ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Ваулин С. Д.
Пользователь: vaulinsd
Дата подписания: 24.10.2021

С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.35 Прочность конструкций РКТ
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.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Дегтярь В. Г.
Пользователь: degtiarvg
Дата подписания: 23.10.2021

В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент (кн)

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Махнович С. В.
Пользователь: makhnovichsv
Дата подписания: 20.10.2021

С. В. Махнович

Челябинск

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. Расчётные модели и определение действующих нагрузок. Устойчивость тонкостенных элементов конструкции ЛА. Устойчивость стержней. Устойчивость пластин и оболочек. Проверочные и проектировочные расчёты на прочность.

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: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; знать специальную литературу и другие информационные источники для решения задач по определению напряженно-деформированного состояния и оценки устойчивости и запасов прочности этих элементов.
	Уметь: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;
	Владеть: методами расчетов по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций, выбора конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет,
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:современные проблемы математического моделирования конструкций РКТ и внешних воздействий; понятия и подходы к математическому моделированию сложных конструкцый;
	Уметь:использовать свои знания для построения математической модели прочностной надёжности конструкций РКТ , оценивать корректность постановок задач, представлять итоги проделанной работы,
	Владеть:навыками решения задач математического моделирования прочностной надёжности конструкций и выбора конструктивно-силовых схем

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.30 Проектирование РКТ, Б.1.09 Теоретическая механика, В.1.10 Аэрогидрогазодинамика РКТ, Б.1.05.02 Математический анализ, Б.1.34 Строительная механика ракет, Б.1.14 Сопротивление материалов, Б.1.07 Информатика и программирование	Б.1.42 Вибропрочность конструкции ЛА, Б.1.48 Расчеты на прочность систем и агрегатов летательных аппаратов (ЛА)

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

Дисциплина	Требования
Б.1.09 Теоретическая механика	Уравнения статики и динамики твёрдого тела
Б.1.30 Проектирование РКТ	Проектные параметры ракет. Анализ распределения масс агрегатов ракет.
Б.1.07 Информатика и программирование	Программирование, технические расчеты с помощью компьютера
Б.1.14 Сопротивление материалов	Расчётные схемы анализа прочности основных элементов конструкций машиностроения (стержней , пластин, оболочек). Методы определения напряжений и деформаций.
Б.1.34 Строительная механика ракет	знать основные расчётные схемы и методы расчета НДС элементов конструкций ракет и

	космических аппаратов
Б.1.05.02 Математический анализ	Методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений
В.1.10 Аэрогидрогазодинамика РКТ	уметь:определять аэродинамические силы для тел классических форм в потоке газа(сфера конус цилиндр и их сочетания)

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
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия:	64	64
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	40	40
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	80	80
Подготовка к экзамену	20	20
Курсовая работа	60	60
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	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.	22	6	16	0
3	Устойчивость тонкостенных элементов конструкции ЛА. Устойчивость стержневых элементов.	16	6	10	0
4	Устойчивость пластин и оболочек.	22	8	14	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.	2

		Основные и проверочные.	
3	2	Активный участок. Конечный участок. Определение действующих нагрузок. Построение эпюр.	2
4	2	Наземные случаи эксплуатации. Расчет нагрузок.	2
5	2	Расчет на прочность конструкций по методу разрушающих нагрузок. Расчеты на устойчивость.	2
6	3	Устойчивость тонкостенных элементов конструкций ЛА. Устойчивость стержней (задача Эйлера). Влияние граничных условий, пластических деформаций.	2
7,8	3	Анализ общей и местной устойчивости тонкостенных стержней, колец	4
9	4	Устойчивость пластин при сжатии. Устойчивость пластин при сдвиге и совместном действии нагрузок	2
10	4	Устойчивость оболочки при осевом сжатии. Влияние наддува, изгиба и пластических деформаций на устойчивость.	2
11	4	Устойчивость оболочки при внешнем давлении. Влияние способов закрепления торцов на величину критического давления.	2
12	4	Устойчивость оболочки при одновременном действии осевого сжатия и внешнего давления; при осевом сжатии, кручении и внешнем давлении. Устойчивость сферических оболочек.	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.	2
2	2	Разбор примеров с целью проверки выполнения студентами методических указаний при изучении этого раздела и усвоения ими материала. Выдача задания на курсовую работу	2
3	2	Выдача задания на курсовую работу. Разбор на примерах особенностей и основных этапов выполнения работы	2
4	2	Расчет нагрузок на корпус для случая Сш	2
5	2	Расчет нагрузок на корпус для случая По.	2
6	2	. Освоение рациональных приемов решения с целью уменьшения вероятности возможных ошибок при выполнении первой и второй задач курсовой работы.	2
7	2	Расчет нагрузок на головной отсек и спускаемый аппарат	2
8	2	Компоновка ГЧ и подготовка расчетной модели.	2
9	3	Расчет ВСФ и построение эпюр распределения их в осевом направлении (к р).	2
10	3	Местная и общая устойчивость тонкостенных стержней.	2
11	3	Проектировочные расчеты сжатых стержней и пластин.	2
12	3	Устойчивость стержней и пластин. Оценка устойчивости подкрепленной цилиндрической панели.	2
13	3	Решение задач проектирования подкреплённых панелей (к р)	2
14	4	Устойчивость оболочек при осевом сжатии.	2
15	4	Устойчивость оболочек при внешнем давлении	2
16	4	Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и внешнем давлении (гладкие оболочки).	2
17	4	Проектировочный расчет подкреплённой оболочки (к р)	2
18	4	Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и	2

		внешнем давлении и совместном действии нагрузок.	
19	4	Прочность и устойчивость подкрепленных оболочек при поперечном изгибе	2
20	4	Расчет на прочность сферических и эллипсоидных оболочек.	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
Подготовка к экзамену.	Основная и дополнительная литература	20
Курсовая работа. Расчет нагруженности корпуса ЛА. Определение аэродинамических и инерционных нагрузок. Построение эпюр продольных, поперечных сил и изгибающих моментов для балочной расчетной схемы корпуса. Определение опасных по прочности сечений (отсеков). Проектировочный расчет оболочек сухого и топливного отсеков.	Основная и дополнительная литература. Задание Содержание пояснительной записки КР Расчёт на прочность РКТ в Приложении	60

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	Практические занятия и семинары	Выбор структуры сложного изделия	8
Разбор конкретных ситуаций	Лекции	Выбор конструктивно-силовой схемы сложного изделия	8
Компьютерное моделирование и практический анализ результатов	Практические занятия и семинары	Расчет реальных конструкций и анализ результатов	22

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: В лекциях и практических занятиях используются методы оценки нагруженности и прочности конструкций ЛА, сформированные при выполнении НИР по контрактам для ОАО "ГРЦ Макеева": Расчет разброса нагрузок при старте на ТПК с произвольной не прямолинейностью для формирования предварительных режимов нагружения статических испытаний. Контракт №Н/2/5/11-11-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

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	Вопросы экзамена Прочность конструкций РКТ в Приложении
Все разделы	ПСК-1.2 способностью обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет, проводить расчеты по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций	экзамен	Вопросы экзамена Прочность конструкций РКТ
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	курсовая работа	Задание, содержание расчётно-пояснительной записки КР Расчёт на прочность РКТ в приложении

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
экзамен	Каждому студенту выдается индивидуальное задание, состоящее из двух- трех вопросов. Задания сформированы таким образом, чтобы охватить изученные разделы дисциплины. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)	Отлично: 100-85 баллов Хорошо: 70-84 баллов Удовлетворительно: 60-74 баллов Неудовлетворительно: 0-59 баллов
курсовая работа	Студент сдаёт пояснительную записку по результатам работы и защищает её в форме презентации и доклада	Отлично: Правильное решение всех задач, интересное изложение результатов работы; убедительные ответы на вопросы;

		выполнение всех требований к оформлению; Хорошо: в расчётной части присутствуют несущественные ошибки, достаточно корректное изложение результатов работы; неубедительные ответы на вопросы;; невыполнение некоторых требований к оформлению; Удовлетворительно: поверхностное отношение к работе ошибки в расчётах, не систематичность в работе, невыполнение требований к оформлению; Неудовлетворительно: при отсутствии результатов работы и презентации. или несамостоятельность выполнения курсовой работы, некомпетентность в задачах представленной записки, при плохой защите курсовой работы, небрежном и неаккуратном ее оформлении.

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
экзамен	Комплекс работ по обеспечению прочности конструкций. . Классификация сил, действующих на ЛА. . Расчетные случаи нагружения корпуса ЛА (А, П, Т, С). Силы, действующие на ЛА в полете на АУТ. . Построение эпюр ВСФ в корпусе ЛА для расчетных случаев АУТ. Силы, действующие на корпус ГЧ на ПУТ. Построение эпюр ВСФ в корпусе ГЧ для расчетных случаев ПУТ. . Нагруженность корпуса ЛА при транспортировке в горизонтальном положении (ЭQ, ЭМ). . Нагруженность корпуса ЛА при транспортировке в шахте РПЛ (ЭQ, ЭМ). . Нагруженность корпуса ЛА при установке на стартовый стол (ЭQ, ЭМ). Нагруженность корпуса ЛА при стоянке на стартовой позиции (ЭQ, ЭМ). Последовательность расчета на прочность корпуса ЛА. Предельное состояние конструкций. Принцип расчета по разрушающим нагрузкам. Нагруженность корпуса ЛА при старте из ШПЛ (ЭQ, ЭМ). Литература- Гриненко НИ, Алфутов НА ,Балабух ЛИ, Ахметзянов Устойчивость стержней. Задача Эйлера. Устойчивость стержней. Влияние граничных условий, пластических деформаций. Устойчивость пластин. Пластина с 2 свободными кромками. Устойчивость шарнирно опертой по кромкам пластины. Местная и общая потеря устойчивости тонкостенных стержней. Устойчивость пластины при комбинированном нагружении (q1 ;q2). Устойчивость пластины, подкрепленной силовым набором. Решение Т.Кармана. Устойчивость сжатого радиальной нагрузкой кольца. Устойчивость цилиндрической оболочки при внешнем давлении. Коэффициент хлопка. . Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии (осесимметричная форма). Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии (неосесимметричная форма). Устойчивость цилиндрической оболочки при совместном действии нагрузок. Особенности расчета сжатой оболочки при наличии внутреннего давления, изгиба,

	пластических деформаций. Коэффициент хлопка. Литература- Балабух ЛИ , Алфутов НА , Лизин ВТ Биргер ИА Вопросы экзамена Прочность конструкций РКТ .docx
курсовая работа	1. Расчет нагруженности корпуса ЛА на активном участке траектории. Определение аэродинамических и инерционных нагрузок. Построение эпюр продольных, поперечных сил и изгибающих моментов для балочной расчетной схемы корпуса. Определение опасных по прочности сечений (отсеков). 2. Расчет нагруженности спускаемого аппарата на пассивном участке траектории. Определение аэродинами-ческих и инерционных нагрузок. Построение эпюр продольных, поперечных сил и изгибающих моментов для балочной расчетной схемы корпуса. Определение опасных по прочности сечений (отсеков). Задание Содержание пояснительной записки КР Расчёт на прочность РКТ.doc

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Балабух, Л. И. Строительная механика ракет Текст Учебник Л. И. Балабух, Н. А. Алфутов, В. И. Усюкин. - М.: Высшая школа, 1984. - 391 с. ил.
2. Авдонин, А. С. Расчет на прочность летательных аппаратов Текст Учеб. пособие. - М.: Машиностроение, 1985. - 440 с.

б) дополнительная литература:

1. 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.
2. Васильев, В. В. Механика конструкций из композиционных материалов Ред. Н. Н. Малинин. - М.: Машиностроение, 1988. - 271 с. ил.
3. Алфутов, Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1991. - 334 с. ил.
4. Гриненко, Н. И. Прочность корпуса баллистической ракеты [Текст] конспект лекций Н. И. Гриненко ; Челяб. политехн. ин-т им. Ленинского комсомола ; ЮУрГУ. - Челябинск: ЧПИ, 1975. - 134 с. ил.
5. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин Справ. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 702 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.
5. Космические исследования : науч. журн. / Рос. акад. наук, Президиум РАН
6. Полет: Авиация. Ракетная техника. Космонавтика: Общерос. науч.-техн. журн. / Изд-во "Машиностроение"

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	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гречух И. Н., Гречух Л. Прочность ракетных конструкций: учеб. пособие Омский государственный технический университет, учебное пособие 251 стр. 2019 https://e.lanbook.com/book/149078

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

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 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	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. В учебно-производственной лаборатории кафедра изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний
Практические занятия и семинары	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. В учебно-производственной лаборатории кафедра изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний