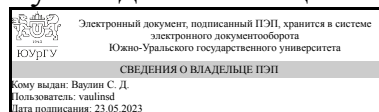


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.37 Динамика и прочность конструкций авиационных и ракетных двигателей

для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

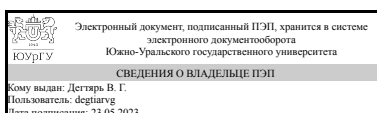
уровень Специалитет

форма обучения очная

кафедра-разработчик Летательные аппараты

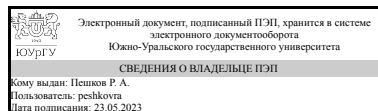
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



Р. А. Пешков

1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины: - научить студентов современным методам расчета на прочность, жесткость и устойчивость силовых элементов конструкций двигательных установок ракет для использования полученных знаний в практической инженерной деятельности; при проектировании и эксплуатации двигателей летательных аппаратов, для решения проблемы увеличения их надежности. Задачи изучения дисциплины: - дать знания и навыки анализа конструкций (определение напряжений, деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций (т.е. выявления конструкторских решений, наиболее эффективных с точки зрения прочности).

Краткое содержание дисциплины

Основные этапы работ по обеспечению прочностной надежности конструкции ракетной двигательной установки. Нормирование прочности конструкций. Реальный объект и расчетная схема, модель материала, геометрическая модель конструкции, модели нагружения, модели разрушения. Расчет безмоментных оболочек вращения разной формы. Изгиб цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении; краевой эффект. Изгиб круглых пластин. Влияние перфорации на жесткость пластины. Общая и местная устойчивость стержней и оболочек при сжимающих напряжениях. Основные соотношения теории малых упруго-пластических деформаций. Прочность фермы и рамы крепления ДУ. Оценка общей несущей способности камеры сгорания ЖРД. Расчет без учета осевых усилий камеры сгорания ЖРД многоразового запуска. Уточненные расчеты несущей способности КС ЖРД одноразового срабатывания с учетом пластических деформаций. Режим гидроопрессовки и рабочий режим нагружения КС. Прочность связей между оболочками КС. Расчет плоской головки КС. Запасы прочности. Расчетные схемы конструктивных элементов РДТТ. Особенности обеспечения прочностной надежности заряда. Прочность корпуса и днищ. Особенности расчета на прочность композитного корпуса РДТТ, образованного непрерывной намоткой. Основы расчетов рабочих лопаток и дисков турбин на прочность. Оценка критической скорости вала.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|--|
| ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач | Знает: методы математического моделирования конструкций авиационных и ракетных двигателей и внешних воздействий; понятия и подходы к математическому моделированию сложных конструкций; правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для основных силовых элементов двигателя; нагрузки, действующие на элементы конструкции двигателя в основных расчётных случаях; возможные виды предельного состояния конструкций под действием этих нагрузок |

| | |
|--|---|
| | <p>Умеет: использовать свои знания для построения математической модели прочностной надёжности конструкций авиационных и ракетных двигателей, оценивать корректность постановок задач, представлять итоги проделанной работы; определять напряженно-деформированное состояние оболочек вращения по безмоментной теории, НДС круглых пластин; понимать степень опасности краевого эффекта в конструкциях корпуса и двигателя; оценивать запас прочности теплонапряженных узлов двигательной установки; объяснять, почему в существующих конструкциях ЛА приняты те или иные конструктивные решения, продиктованные требованиями обеспечения прочностной надёжности</p> <p>Имеет практический опыт: владения навыками решения задач математического моделирования прочностной надёжности конструкций и выбора конструктивно-силовых схем; методами расчёта на прочность основных элементов конструкции ДУ, связанными с разработкой и испытаниями двигателя</p> |
|--|---|

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|--|---|
| 1.О.23 Современные программные комплексы, Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр) | Не предусмотрены |

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

| Дисциплина | Требования |
|--|--|
| 1.О.23 Современные программные комплексы | <p>Знает: основы конструирования деталей, узлов, механизмов и соединений с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствие с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов, основы конструирования деталей, узлов, механизмов и соединений с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствие с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов</p> <p>Умеет: выполнять графическую работу в соответствии с нормами единой системой конструкторской документации с использованием компьютерных технологий; разрабатывать конструкцию деталей узлов и отдельных механизмов ракетной и ракетно-космической техники, выполнять графическую</p> |

| | |
|--|--|
| | работу в соответствии с нормами единой системой конструкторской документации с использованием компьютерных технологий; разрабатывать конструкцию деталей узлов и отдельных механизмов ракетной и ракетно-космической техники Имеет практический опыт: работы в стандартной программных комплексов различного вида и назначения; навыками конструирования узлов и агрегатов ракетной и ракетно-космической техники, работы в стандартных программных комплексов различного вида и назначения; навыками конструирования узлов и агрегатов ракетной и ракетно-космической техники |
| Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр) | Знает: навыки и приёмы программирования, применение прикладных программных комплексов для обработки экспериментальных данных и математического моделирования Умеет: составлять компьютерную программу на одном из языков программирования, реализующую изученные методы, проводить её отладку, тестирование и использовать её для решения конкретной задачи Имеет практический опыт: владения методами компьютерного моделирования (компьютерного эксперимента), способами использования прикладных программ для решения практических задач |

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 110,75 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|---|-------------|------------------------------------|---------|
| | | Номер семестра | |
| | | 7 | 8 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 216 | 108 | 108 |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 96 | 48 | 48 |
| Лекции (Л) | 32 | 16 | 16 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32 | 16 | 16 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 32 | 16 | 16 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 105,25 | 53,75 | 51,5 |
| Проработка теоретического материала и задач, решённых на практических занятиях, по конспектам и учебной литературе. Подготовка к зачету | 53,75 | 53,75 | 0 |
| Проработка теоретического материала и задач, решённых на практических занятиях, по конспектам и учебной литературе. Подготовка к экзамену | 51,5 | 0 | 51,5 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 14,75 | 6,25 | 8,5 |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | зачет | экзамен |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|-----------|---|---|----|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Основы прочностных расчетов силовых узлов ракетного двигателя. Нормирование прочности. Методы анализа статической и динамической прочности. | 52 | 12 | 8 | 32 |
| 2 | Расчет теплонапряженных узлов ЖРД. Оценка несущей способности камеры сгорания. Прочность связей и узлов крепления. | 20 | 8 | 12 | 0 |
| 3 | Прочность твердотопливного ракетного двигателя. | 14 | 8 | 6 | 0 |
| 4 | Прочность элементов турбонасосного агрегата. | 10 | 4 | 6 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1 | 1 | Основные этапы работ по обеспечению прочностной надежности конструкции ракетной двигательной установки. Нормирование прочности конструкций. | 2 |
| 2 | 1 | Реальный объект и расчетная схема, модель материала, формы конструкции, модели нагружения, модели разрушения. | 2 |
| 3 | 1 | Расчет НДС безмоментных оболочек вращения разной формы. | 2 |
| 4 | 1 | Изгиб цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении; краевой эффект. | 2 |
| 5 | 1 | Изгиб круглых пластин. Влияние перфорации на жесткость пластины. | 2 |
| 6 | 1 | Общая и местная устойчивость стержней и оболочек при сжимающих напряжениях. | 1 |
| 7 | 1 | Основные соотношения теории малых упруго-пластических деформаций. | 1 |
| 8 | 2 | Оценка общей несущей способности камеры сгорания ЖРД. Расчет без учета осевых усилий камеры сгорания ЖРД многократного запуска. | 1 |
| 9 | 2 | Оценка общей несущей способности камеры сгорания ЖРД. Расчет без учета осевых усилий камеры сгорания ЖРД многократного запуска. | 1 |
| 10 | 2 | Уточненные расчеты несущей способности КС ЖРД однократного срабатывания с учетом пластических деформаций. | 1 |
| 11 | 2 | Режим гидроопрессовки и рабочий режим нагружения КС. | 1 |
| 12 | 2 | Прочность связей между оболочками КС. | 2 |
| 13 | 2 | Расчет плоской головки КС. Запасы прочности. | 2 |
| 14 | 3 | Расчетные схемы конструктивных элементов. Особенности обеспечения прочностной надежности заряда. | 4 |
| 15 | 3 | Прочность корпуса и днищ. Особенности расчета на прочность композитного корпуса РДТТ, образованного непрерывной намоткой волокон композиционного материала. | 4 |
| 16 | 4 | Основы расчетов НДС рабочих лопаток, дисков турбин. Оценка критической скорости вала. | 4 |

5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во |
|-----------|-----------|---|--------|
|-----------|-----------|---|--------|

| | | | часов |
|-----|---|---|-------|
| 1 | 1 | Расчетная схема оболочек КС ЖРД. Расчет напряжений деформаций и перемещений безмоментных оболочек вращения (цилиндр, сфера, конус). | 2 |
| 2 | 1 | Оценка краевого эффекта в оболочках. Влияние на прочность. Определение частного решения дифференциального уравнения изгиба оболочки, формулировка граничных условий для определения констант интегрирования. Контрольная работа. | 2 |
| 3 | 1 | Поперечный изгиб круглых пластин. Формулировка граничных условий для различных случаев закрепления. Определение констант интегрирования для характерных граничных условий: шарнирного опирания, заделки и свободного края. Сравнение расчетного прогиба с данными лабораторных испытаний. Применение расчетной схемы кольцевой пластины для оценки деформирования сильфона. | 2 |
| 4 | 1 | Расчет общей и местной устойчивости тонкостенных стержней и оболочек при действии сжимающих напряжений. Сравнение расчетных критических нагрузок с данными лабораторных испытаний. Анализ причин расхождения расчетных данных с экспериментальными. | 2 |
| 5 | 2 | Расчет общей несущей способности цилиндрической КС ЖРД. Приближенная оценка напряжений и запаса прочности при рабочем давлении. Определение запаса прочности и рабочих напряжений в стенках КС. | 4 |
| 6 | 2 | Уточненные расчеты КС ЖРД одноразового срабатывания при пластическом деформировании. | 4 |
| 7 | 2 | Расчет общей и местной устойчивости тонкостенных стержней и оболочек при действии сжимающих напряжений. Сравнение расчетных критических нагрузок с данными лабораторных испытаний. Анализ причин расхождения расчетных данных с экспериментальными. | 4 |
| 8,9 | 3 | Расчет напряжений в заряде РДТТ. Оценка вариантов конструктивно-технологических решений узлов композитного корпуса РДТТ с позиций прочностной надежности. | 6 |
| 10 | 4 | Прочность элементов турбонасосного агрегата | 6 |

5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 1 | Общая потеря устойчивости стержней. Изучение общей потери устойчивости стержневых элементов конструкций на примере потери устойчивости алюминиевых прессованных профилей. | 4 |
| 2 | 1 | Местная потеря устойчивости стержней. Изучение местной потери устойчивости стержневых элементов конструкций на примере потери устойчивости алюминиевых прессованных профилей. | 4 |
| 3 | 1 | Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии. Экспериментально определяется величина критической нагрузки, при которой происходит потеря устойчивости. Сравнение с расчетом. | 6 |
| 4 | 1 | Устойчивость цилиндрической оболочки при внешнем боковом давлении. Исследуются формы потери устойчивости, влияние способов закрепления. Производится сравнение с результатами расчетов. | 6 |
| 5 | 1 | Изгиб круглой пластинки. Экспериментально определяется прогиб круглой пластинки под действием равномерного избыточного давления. Результаты измерений прогиба сравниваются с теоретическими. | 6 |
| 6 | 1 | Осевая деформация сильфона. Оценивается точность расчетной модели и | 6 |

| | | |
|--|--|--|
| | формул для определения поджатия или удлинения сильфона под нагрузкой путем сравнения теоретических результатов с экспериментальными. | |
|--|--|--|

5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|---|--|---------|--------------|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Проработка теоретического материала и задач, решённых на практических занятиях, по конспектам и учебной литературе. Подготовка к зачету | 1. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 344 с. ил. 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. 3. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей Учеб. для вузов по спец."Авиац. двигатели и энерг. установки" Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин и др.; Под общ. ред. Г. Г. Гахуна. - М.: Машиностроение, 1989. - 424 с. ил. | 7 | 53,75 |
| Проработка теоретического материала и задач, решённых на практических занятиях, по конспектам и учебной литературе. Подготовка к экзамену | 1. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 344 с. ил. 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. 3. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей Учеб. для вузов по спец."Авиац. двигатели и энерг. установки" Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин и др.; Под общ. ред. Г. Г. Гахуна. - М.: Машиностроение, 1989. - 424 с. ил. | 8 | 51,5 |

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 | Выполнение контрольного задания в виде | 15 | 15 | Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых раздела 1. Студенту дается задача. | зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------------------------|----|----|--|-------|
| | | | решения задачи-1 | | | <p>Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи: - расчет и графическая часть выполнены верно – 15 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 12 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 10 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 8 балла; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия - 10.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %.</p> | |
| 2 | 7 | Текущий контроль | Выполнение лабораторной работы-1 | 10 | 10 | <p>Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - расчет выполнен верно и приведены методики расчета – 4 балла; - выводы логичны и обоснованы – 2 балл - оформление работы соответствует требованиям – 2 балл - правильный ответ на один вопрос – 1 балл Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 10.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p> | зачет |
| 3 | 7 | Текущий контроль | Выполнение лабораторной | 10 | 10 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. | зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|--|----|----|--|-------|
| | | | работы-2 | | | Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - расчет выполнен верно и приведены методики расчета – 4 балла; - выводы логичны и обоснованы – 2 балл - оформление работы соответствует требованиям – 2 балл - правильный ответ на один вопрос – 1 балл Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 % | |
| 4 | 7 | Текущий контроль | Выполнение лабораторной работы-3 | 10 | 10 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - расчет выполнен верно и приведены методики расчета – 4 балла; - выводы логичны и обоснованы – 2 балл - оформление работы соответствует требованиям – 2 балл - правильный ответ на один вопрос – 1 балл Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 % | зачет |
| 5 | 7 | Промежуточная аттестация | Мероприятие промежуточной аттестации в виде зачета | - | 40 | Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводятся во время сдачи | зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|------------------|---|----|----|---|---------|
| | | | (письменный опрос) | | | зачета. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. | |
| 6 | 7 | Текущий контроль | Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-2 | 15 | 15 | Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых раздела 2. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи: - расчет и графическая часть выполнены верно – 15 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 12 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 10 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 8 балла; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 4 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия - 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %. | зачет |
| 7 | 8 | Текущий контроль | Выполнение лабораторной работы-4 | 15 | 15 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|---|----|----|---|---------|
| | | | | | | качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - расчет выполнен верно и приведены методики расчета – 6 балла; - выводы логичны и обоснованы – 4 балл - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл - правильный ответ на один вопрос – 2 балл Максимальное количество баллов – 15. Весовой коэффициент мероприятия – 15. | |
| 8 | 8 | Текущий контроль | Выполнение лабораторной работы-5 | 15 | 15 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - расчет выполнен верно и приведены методики расчета – 6 балла; - выводы логичны и обоснованы – 4 балл - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл - правильный ответ на один вопрос – 2 балл Максимальное количество баллов – 15. Весовой коэффициент мероприятия – 15. | экзамен |
| 9 | 8 | Промежуточная аттестация | Мероприятие промежуточной аттестации в виде экзамена (письменный опрос) | - | 40 | Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводятся во время сдачи экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный | экзамен |

| | | | | | | | |
|----|---|------------------|---|----|----|--|---------|
| | | | | | | <p>опрос из 5 вопросов. Время, отведенное на опрос -40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40.</p> <p>Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия - 40.</p> <p>Отлично: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 85...100 %.</p> <p>Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 75...84 %.</p> <p>Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 60...74 %.</p> <p>Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.</p> | |
| 10 | 8 | Текущий контроль | Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-3 | 10 | 10 | <p>Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых раздела 3. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи: - расчет и графическая часть выполнены верно – 10 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 8 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 4 балла; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 2 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия - 10.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %.</p> | экзамен |
| 11 | 8 | Текущий контроль | Выполнение контрольного задания в виде | 10 | 10 | <p>Контрольное задание осуществляется на предпоследнем занятии изучаемых раздела 4. Студенту дается задача.</p> | экзамен |

| | | | | | | | |
|----|---|------------------|---|----|----|---|---------|
| | | | решения задачи-4 | | | Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи: - расчет и графическая часть выполнены верно – 10 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 8 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 4 балла; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 2 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия - 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %. | |
| 12 | 8 | Текущий контроль | Выполнение контрольного задания в виде решения задачи-5 | 10 | 10 | Контрольное задание осуществляется на последнем занятии изучаемых раздела 4. Студенту дается задача. Задача состоит из расчетной и графической части. На решение задачи отводится 45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания решения задачи: - расчет и графическая часть выполнены верно – 10 баллов; - расчет выполнен верно, графическая часть имеет недочеты – 8 баллов; - расчет имеет недочеты, графическая часть выполнена верно – 6 баллов; - расчет и графическая часть имеют недочеты – 4 балла; - расчет и графическая часть имеют грубые замечания – 2 балла; - задача не выполнена – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия - 10. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %. | экзамен |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|---|---|
| зачет | <p>Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи зачета. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов. Время, отведенное на опрос - 40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. Зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине менее 60 %.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |
| экзамен | <p>Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов. Время, отведенное на опрос - 40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 85...100 %. Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 75...84 %. Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 60...74 %. Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ОПК-5 | <p>Знает: методы математического моделирования конструкций авиационных и ракетных двигателей и внешних воздействий; понятия и подходы к математическому моделированию сложных конструкций; правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для основных силовых элементов двигателя; нагрузки, действующие на элементы конструкции двигателя в основных расчётных случаях; возможные виды предельного</p> | + | + | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| | состояния конструкций под действием этих нагрузок | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОПК-5 | Умеет: использовать свои знания для построения математической модели прочностной надёжности конструкций авиационных и ракетных двигателей, оценивать корректность постановок задач, представлять итоги проделанной работы; определять напряженно-деформированное состояние оболочек вращения по безмоментной теории, НДС круглых пластин; понимать степень опасности краевого эффекта в конструкциях корпуса и двигателя; оценивать запас прочности теплонапряженных узлов двигательной установки; объяснять, почему в существующих конструкциях ЛА приняты те или иные конструктивные решения, продиктованные требованиями обеспечения прочностной надёжности | + | + | + | | | | | | | ++ | | | | | | | | | |
| ОПК-5 | Имеет практический опыт: владения навыками решения задач математического моделирования прочностной надёжности конструкций и выбора конструктивно-силовых схем; методами расчёта на прочность основных элементов конструкции ДУ, связанными с разработкой и испытаниями двигателя | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. 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. Феодосьев, В. И. Соппротивление материалов Учеб. для вузов. - 10-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 590,[1] с.
3. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования [Текст] учеб. для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение", специальности "Ракет. двигатели" "Двигатели летат. аппаратов" М. В. Добровольский : под ред. Д. А. Ягодникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 486, [1] 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 ; Челябин. политехн. ин-т им. Ленинского комсомола, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЧПИ, 1986. - 91 с.
2. Фахрутдинов, И. Х. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива Учеб. для машиностроит. вузов. - М.: Машиностроение, 1987. - 325 с. ил.
3. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 344 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. Хищенко Ю.М. Сборник вопросов и задач по строительной механике: Учебное пособие. – Челябинск: изд-во ЧПИ, 1986. – 81 с.
2. Характеристики И Критерии Эффективности Материалов
3. Махнович С.В. Строительная механика и прочность конструкций: Руководство к лабораторным работам. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – 40 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---------------------------|---|--|
| 1 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Абрамов, И.П. Ракетно-космическая техника. Т. IV+22, В 2 кн. Кн. 2. Часть I. / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев. — М. : Машиностроение, 2014. — 563 с. https://e.lanbook.com/book/63258 |
| 2 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Чернышев, А.В. Расчет и конструирование агрегатов пневматических и пневмогидравлических систем. Пневмосистемы. Источники сжатого газа. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 50 с. http://e.lanbook.com/book/52154 |
| 3 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Абрамов, И.П. Ракетно-космическая техника. Т. IV+22, В 2 кн. Кн. 2. Часть II. [Электронный ресурс] / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 548 с. http://e.lanbook.com/book/63259 |

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 |
|----------------------|------------|--|
| Лекции | 105 (2) | Лабораторные стенды, макеты, плакаты |
| Лабораторные занятия | 105 (2) | Лабораторные стенды и образцы для испытаний, Плакаты для проведения практических и лабораторных занятий |