДВ.1.06.01 Ракетные двигатели	назначение и устройство основных агрегатов ЖРД и РДТТ
Б.1.14 Сопротивление материалов	Знать механические характеристики современных конструкционных материалов и методы их определения. Основные парметры НДС. Методы определения НДС стержневых элементов конструкций. Виды предельных состояний.
В.1.10 Введение в специальность	Назначение и устройство основных отсеков и агрегатов конструкций РКТ
Б.1.35 Прочность конструкций РКТ	Методы оценки нагруженности конструкций РКТ для различных расчётных случаев. Основы устойчивости напряжённого состояния тонкостенных конструкций при сжатии.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		9
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия:	64	64
Лекции (Л)	8	8
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	40	40
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа (СРС)	80	80
Подготовка к практическим занятиям. Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам.	60	60
Подготовка к экзамену	20	20

Вид итогового 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).	28	2	10	16
2	Расчет на прочность элементов конструкции головных частей.	10	2	8	0
3	Прочностной расчет конструкции топливного отсека. Расчет на прочность сухих отсеков.	12	2	10	0
4	Оценка прочности конструкций ЖРД и РДТТ.	14	2	12	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. Устойчивость оболочек из композиционных материалов. Устойчивость оболочки, подкрепленной стрингерно-шпангоутным набором. Метод редукционных коэффициентов.	2
2	2	Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность.	2
3	3	Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.). Выбор давления наддува. Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы, ВАД. Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков.	2
4	4	Расчет на прочность и устойчивость рам ДУ. Оценка прочности КС ЖРД. Прочность корпуса РДТТ.	2

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.	2
2	1	Оценка оптимальности параметров подкрепления. Устойчивость оболочек из композиционных материалов.	2
3	1	Устойчивость оболочки, подкрепленной стрингерно-шпангоутным набором.	2
4	1	Метод редукционных коэффициентов	2
5	1	Особенности устойчивости оболочек при динамическом и импульсном нагружении.	2
6	2	Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность.	2
7,8	2	Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и внешнем давлении.	4
9	2	Расчет на прочность и устойчивость подкрепленных оболочек.	2
10	3	Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.). Выбор давления наддува.	2
11	3	Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы, ВАД.	2
12	3	Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков.	2
13	3	Расчет на прочность и устойчивость рам ДУ.	2

14	3	Расчет свободно вложенного и скрепленного с корпусом зарядов на прочность.	2
15	4	Оценка прочности КС ЖРД.	2
16	4	Прочность корпуса РДТТ.	2
17	4	Статические и динамические прочностные испытания конструкций ЛА.	4
18	4	Оценка ресурса элементов конструкций ЛА.	2
19	4	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		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям. Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам.	[1], [2], [3], [4]	60
Подготовка к экзамену.	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
Разбор конкретных ситуаций	Лекции	Анализ структуры сложного изделия	8
Разбор конкретных ситуаций	Практические занятия и семинары	Анализ структуры сложного изделия	8
Компьютерное моделирование и практический анализ результатов	Практические занятия и семинары	Расчет реальных конструкций и анализ результатов	32

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Инновационные формы обучения	Краткое описание и примеры использования в темах

	и разделах
Использование информационных ресурсов и баз данных	http://rudocs.exdat.com http://mirknig.com

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: В лекциях и практических занятиях используются методы проектирования и инженерного анализа конструкций ЛА, сформированные при выполнении НИР по контрактам для ОАО "ГРЦ Макеева": Расчет разброса нагрузок при старте на ТПК с произвольной непрямолинейностью для формирования предварительных режимов нагружения статических испытаний. Контракт №Н/2/5/11-11-ДГОЗ от 21.07.11 Разработка методики и проведение расчётов по подтверждению и уточнению газодинамических и ударно-волновых нагрузок на ракету, транспортно- пусковой контейнер и шахтную пусковую установку при старте . ОАО "ГРЦ Макеева" Контракт №Н/2/5/11-11- от 21.07.12 Разработка методики и проведение расчетов по подтверждению и уточнению тепловых нагрузок на теплозащитное покрытие гиперзвуковых летательных аппаратов Контракт №Н/2/5/11-11- от 21.07.13 Разработка и экспериментальная отработка методических материалов для уточнения математических динамических моделей изделия Программно-аппаратный комплекс модальных испытаний сложных технических систем ОАО "ГРЦ Макеева Контракт №Н/2/5/11-11- от 21.07.14

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

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-8 способностью 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	Экзамен	1-19
Все разделы	ПСК-1.2 способностью обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет, проводить расчеты по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций	экзамен	1-19

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
экзамен	зкзамен проводится в форме устного опроса. При этом учитывается	Отлично: полный правильный ответ на все вопросы задания. вопросы раскрыты

	активность работы студента на практических занятиях при выполнении индивидуальных заданий Каждому студенту выдается индивидуальное задание, состоящее из трех вопросов	полностью, студент понимает значение терминов, свободно отвечает на дополнительные вопросы Хорошо: при одном неверном ответе, в случае верных ответов на другие вопросы, студент в основном понимает значение терминов, не уверенно отвечает на дополнительные вопросы Удовлетворительно: 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 Неудовлетворительно: неверные ответы, студент не владеет терминологическим аппаратом, не отвечает на дополнительные вопросы

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
экзамен	1. Оценка общей и местной устойчивости конструктивно-ортотропных оболочек при внешнем давлении. 2. Устойчивость вафельных оболочек (допущения, коэффициенты жесткости, критические нагрузки). 3. Устойчивость вафельных оболочек при осевом сжатии и внешнем давлении. Условия оптимальности (равнопрочности). 4. Устойчивость многослойных оболочек из композиционных материалов КМ (приведенные жесткости, критические нагрузки). 5. Влияние структуры КМ на приведенные упругие характеристики оболочки. 6. Устойчивость вафельных оболочек из КМ. 7. Устойчивость 3-х слойных оболочек. 8. Устойчивость 2-х слойных оболочек. 9. Устойчивость сферической оболочки (металлическая, КМ, 2-х слойная). 10. Расчет на прочность элементов ГЧ. Оболочки корпуса, днища. 11. Расчет на прочность оболочек топливного отсека. 12. Расчет на прочность трубопроводов и баллонов ВАД. 13. Расчет на прочность тоннельной трубы. 14. Расчет на прочность ферменного отсека. 15. Расчет на прочность хвостового отсека. 16. Расчет на прочность приборного отсека. 17. Прочность металлического и комбинированного корпуса РДТТ. 18. Прочность композитного корпуса РДТТ (проектировочный и проверочный расчет). 21. Прочность камеры сгорания ЖРД Вопросы экзамена Расчёт на прочность агрегатов РКТ 2ч.docx

8. 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.

б) дополнительная литература:

1. 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.
2. Васильев, В. В. Механика конструкций из композиционных материалов Ред. Н. Н. Малинин. - М.: Машиностроение, 1988. - 271 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.
4. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин Справ. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 702 с. ил.
5. Алфутов, Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1991. - 334 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:

2. Характеристики и критерии эффективности материалов

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Дополнительная литература	Матвеенко, А.М. Самолеты и вертолеты. Том IV-21. Проектирование, конструкции и системы самолетов и вертолетов. Книга 2. [Электронный ресурс] / А.М. Матвеенко, А.И. Акимов, М.Г. Акопов, Н.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2004. — 752 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/791	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Основная литература	Нестеров, В.А. Проектирование установок ракетного вооружения летательных аппаратов. [Электронный ресурс] / В.А. Нестеров, М.Ю. Куприков, Л... Маркин. —	Электронно-библиотечная система издательства	Интернет / Авторизованный

		Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2008. — 288 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/747	Лань	

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

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 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
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 ис-пытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. Для лабораторных работ в учебно-производственной лаборатории кафедра 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 кафедра 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 кафедра изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний