

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет
Кафедра «Авиационные двигатели»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н. В. Лобов
2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Прочность конструкций»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

**Специальность 24.05.02 Проектирование авиационных
и ракетных двигателей**


| | |
|--|---|
| Специализация программы специалитета: | «Проектирование авиационных двигате- лей и энергетических установок» |
| Квалификация выпускника: | «инженер» |
| Выпускающая кафедра: | «Авиационные двигатели» |
| Форма обучения: | очная |
| Курс: <u> 4 </u> . | Семестр: <u> 7 </u> |
| Трудоёмкость: | |
| Кредитов по рабочему учебному плану: | 4 ЗЕ |
| Часов по рабочему учебному плану: | 144 ч |
| Виды контроля: | экзамен в 7 семестре |

Пермь, 2017 г.


Учебно-методический комплекс дисциплины «Прочность конструкций» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, рассмотренного и одобренного Учёным советом вуза 30 марта 2017 г., утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа 24-о;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», утверждённой 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», утверждённого 03 апреля 2017 г.


Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Соппротивление материалов», «Детали машин и основы конструирования» участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик(-и) ст. преп. канд.наук  Д.А. Вятчанин
(учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)


(учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Рецензент д.т.н., проф  М.Н. Нихайлов
(учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Авиационные двигатели» «26» 06 2017 г., протокол № 26


Заведующий кафедрой «Авиационные двигатели», ведущей дисциплину д-р техн. наук, проф.  А.А. Иноземцев
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «29» 08 2017 г., протокол № 10.

Председатель учебно-методической комиссии Аэрокосмического факультета канд. техн. наук, доц.  Н.Е. Чигодаев
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Авиационные двигатели» д-р техн. наук, проф.  А.А. Иноземцев
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ канд. техн. наук, доц.  Д.С. Репецкий
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – подготовка студента к решению задач связанных с расчетным и экспериментальным исследованием и оценкой прочности конструктивных элементов двигателей летательных аппаратов (ЛА).

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и демонстрирует следующие профессионально-специализированные компетенции АПСК-1.1, АПСК-1.3:

– способность применять профессионально-специализированные знания в процессе разработки физических и математических моделей процессов, и явлений в двигателях летательных аппаратов (АПСК-1.1);

– способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагрузки, прочностного и теплового состояния, характеристик двигателей летательных аппаратов, их деталей, узлов и систем и осуществлять их документированное конструирование с описанием принципа действия и устройства (АПСК-1.3).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• *формирование знаний:*

– основ процессов статического, усталостного и длительного разрушения типовых элементов конструкции двигателей ЛА, повреждающих факторов и основных методов расчета ресурса;

– экспериментальных методов анализа статической и динамической прочности типовых элементов конструкции двигателей ЛА;

– типовых требований и методов расчета на прочность элементов и узлов конструкции двигателей ЛА в рамках теории упругости, пластичности;

– численных методов расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкции двигателей ЛА;

– типовых требований и основных методов расчета динамических процессов при работе двигателей ЛА.

• *формирование умений:*

– задавать граничные условия, выбирать модели материала, модели нагружения для элементов конструкции двигателей ЛА;

– определять повреждающие факторы для элементов конструкции двигателей ЛА;

– выполнять расчеты методом конечных элементов отдельных элементов конструкции двигателей ЛА;

– использовать информационные технологии для поиска и анализа информации по специальности, интерпретации результатов расчета в соответствии с действующими нормами.

• *формирование навыков:*

– представлять основанные на теории упругости и пластичности методики моделирования и расчетов на прочность отдельных элементов конструкции двигателей ЛА;

– владеть основами экспериментального исследования прочности и надежно-

сти элементов конструкции двигателей ЛА;

– владеть основами численных расчетов на прочность элементов конструкции двигателей ЛА;

– работы с вычислительной техникой при расчете элементов конструкции двигателей ЛА.

1.3 Предметом освоения учебной дисциплины являются следующие объекты:

– основные уравнения теории упругости, пластичности, ползучести, колебаний;

– процессы нагружения, процессы разрушения;

– методы расчетного и экспериментального анализа статической и динамической прочности типовых элементов конструкции двигателей ЛА;

– методы расчета надежности и долговечности типовых элементов конструкции двигателей ЛА;

– модели материала, модели нагружения, модели формы, модели разрушения;

– способы решения задач статической и динамической прочности для типовых элементов конструкций двигателей ЛА;

– факторы, влияющих на конструкционную прочность типовых элементов конструкций двигателей ЛА.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Прочность конструкций» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору студентов при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок».

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

| Код | Наименование компетенции | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины |
|---|---|---|---|
| Профессионально-специализированные компетенции | | | |
| АПСК-1.1 | способность применять профессионально-специализированные знания в процессе разработки физических и математических моделей процессов, и явлений в авиационных двигателях; | Б1.Б.09. Уравнения математической физики. | Б1.Б.27. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Б1.Б.28. Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок. |
| АПСК-1.3 | способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного и теплового состояния, характеристик авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем и осуществлять их документированное конструирование с описанием принципа действия и устройства; | | Б1.Б.29. Конструкция и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Б1.В.08. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. |

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций по способности выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного и теплового состояния, характеристик двигателей ЛА, их деталей, узлов и систем и осуществлять их документированное конструирование с описанием принципа действия и устройства (АПСК-1.3), применять профессионально-специализированные знания в процессе разработки физических и математических моделей процессов, и явлений в двигателях ЛА (АПСК-1.1).

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-1.1

| Код | Формулировка компетенции |
|----------|---|
| АПСК-1.1 | способность применять профессионально-специализированные знания в процессе разработки физических и математических моделей процессов, и явлений в элементах конструкции двигателей ЛА; |

| | |
|---|---|
| Код АПСК-1.1. Б1.ДВ.04.2 | Формулировка дисциплинарной части компетенции способность применять профессионально-специализированные знания в процессе разработки физических и математических моделей процессов, и явлений нагружения и разрушения элементов конструкции двигателей ЛА; |
|---|---|

Требования к компонентному составу части компетенции

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|---|---|---|
| Знать: – основы процессов статического, усталостного и длительного разрушения элементов и узлов двигателей ЛА, повреждающие факторы и основные методы расчета ресурса; – экспериментальные методы анализа статической и динамической прочности элементов конструкции двигателей ЛА | <i>Лекции.</i> <i>Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</i> | <i>Тестовые вопросы для текущего контроля. Тестовые вопросы для рубежного контроля. Вопросы к экзамену.</i> |
| Уметь: – задавать граничные условия, выбирать модели материала, модели нагружения для элементов конструкции двигателей ЛА; – определять повреждающие факторы для элементов конструкции двигателей ЛА. | <i>Лекции</i> <i>Лабораторные работы.</i> | <i>Тестовые вопросы для текущего контроля.</i> <i>Отчёт по ЛР.</i> <i>Задания для рубежного контроля.</i> <i>Вопросы к экзамену.</i> |
| Владеть: – представлением об основанных на теории упругости и пластичности методиках моделирования и расчетов на прочность элементов конструкции двигателей ЛА; – основами экспериментального исследования прочности и надежности элементов конструкции двигателей ЛА. | <i>Лабораторные работы.</i> | <i>Отчёт по ЛР.</i> |

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-1.3

| | |
|---|---|
| Код АПСК-1.3 | Формулировка компетенции способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного и теплового состояния, характеристик элементов двигателей ЛА, их деталей, узлов и систем и осуществлять их документированное конструирование с описанием принципа действия и устройства; |
| Код АПСК-1.3. Б1.ДВ.04.2 | Формулировка дисциплинарной части компетенции способность выполнять расчёты нагруженности, прочностного состояния деталей и узлов двигателей ЛА и осуществлять документированное описание результатов расчета; |

Требования к компонентному составу части компетенции

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|---|--|---|
| Знать: – типовые требования и методы расчета на прочность элементов и узлов двигателей ЛА в рамках теории упругости, пластичности; – численные методы расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкции двигателей ЛА; – типовые требования и методы расчета динамических процессов при работе двигателей ЛА. | <i>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</i> | <i>Тестовые вопросы для текущего контроля, тестовые вопросы для промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.</i> |
| Уметь: – выполнять расчеты методом конечных элементов отдельных элементов конструкции двигателей ЛА; – использовать информационные технологии для поиска и анализа информации по специальности, интерпретации результатов расчета в соответствии с действующими нормами. | <i>Лекции Лабораторные работы.</i> | <i>Тестовые вопросы для текущего контроля. Отчёт по ЛР. Задания для промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.</i> |
| Владеть: – основами численных расчетов на прочность элементов конструкции двигателей ЛА; – навыками работы с вычислительной техникой при расчете элементов конструкции двигателей ЛА. | <i>Лабораторные работы. Самостоятельная работа по подготовке к зачёту</i> | <i>Отчёт по ЛР.</i> |

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

| № п.п. | Виды учебной работы | Трудоёмкость, ч | |
|--------|--|-----------------|------------|
| | | 7 семестр | всего |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Аудиторная (контактная) работа | 54 | 54 |
| | - лекции (Л) | 28 | 28 |
| | - лабораторные работы (ЛР) | 24 | 24 |
| | Контроль самостоятельной работы (КСР) | 2 | 2 |
| 2 | Самостоятельная работа студентов (СРС) | 54 | 54 |
| | - изучение теоретического материала | 32 | 32 |
| | - подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным) | 11 | 11 |
| | - подготовка отчетов по лабораторным работам (практическим занятиям) | 11 | 11 |
| 3 | Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен | 36 | 36 |
| 4 | Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) | 144 | 144 |
| | в зачётных единицах (ЗЕ) | 4 | 4 |

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

| Номер учебного модуля | Номер раздела дисциплины | Номер темы дисциплины | Количество часов и виды занятий (очная форма обучения) | | | | | | Итоговый контроль | самостоятельная работа | Трудоёмкость, ч / ЗЕ | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|--|-------------|-----------|-----------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | | | аудиторная работа | | | | Итоговый контроль | самостоятельная работа | | | | Трудоёмкость, ч / ЗЕ |
| | | | всего | в том числе | | | | | | | | |
| Л | ПЗ | ЛР | | КСР | Л | ПЗ | ЛР | КСР | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | |
| 1 | 1 | Введение | 1 | 1 | | | | | | 1/0,027 | | |
| | | 1 | 8 | 2 | | 6 | | | 6 | 14/0,388 | | |
| | | 2 | 8 | 2 | | 6 | | | 6 | 14/0,388 | | |
| | | 3 | 8 | 2 | | 6 | | | 7 | 15/0,416 | | |
| | 2 | 4 | 5 | 5 | | | | | 6 | 11/0,305 | | |
| | 3 | 5 | 2 | 2 | | | | | | 5 | 7/0,194 | |
| | | 6 | 2 | 2 | | | | | | 4 | 6/0,166 | |
| | 4 | 7 | 2 | 2 | | | | | | 4 | 6/0,166 | |
| | Всего по модулю: | | | 37 | 18 | | 18 | 1 | | 38 | 75/2,083 | |
| | 2 | 5 | 8 | 9 | 3 | | 6 | | | 7 | 16/0,444 | |
| 6 | | 9 | 3 | 3 | | | | | 5 | 8/0,222 | | |
| Всего по модулю: | | | 13 | 6 | | 6 | 1 | | 12 | 25/0,687 | | |
| 3 | 7 | 10 | 3 | 3 | | | | | 4 | 7/0,194 | | |
| | | Заключение | 1 | 1 | | | | | | 0 | 1/0,027 | |
| | Всего по модулю: | | | 4 | 4 | | | | | 4 | 8/0,222 | |
| Промежуточная аттестация | | | | | | | | Экзамен/36 | | 36/1 | | |
| Итого: | | | 54 | 28 | | 24 | 2 | 36 | 54 | 144/4 | | |

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Л – 1 ч.

Структура и задачи курса. Реальные конструкции, их расчетные схемы и модели, конструкционная прочность. Факторы влияющие на конструкционную прочность. Модели материала. Модели формы. Модели нагружения, запасы прочности.

Модуль 1. Основы механики сплошных сред.

Раздел 1. Теория упругости

Л – 6 ч, ЛР – 18 ч, СРС – 19 ч.

Тема 1. Напряжения в точке тела

Напряженно-деформированное состояние в точке. Тензор напряжений. Исследование напряженного состояния в точке при заданном тензоре напряжений. Главные площадки.

Тема 2. Деформации в точке тела

Деформированное состояние в точке. Геометрические уравнения механики линейной сплошной деформируемой среды. Определение нагрузок в элементах силовых конструкций.

Тема 3. Уравнения теории упругости

Постановка задачи теории упругости. Граничные условия. Расчет напряженно-деформированного состояния.

Раздел 2. Теория пластичности

Л – 5 ч, СРС – 6 ч.

Тема 4. Основы теории пластичности

Упругие и пластические деформации. Модель малых упруго-пластических деформаций. Остаточные напряжения. Постановка и методы решения задач теории пластичности.

Раздел 3. Усталостное разрушение

Л – 4 ч, СРС – 9 ч.

Тема 5. Основы процессов усталостного разрушения

Классификация. Расчеты на усталость. Малоцикловая усталость и термоусталость. Долговечность и ресурс.

Тема 6. Основы механики разрушения

Развитие трещины, как последний этап разрушения. Напряженное состояние в вершине трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Критические значения коэффициента интенсивности напряжений. Уравнение Париса. Кинетика усталостной трещины, долговечность.

Раздел 4. Ползучесть

Л – 2 ч, СРС – 4 ч, КСР–1 ч.

Тема 7. Основы теории ползучести

Ползучесть. Определяющие одномерные уравнения. Теория ползучести. Релаксация напряжений.

Модуль 2. Расчетно-экспериментальные методы

Раздел 5. Численные методы расчета напряженно-деформированного состояния элементов двигателей ЛА

Л – 3 ч, ЛР - 6 ч, СРС – 7 ч.

Тема 8 Основы метода конечных элементов

Основы метода конечных элементов. Дискретизация области. Стержневые и балочные конечные элементы. Матрицы перемещений, жесткостей. Матрица жесткости системы. Функции формы элемента. Разрешающая система уравнений.

Раздел 6. Экспериментальные методы

Л – 3 ч, СРС – 5 ч, КСР–1 ч.

Тема 9 Экспериментальные методы анализа статической и динамической прочности элементов и узлов двигателей ЛА.

Экспериментальные методы анализа статической и динамической прочности. Методы испытаний. Планирование эксперимента, эквивалентные испытания узлов и деталей конструкций двигателя ЛА. Математические методы моделирования статической и динамической прочности. Методы анализа прочностной надежности типовых элементов и узлов двигателей ЛА и энергетических установок.

Модуль 3. Основы теории колебаний

Раздел 7. Основы теории колебаний

Л – 3 ч, СРС – 4 ч.

Тема 10 Колебания систем с конечным числом степеней свободы
Системы с конечным числом степеней свободы. Составление и интегрирование дифференциальных уравнений свободных колебаний системы с конечным числом степеней свободы. Формы собственных колебаний и их свойства.

Заключение. Л – 1 ч.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы практического занятия |
|--------|-----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| | | Не предусмотрены |

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|-----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1,8 | Изучение интерфейса пользователя и основ работы в конечноэлементном пакете ANSYS |
| 2 | 1,2,3,8 | Расчет методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния стержня при заданных условиях нагружения |
| 3 | 1,2,3,8 | Расчет методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния пластины с концентратором напряжений в виде отверстия |
| 4 | 1,2,3,8 | Расчет методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния стержня при заданном распределении температуры и нагрузок |

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится в п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

| Номер темы (раздела) дисциплины | Вид самостоятельной работы студентов | Трудоёмкость, часов |
|---------------------------------|---|---------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1,2,3,8 | Подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов по лабораторным работам | 11 |
| 1 | Изучение теоретического материала | 2 |
| 2 | Изучение теоретического материала | 3 |
| 3 | Изучение теоретического материала | 4 |
| 4 | Изучение теоретического материала | 4 |
| 5 | Изучение теоретического материала | 3 |
| 6 | Изучение теоретического материала | 3 |
| 7 | Изучение теоретического материала | 3 |
| 8 | Изучение теоретического материала | 4 |
| 9 | Изучение теоретического материала | 3 |
| 10 | Изучение теоретического материала | 3 |
| 1,2,3,4,5,6,8,9,10 | Подготовка к аудиторным занятиям | 11 |
| | Итого: в ч / в ЗЕ | 54/1,5 |

5.1. Тематика для самостоятельного изучения дисциплины

Введение

Основные допущения теории упругости. Основные уравнения теории упругости. Допущения теории упругости. Основы теории упруго-пластических деформаций. Процессы усталостного повреждения материала. Расчеты на усталость. Циклическое деформирование материала. Накопление усталостных повреждений. Метод конечных элементов. Зарождение усталостной трещины. Механика разрушения. Уравнение Лагранжа. Собственные формы колебаний.

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно

Тема 1 Запасы прочности. Модели разрушения при статическом нагружении. Модели прочностной надежности. Инварианты тензора напряжений.

Тема 2 Дифференциальные уравнения равновесия. Дифференциальные уравнения неразрывности деформаций.

Тема 3 Закон Гука для линейной изотропной упругой среды.

Тема 4 Теорема о разгрузке. Метод секущего модуля.

Тема 5 Модели поведения материала при циклическом пластическом деформировании. Гипербола Нейбера. Формула Мэнсона. Гипотезы накопления усталостных повреждений. Линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений. Нелинейные гипотезы суммирования усталостных повреждений.

Тема 6 Модели разрушения при циклическом нагружении.

Тема 7 Теория старения, теория упрочнения.

Тема 8 Конечный элемент треугольной формы, описание, функции формы, матрица жесткости.

Тема 9 Методы измерения деформаций.

Тема 10 Колебания систем с одной степенью свободы без трения, с трением, при действии вынуждающей гармонической силы. Свободные колебания гибкого вала с одним диском. Вынужденные колебания вала с одним диском. Колебания роторов с несколькими дисками.

5.2. Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрен

5.3. Реферат

Не предусмотрен

5.4. Расчетно-графические работы

Не предусмотрено

5.5. Индивидуальное задание

Не предусмотрено

5.6 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Лекционные занятия по темам дисциплины носят проблемно ориентированный характер с приведением примеров непосредственно относящихся к двигателям ЛА. В процессе изложения лекционного материала предусматривается активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

После изучения темы дисциплины в часы лекционных занятий студенты в часы самостоятельной работы должны пользуясь конспектом лекций повторить материал, пользуясь основной литературой более глубоко разобраться в проблемных вопросах, на которые акцентировано внимание лектора.

Лабораторные работы охватывают первый модуль и выполняются в компьютерном классе. При проведении занятий используется интерактивный метод обучения – учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом преобладает активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия. Для проведения занятий используется лицензионное программное обеспечение, широко применяемое на практике основными предприятиями отрасли, что развивает практические навыки.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в указанных ниже формах.

- Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 6.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Всего предусмотрено проведение пяти текущих опросов (собеседований).
- Защита отчётов по лабораторным работам. Всего предусмотрено три отчёта по лабораторным работам внутри первого учебного модуля (табл. 6.1).

6.2 Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в указанных ниже формах.

- Рубежная контрольная работа (модуль 1, модуль 2).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1: Основы механики сплошных сред.

Типовые вопросы для контрольной работы 1 (КР1) рубежного контроля усвоенных знаний:

1. Описание основных допущений теории упругости.
2. Модели материала.
3. Описание основных допущений теории пластичности.
4. Методы решения задачи теории пластичности.
5. Описание процессов усталостного разрушения элементов силовой установки ЛА.
6. Влияние факторов на усталостную прочность. Термоусталость.
7. Накопление усталостных повреждений.
8. Явление ползучести.
9. Зарождение и развитие усталостных трещин.
10. Оценка ресурса детали с трещиной.

Модуль 2: Расчетно-экспериментальные методы оценки прочности.

Типовые вопросы для контрольной работы 2 (КР2) рубежного контроля усвоенных знаний:

1. Основы метода конечных элементов.
2. Этапы решения задачи методом конечных элементов.
3. Экспериментальные методы анализа статической прочности подвижных элементов двигателей ЛА.
4. Экспериментальные методы анализа статической прочности корпусов двигателей ЛА.

5. Экспериментальные методы анализа усталостной прочности подвижных элементов двигателей ЛА.
6. Экспериментальные методы измерения деформаций и напряжений элементов двигателей ЛА.
7. Постановка эксперимента. Определения. Планирование эксперимента.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Экзамен.

Экзамен по дисциплине проводится с использованием фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежного контроля.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания к лабораторным работам, контрольные работы, и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1- Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

| Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы) | Вид контроля | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------|------------------------|--------------------------|---------|
| | Текущий и промежуточный | | Рубежный | | Промежуточная аттестация | |
| | ТО | | Т/КР | ОЛР | | Экзамен |
| Усвоенные знания | | | | | | |
| 3.1. Типовые требования и методы расчета на прочность элементов конструкции двигателей ЛА в рамках теории упругости; | ТО 1 | | КР 1 | | | ТВ |
| 3.2. Типовые требования и методы расчета на прочность элементов и узлов двигателей ЛА в рамках теории пластичности | ТО 1 | | КР 1 | | | ТВ |
| 3.3 Основы процессов усталостного и длительного разрушения элементов и узлов двигателей ЛА, повреждающие факторы и основные методы расчета ресурса | ТО 2 | | КР 1 | | | ТВ |
| 3.4 Численные методы расчета напряженно-деформированного состояния элементов двигателей ЛА | ТО 3 | | КР2 | ОЛР2, ОЛР3, ОЛР4 | | ТВ |
| 3.5 Экспериментальные методы анализа статической и динамической прочности элементов двигателей ЛА | ТО 4 | | КР 2 | | | ТВ |
| 3.6 Типовые требования и методы расчета динамических процессов при работе двигателей ЛА | ТО 5 | | | | | ТВ |
| Освоенные умения | | | | | | |
| У.1 Задавать граничные условия, выбирать модели материала, модели нагружения для элементов конструкции двигателей ЛА | | | | ОЛР2, ОЛР3, ОЛР4 | | |
| У.2 Определять повреждающие факторы для элементов конструкции двигателей ЛА | | | КР1 | | | ТВ |
| У.3 Выполнять расчеты методом конечных элементов отдельных элементов конструкции двигателей ЛА | | | | ОЛР2, ОЛР3, ОЛР4 | | |
| У.4. Использовать информационные технологии для поиска и анализа информации по специальности, интерпретации результатов расчета в соответствии с действующими нормами | | | | | | |
| Приобретенные владения | | | | | | |
| В.1 Представлением об основанных на теории упругости и пластичности методиках моделирования и расчетов на прочность элементов конструкции двигателей ЛА | ТО 1 | | КР1 | ОЛР2, ОЛР3, ОЛР4 | | ТВ |
| В.2 Основами численных расчетов на прочность элементов конструкции двигателей ЛА | ТО 3 | | КР2 | ОЛР2, ОЛР3, ОЛР4 | | ТВ |
| В.3 Основами экспериментального | ТО 4 | | КР2 | | | ТВ |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|------------------------|--|----|
| исследования прочности и надежности элементов конструкции двигателей ЛА | | | | | | |
| В.4 Навыками работы с вычислительной техникой при расчете элементов конструкции двигателей ЛА | | | | ОЛР2, ОЛР3, ОЛР4 | | ТВ |

ТО – текущий опрос; КР – промежуточная контрольная работа; ОЛР – отчет по лабораторной работе; ТВ – теоретические вопросы (процедура итоговой аттестации с проведением аттестационного испытания).

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

| Вид работы | Распределение часов по учебным неделям (7 семестр) | | | | | | | | | | | | | | | | | | Итого ч | | |
|---|--|---|---|----|---|---|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------------|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | | |
| Раздел: | P1 | | | P2 | | | P3 | | | P4 | | | P5 | | | P6 | | | P7 | | |
| <i>Лекции</i> | 2 | | 2 | | 3 | | 5 | | 4 | | 2 | | 3 | | 3 | | 4 | | 28 | | |
| <i>Лабораторные работы</i> | | 6 | | 6 | | 6 | | | | | | | 6 | | | | | | 24 | | |
| <i>КСР</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | 2 | | |
| <i>Изучение теоретического материала</i> | | 2 | 3 | 4 | 4 | | 3 | | 3 | | 3 | 4 | | | 3 | | 3 | | 32 | | |
| <i>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)</i> | | | 1 | | 2 | | 2 | | 1 | | 2 | | 1 | | 1 | | 1 | | 11 | | |
| <i>Подготовка отчетов по лабораторным (практическим работам)</i> | | 2 | | 3 | | 3 | | | | | | | | 3 | | | | | 1 | | |
| Модуль: | M1 | | | | | | M2 | | | | | | M3 | | | | | | | | |
| Контрольные работы | | | | | | X | | | | | | X | | | | | | | | | |
| Дисциплин. контроль | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Экзамен/ 36 | | |

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.04.2
«Прочность конструкций»
(индекс и полное название дисциплины)

БЛОК 1. Дисциплины (модули)
(цикл дисциплины)
 базовая часть цикла обязательная
 вариативная часть цикла по выбору студента

24.05.02
(код направления подготовки / специальности)

Проектирование авиационных и ракетных двигателей / Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
(полное название направления подготовки / специальности)

АРД / АД
(аббревиатура направления / специальности)

Уровень подготовки: специалист Форма обучения: очная
 бакалавр заочная
 магистр очно-заочная

2017
(год утверждения учебного плана ООП)

Семестр(-ы): 7 Количество групп: 1
 Количество студентов: 30

Вятчанин Д.А.
(фамилия, инициалы преподавателя)
 Аэрокосмический
(факультет)
 Авиационные двигатели
(кафедра)

старший преподаватель
(должность)
 +7 (342) 239-13-61
(контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

| № | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|--------------------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 Основная литература | | |
| 1 | Кожаринова, Л. В. Основы теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / Л. В. Кожаринова .— Москва : Изд-во АСВ, 2010 .— 136 с. | 10 |
| 2 | Прикладная теория пластичности : учебное пособие для вузов / К. М. Иванов [и др.] ; Под ред. К. М. Иванова .— Санкт-Петербург : Политехника, 2009 .— 375 с. : ил | 3 |
| 3 | Димитриенко, Ю. И. Механика сплошной среды : учебное пособие для вузов : в 4 т. / Ю. И. Димитриенко ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011 .— ISBN 978-5-7038-3385-8. Т. 4: Основы механики твёрдых сред .— 2013 .— 623 с. | 10 |
| 4 | Алдошин Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин .— 2-е изд., стер .— Санкт-Петербург[и др.] : Лань, 2013 .— 311 с. | 2 |
| 5 | Прикладная механика сплошных сред : учебник для вузов : в 3 т. / Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; Под ред. В. В. Селиванова .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 .— ISBN 5-7038-2343-9.Т. 2: Механика разрушения деформируемого тела / В.В. Селиванов .— 2-е изд., испр .— 2006 .— 419 с. | 7 |
| 6 | Партон, В. З. Механика упругопластического разрушения. Основы механики разрушения : учебное пособие для вузов : в 2 ч. / В. З. Партон, Е.М. Морозов .— 3-е изд., испр .— Москва : УРСС, 2007. Ч. 1: Основы механики разрушения / ; Авт. предислов. Ю.Н. Работнов .— 2007 .— 349 с. | 5 |
| 7 | Степанова, Л. В. Математические методы механики разрушения / Л. В. Степанова .— Москва : Физматлит, 2009 .— 334 с | 1 |
| 8 | Иноземцев, А. А. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок : учебник для вузов : в 5 т. / А. А. Иноземцев, М. Ш. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий .— М. : Машиностроение, 2008 .— (Газотурбинные двигатели) .— ISBN 978-5-94275-399-3. Т. 4: Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок .— 2008 .— 191 с. | 40 |
| 2 Дополнительная литература | | |
| 2.1 Учебные и научные издания | | |
| 9 | Розин Л.А. Постановка задач теории упругости. Учебное пособие/ СПб ГТУ. Изд-во СПб., 1992г., 531с. | 1 |
| 10 | Горшков А.Г. и др. Теория упругости и пластичности: Учебник для вузов. —М.: Физматлит, 2002г. -415с. | 55 |
| 11 | Бабаков И.М. Теория колебаний : Учебное пособие для вузов. 4-е издание, испр. —М.: Дрофа,2004г. -592с. | 126 |
| 12 | Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний: Учеб. пособ. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. —М.: Изд-во МГТУ, 2001г, 395с. | 64 |

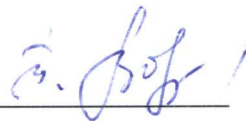
| | | |
|--|---|----|
| 13 | Пестриков В.М. Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел: Курс лекций. –СПб: Проффесия, 2002г. -300с. | 70 |
| 14 | Костюк А.Г. Динамика и прочность турбомашин. –М.: МЭИ, 2000г., 479с. | 8 |
| 2.2 Периодические издания | | |
| – | | |
| 2.3 Нормативно-технические издания | | |
| – | | |
| 2.4 Официальные издания | | |
| – | | |
| 2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | | |
| 1 | Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана. | |
| 2 | Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана. | |
| 3 | Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992- . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный | |

Основные данные об обеспеченности на _____

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

Основная литература обеспечена не обеспеченаДополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____



Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____

(дата контроля литературы)

Основная литература обеспечена не обеспеченаДополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____

Н.В. Тюрикова

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

| № п.п. | Вид учебного занятия | Наименование программного продукта | Рег. номер | Назначение |
|--------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | ЛР | ANSYS | Лицензия ПНИПУ – лиц.дог 444632 | Проведение расчетов методом конечных элементов при проведении лабораторных работ. |

8.3.2 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

| Вид аудио-, видео-пособия | | | | Наименование учебного пособия |
|---------------------------|------------|--------|---------------|-------------------------------|
| теле-фильм | кино-фильм | слайды | аудио-пособие | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| – | – | – | – | – |

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

| № п.п. | Помещения | | | Площадь, м ² | Количество посадочных мест |
|--------|--------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|
| | Название | Принадлежность (кафедра) | Номер аудитории | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Компьютерный класс | Кафедра АД | 203/1 корпус Г | 36 | 15 |
| 2 | Аудитория | Кафедра АД | 201 корпус Г | 72 | 60 |

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

| № п.п. | Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката) | Кол-во, ед. | Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.) | Номер аудитории |
|---------------|--|--------------------|---|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Персональные компьютеры | 7 | Оперативное управление | 203/1 |

Лист регистрации изменений

| № п.п. | Содержание изменения | Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой |
|-------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |