

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт

| | |
|-----------------------------|---|
| ЮУрГУ | Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета |
| СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП | |
| Кому выдан: Ваулин С. Д. | |
| Пользователь: vaulinsd | |
| Дата подписания: 02.11.2021 | |

С. Д. Ваулин

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.

В. Г. Дегтярь

| | |
|-----------------------------|---|
| ЮУрГУ | Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета |
| СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП | |
| Кому выдан: Дегтярь В. Г. | |
| Пользователь: degtiaryg | |
| Дата подписания: 01.11.2021 | |

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

С. В. Махнович

| | |
|-----------------------------|---|
| 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: 01.11.2021 | |

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, Б.1.35 Прочность конструкций РКТ, В.1.09 Введение в специальность, 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.1.14 Сопротивление материалов | Знать механические характеристики современных конструкционных материалов и методы их определения. Основные параметры НДС. Методы определения НДС стержневых элементов конструкций. Виды предельных состояний. |
| Б.1.34 Строительная механика ракет | Методы определения НДС тонкостенных оболочек и пластин |
| В.1.09 Введение в специальность | Назначение и устройство основных отсеков и агрегатов конструкций РКТ |
| ДВ.1.06.01 Ракетные двигатели | назначение и устройство основных агрегатов ЖРД и РДТТ |
| 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 |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 64 | 64 |
| Лекции (Л) | 8 | 8 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 40 | 40 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | 16 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 80 | 80 |
| Подготовка к экзамену | 20 | 20 |
| Подготовка к практическим занятиям. Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам. | 60 | 60 |

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 пластиинки при сжатии и сдвиге. Экспериментально определяются критические напряжения потери устойчивости пластинок 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 экзамену. | Основная и дополнительная литература | 20 |
| Подготовка к практическим занятиям. Оформление лабораторных работ и отчета по лабораторным работам. | [1], [2], [3], [4] | 60 |

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

| Инновационные формы учебных занятий | Вид работы (Л, ПЗ, ЛР) | Краткое описание | Кол-во ауд. часов |
|--|---------------------------------|--|-------------------|
| Компьютерное моделирование и практический анализ результатов | Практические занятия и семинары | Расчет реальных конструкций и анализ результатов | 32 |
| Разбор конкретных ситуаций | Практические занятия и семинары | Анализ структуры сложного изделия | 8 |
| Разбор конкретных ситуаций | Лекции | Анализ структуры сложного изделия | 8 |

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 | экзамен проводится в форме устного опроса. При этом учитывается активность | Отлично: 86-100 баллов. полный правильный ответ на все вопросы задания. вопросы |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>работы студента на практических занятиях при выполнении индивидуальных заданий</p> <p>Каждому студенту выдается индивидуальное задание, состоящее из трех вопросов. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> | <p>раскрыты полностью, студент понимает значение терминов, свободно отвечает на дополнительные вопросы</p> <p>Хорошо: 74-86 баллов. при одном неверном ответе, в случае верных ответов на другие вопросы, студент в основном понимает значение терминов, не уверенно отвечает на дополнительные вопросы</p> <p>Удовлетворительно: 60-73 балла. 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</p> <p>Неудовлетворительно: 0-59 баллов. неверные ответы, студент не владеет терминологическим аппаратом, не отвечает на дополнительные вопросы</p> |
|--|---|---|

7.3. Типовые контрольные задания

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

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

a) 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:

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 | 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. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/747 |
| 3 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства | 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 |

| | | | |
|--|--|------|--|
| | | 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 |
|---------------------------------|------------|--|
| 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 |
| 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 |
| 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 |