



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
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов Н. В. Лобов

«06» 06 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Проектирование узлов и систем авиационных двигателей
и энергетических установок»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

**Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных
и ракетных двигателей»**

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Специализация программы специалитета: | «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок» |
| Квалификация выпускника: | «инженер» |
| Выпускающая кафедра: | «Авиационные двигатели» |
| Форма обучения: | очная |

Курс: 5

Семестр: 10

Трудоёмкость:

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Кредитов по рабочему учебному плану: | 4 ЗЕ |
| Часов по рабочему учебному плану: | 144 ч |

Виды контроля: Дифференцированный зачет в 10 семестре

Пермь, 2017

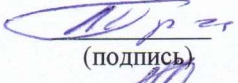

Учебно-методический комплекс дисциплины «Проектирование узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта 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.

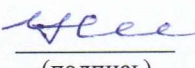
Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Конструкция и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Теория и расчет лопаточных машин», «Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок», «Системы автоматизированного проектирования авиационных двигателей и энергетических установок», «Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок», «Прочность конструкций», «Ресурсное проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Вычислительные технологии в авиационном двигателестроении», «Специальная технология изготовления деталей и сборка авиационных двигателей и энергетических установок», «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов», «Основы инженерного эксперимента», «Испытания и обеспечение надежности авиационных двигателей и энергетических установок», «Управление проектированием и производством авиационных двигателей и энергетических установок», «Экология, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной».

| | | | |
|-------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Разработчик | <u>канд техн.наук., доц.</u> (учёная степень, звание) |  (подпись) | <u>А.А Григорьев</u> (инициалы, фамилия) |
| Рецензент | <u>д-р техн. наук, проф.</u> (учёная степень, звание) |  (подпись) | <u>М.Ш. Нихамкин</u> (инициалы, фамилия) |


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Авиационные двигатели» « 13 » 06 2017 г., протокол № 24

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

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета « 16 » 06 2017 г., протокол № 9 .

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

Согласовано:

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

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)



(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является:

– получение общих знаний направлений развития расчетных и экспериментальных методов, конструктивных и технологических решений для обеспечения ресурса и надежности авиационных двигателей и энергетических установок при их проектировании; умений и навыков прогнозирования ресурса и использования методов обеспечения ресурса и надежности двигателей при их проектировании, производстве и эксплуатации, ресурсного проектирования элементов двигателей и расчетного прогнозирования показателей надежности и ресурса, определения характеристик материалов, определяющих ресурс двигателей.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие профессионально-специализированные компетенции АПСК-1.3, АПСК-1.4, АПСК-1.5, ПСК-1.10:

- 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 (АПСК-1.3);
- способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты, технологические процессы изготовления проектируемых авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем; использовать средства автоматизированного проектирования и передовой опыт разработки конкурентоспособных изделий (АПСК-1.4);
- способность разрабатывать документальное и метрологическое обеспечение проектирования, технических разработок, разрабатывать рабочие планы, программы, методики проведения и организовывать научные исследования, технические эксперименты и испытания авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем, проводить обработку и анализ результатов (АПСК-1.5);
- способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учётом требований качества, надёжности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства (ПСК-1.10);

1.2 Задачи учебной дисциплины

- **формирование знаний**
 - типовых конструктивных и технологических решений, обеспечивающих надежность и ресурс двигателей;
 - этапов проектирования двигателя;
 - механизмов накопления повреждений, ограничивающих ресурс и надежность двигателей;

- достигнутых в мировой и отечественной практике показателей ресурса и надежности двигателей;

- направлений развития расчетных и экспериментальных методов обеспечения ресурса и надежности авиационных двигателей.

- **формирование умений**

- эффективного использования методов обеспечения ресурса и надежности двигателей при их проектировании, производстве и эксплуатации;

- применения при проектировании методов обеспечения эксплуатационной технологичности авиационных двигателей и энергетических установок;

- проведения инструментальной диагностики повреждений деталей;

- использования методов прогнозирования ресурса авиационных двигателей и энергетических установок.

- **формирование навыков**

- самостоятельного изучения конструктивных и технологических решений, направленных на обеспечение ресурса авиадвигателей, их узлов и агрегатов;

- владения методами конструирования узлов, деталей, агрегатов авиационных двигателей и энергетических установок;

- определения характеристик материалов, определяющих ресурс двигателей;

- ресурсного проектирования элементов двигателей и расчетного прогнозирования показателей надежности и ресурса.

1.3 Предметом освоения учебной дисциплины являются следующие объекты:

- тепловые авиационные двигатели и энергетические установки различных типов;

- методы исследования, расчета и проектирования тепловых авиационных двигателей и энергетических установок;

- методы диагностики повреждений деталей газотурбинных двигателей (ГТД);

- методы прогнозирования ресурса авиационных двигателей и энергетических установок;

- методы обеспечения надежности и эксплуатационной технологичности авиационных двигателей и энергетических установок;

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование систем и узлов авиационных двигателей и энергетических установок» относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной 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 (группы дисциплин) |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессионально-специализированные компетенции | | | |
| АПСК-1.3 | Способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагрузки, прочностного и теплового состояния, характеристик авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем и осуществлять их документированное проектирование с описанием принципа действия и устройства | Б1.Б.27 Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.Б.29 Конструкция и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.В.07 Теория и расчет лопаточных машин, Б1.В.08 Основы проектирования авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.ДВ.03.1 Системы автоматизированного проектирования авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.ДВ.04.1 Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.ДВ.04.2 Прочность конструкций, Б1.ДВ.07.1 Вычислительные технологии в авиадвигателестроении, Б2.б.04 Производственная практика (стажировка инженерная) | Б1.Б.28 Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.ДВ.06.2 Ресурсное проектирование авиационных двигателей и энергетических установок, Б2.Б.06 Преддипломная практика (практика по выполнению выпускной квалификационной работы) |
| АПСК-1.4 | способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты, технологические процессы изготовления проектируемых авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем; использовать средства автоматизированного проектирования и передовой опыт разработки конкурентоспособных изделий | Б1.Б.29 Конструкция и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.В.07 Теория и расчет лопаточных машин, Б1.В.09 Специальная технология изготовления деталей и сборка авиационных двигателей и энергетических установок | Б1.ДВ.06.2 Ресурсное проектирование авиационных двигателей и энергетических установок |

| | | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | ческих установок, Б1.ДВ.03.1 Системы автоматизированного проектирования авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.ДВ.03.2 Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, Б2.Б03 Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), Б2.Б.04 Производственная практика (стажировка инженерная) | |
| АПСК-1.5 | Способность разрабатывать документальное и метрологическое обеспечение проектирования, технических разработок, разрабатывать рабочие планы, программы, методики проведения и организовывать научные исследования, технические эксперименты и испытания авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем, проводить обработку и анализ результатов | Б1.В.01 Основы инженерного эксперимента, Б1.В.14 Управление проектированием и производством авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.ДВ.07.1 Вычислительные технологии в авиадвигателестроении, Б2.Б03 Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) | Б1.В.10 Испытания и обеспечение надежности авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.ДВ.06.2 Ресурсное проектирование авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.Б.28 Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок |
| ПСК-1.10 | способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учётом требований качества, надёжности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства | Б1.Б.25 Экология, Б1.В.14 Управление проектированием и производством авиационных двигателей и энергетических установок | Б1.ДВ.06.2 Ресурсное проектирование 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:
АПСК-1.3; АПСК-1.4; АПСК-1.5; ПСК-1.10

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-1.3

| | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код АПСК-1.3 | Формулировка компетенции способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагрузки, прочностного и теплового состояния, характеристик авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем и осуществлять их документированное конструирование с описанием принципа действия и устройства |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код АПСК-1.3. Б1.ДВ.06.1 | Формулировка дисциплинарной части компетенции способность выбирать конструктивные и технологические решения, обеспечивающие надежность и ресурс проектируемых изделий |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Требования к компонентному составу части компетенции АПСК-1.3

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Знать: – типовые конструктивные и технологические решения, обеспечивающие надежность и ресурс двигателей | Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Вопросы текущих контрольных работ. Вопросы к диф. зачету. |
| Уметь: – эффективно использовать методы обеспечения ресурса и надежности двигателей при их проектировании, производстве и эксплуатации | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Вопросы к диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам. |
| Владеть: – навыками самостоятельного изучения конструктивных и технологических решений, направленных на обеспечение ресурса авиадвигателей, их узлов и агрегатов | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Отчёты по лабораторным работам. |

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-1.4

| | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код АПСК-1.4 | Формулировка компетенции способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты, технологические процессы изготовления проектируемых авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем; использовать средства автоматизированного проектирования и передовой опыт разработки конкурентоспособных изделий |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код АПСК-1.4. Б1.ДВ.06.1 | Формулировка дисциплинарной части компетенции обеспечение реализации всех этапов разработки конструкции при ресурсном проектировании двигателей летательных аппаратов |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Требования к компонентному составу части компетенции АПСК-1.4

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|----------------------|---------------------|-----------------|
|----------------------|---------------------|-----------------|

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Знать: – этапы проектирования двигателя | Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Вопросы текущих контрольных работ. Вопросы к диф. зачету. |
| Уметь: – применять при проектировании методы обеспечения эксплуатационной технологичности авиационных двигателей и энергетических установок | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Вопросы к диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам. |
| Владеть: – методами конструирования узлов, деталей, агрегатов авиационных двигателей и энергетических установок | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Отчёты по лабораторным работам. |

2.3 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-1.5

| | |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код АПСК-1.5 | Формулировка компетенции способность разрабатывать документальное и метрологическое обеспечение проектирования, технических разработок, разрабатывать рабочие планы, программы, методики проведения и организовывать научные исследования, технические эксперименты и испытания авиационных двигателей, их деталей, узлов и систем, проводить обработку и анализ результатов |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код АПСК-1.5. Б1.ДВ.06.1 | Формулировка дисциплинарной части компетенции умение учитывать характеристики материалов при разработке проектов и технологических процессов, определяющих ресурс и надежность двигателей |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Требования к компонентному составу части компетенции АПСК-1.15

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Знать: – механизмы накопления повреждений, ограничивающих ресурс и надежность двигателей | Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Вопросы текущих контрольных работ. Вопросы к диф. зачету. |
| Уметь: – проводить инструментальную диагностику повреждений деталей | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Вопросы к диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам. |
| Владеть: – навыками определения характеристик материалов, определяющих ресурс двигателей | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Отчёты по лабораторным работам. |

2.4 Дисциплинарная карта компетенции ПСК-1.10

| Код | Формулировка компетенции |
|-----|--------------------------|
|-----|--------------------------|

| | |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПСК-1.10 | способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учётом требований качества, надёжности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код ПСК-1.10. Б1.ДВ.06.1 | Формулировка дисциплинарной части компетенции умение учитывать требования обеспечения ресурса, надёжности и эксплуатационной технологичности при проектировании, производстве и эксплуатации авиационных двигателей и энергетических установок |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Требования к компонентному составу части компетенции ПСК-1.10

| Перечень компонентов | Виды учебной работы | Средства оценки |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Знать: – достигнутые в мировой и отечественной практике показатели ресурса и надёжности двигателей; – направления развития расчетных и экспериментальных методов обеспечения ресурса и надёжности авиационных двигателей | Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Вопросы текущих контрольных работ. Вопросы к диф. зачету. |
| Уметь: – использовать методы прогнозирования ресурса авиационных двигателей и энергетических установок | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Вопросы к диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам. |
| Владеть: – навыками ресурсного проектирования элементов двигателей и расчетного прогнозирования показателей надёжности и ресурса | Лабораторные работы. Самостоятельная работа. | Отчёты по лабораторным работам. |

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

| № п.п. | Виды учебной работы | Трудоёмкость |
|--------|------------------------------------------------------------------|------------------------|
| | | всего |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Аудиторная (контактная) работа | 72 |
| | Лекции (Л) | 32 |
| | Лабораторные работы (ЛР) | 36 |
| 2 | Контроль самостоятельной работы (КСР) | 4 |
| 3 | Самостоятельная работа студентов (СРС) | 72 |
| | Изучение теоретического материала | 36 |
| | Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным работам) | 18 |
| | Подготовка отчетов по лабораторным работам | 18 |
| 4 | Промежуточная аттестация по дисциплине | Диф. зачет |
| 5 | Трудоёмкость дисциплины, всего: | |
| | в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ) | 144 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) | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|-------------|-----------|----------|-------------------|------------------------|----------------------|
| | | | аудиторная работа | | | | Итоговый контроль | самостоятельная работа | Трудоёмкость, ч / ЗЕ |
| | | | всего | В том числе | | | | | |
| | | | | Л | ЛР | КСР | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 1 | 1 | 16 | 8 | 8 | | | 8 | 24/0,7 |
| | | 2 | 20 | 8 | 12 | 2 | | 28 | 50/1,4 |
| | Всего по модулю: | | 38 | 16 | 20 | 2 | | 36 | 74/2,1 |
| 2 | 2 | 3 | 16 | 8 | 8 | | | 28 | 44/1,2 |
| | | 4 | 16 | 8 | 8 | 2 | | 8 | 26/0,7 |
| | Всего по модулю: | | 34 | 16 | 16 | 2 | | 36 | 70/1,9 |
| Промежуточная аттестация | | | | | | | Диф. зачет | | |
| Итого: | | | 72 | 32 | 36 | 4 | | 72 | 144/4 |

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Надежность ГТД.

Раздел 1. Надежность ГТД

Л – 8 ч, ЛР – 20 ч, СРС – 36 ч.

Тема 1. Основные характеристики надежности ГТД

Безопасность полетов. Отказ, последствия отказов. Технический ресурс деталей и узлов ГТД. Вероятность безотказной работы. Нарботка на отказ.

Тема 2. Нагружение деталей ГТД и процессы повреждения материалов.

Типовой полетный цикл. Особенности нагружения деталей ГТД (лопаток, дисков, валов, корпусов, элементов подвески). Кинетика напряженного состояния деталей ГТД. Статические и динамические напряжения. Характеристики циклического нагружения. Механизмы повреждения материалов при различных видах нагружения и условий эксплуатации деталей. Модельные представления о процессах накопления повреждений. Кратковременное разрушение. Ползучесть. Малоцикловая усталость. Термоусталость. Многоцикловая усталость. Развитие трещин. Характеристики материалов.

Модуль 2. Ресурс ГТД

Раздел 2. Ресурс ГТД

Л – 16 ч, ЛР – 16 ч, СРС – 36 ч.

Тема 3. Управление ресурсом

Три стратегии управления ресурсом. Эксплуатация двигателя по назначенному ресурсу и по техническому состоянию. План управления ресурсом. Концепция допустимых повреждений. Этапы проектирования двигателя. Научно-технический задел, необходимый для расчетной оценки ресурса. Рас-

четные методы оценки ресурса лопаток, дисков, валов, корпусов, элементов подвески, применяемые на различных этапах проектирования. Экспериментальные методы подтверждения ресурса лопаток, дисков, валов, корпусов, элементов подвески. Коэффициенты соответствия.

Тема 4. Пути повышения ресурса на этапах проектирования, производства и эксплуатации двигателя

Направления повышения ресурса основных деталей ГТД на этапе проектирования. Повышение прочности и ресурса деталей технологическими методами. Эксплуатационные мероприятия по повышению ресурса деталей и узлов ГТД.

4.3 Перечень тем практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.2 – Темы лабораторных работ

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1, 2 | Исследование характеристик длительной прочности материалов |
| 2 | 1, 2 | Исследование характеристик малоциклового усталости материалов. |
| 3 | 1, 2 | Исследование характеристик многоциклового усталости материалов. |
| 4 | 1, 2 | Инструментальная диагностика повреждения деталей ГТД. |
| 5 | 1, 2 | Исследование характеристик трещиностойкости материалов. |
| 6 | 3 | Исследование характеристик усталостной прочности лопаток. |
| 7 | 3 | Изучение методики расчетного прогнозирования циклического ресурса дисков. |
| 8 | 4 | Изучение методики экспериментальной оценки ресурса работы дисков. |
| 9 | 4 | Анализ элементов конструкции двигателя с точки зрения обеспечения ресурса. |

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 лабораторным работам и заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится 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 | изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР | 8 |
| 2 | изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР | 28 |
| 3 | изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР | 28 |
| 4 | изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР | 8 |
| | Итого: в ч / в ЗЕ | 72/2.0 |

5.1. Тематика для самостоятельного изучения дисциплины

Тема 2. Нагружение деталей ГТД и процессы повреждения материалов

Ресурсные характеристики полимерных композиционных материалов.

Тема 3. Управление ресурсом

Параметрическая диагностика состояния двигателя. Инструментальная диагностика повреждения деталей ГТД.

5.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект (курсовая работа) не предусмотрен.

5.3. Реферат

Реферат не предусмотрен.

5.4. Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы не предусмотрены

5.5. Индивидуальное задание

Индивидуальное задание не предусмотрено

5.6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

По всем темам дисциплины проводятся проблемно-ориентированные лекционные занятия с использованием мультимедийной презентации лекционного курса. В процессе изложения лекционного материала предусматривается определенная гибкость с акцентированием внимания студентов на наиболее интересных для студентов вопросах. Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на 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 и второй модуль содержания дисциплины и выполняются как в часы лабораторных работ, так и часы самостоятельной работы. В часы лабораторных работ, непосредственно связанные с использованием лабораторной установки, макетов летательных аппаратов и двигателей. В эти же часы проводятся необходимые обсуждения, и дискуссии по содержательной части работы. Большая часть лабораторных работ проводится в интерактивном режиме живого общения не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия. Этапы лабораторных работ, связанные с изучением литературы, оформление отчетов, подготовкой к защите и т.д. выполняются с часы самостоятельной работы с использованием компьютерной техники и современных средств телекоммуникаций.

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.

- Текущие контрольные работы для анализа усвоения теоретического материала. Всего предусмотрено 4 текущих контрольных работы (темы 1-4)

Тематика текущих контрольных работ:

Тема 1. Основные характеристики надежности ГТД

1. Отказ, последствия отказов. Технический ресурс деталей и узлов ГТД.
2. Вероятность безотказной работы. Нарботка на отказ.

Тема 2. Нагружение деталей ГТД и процессы повреждения материалов

1. Типовой полетный цикл. Особенности нагружения деталей ГТД (лопаток, дисков, валов, корпусов, элементов подвески).
2. Механизмы повреждения материалов при различных видах нагружения и условий эксплуатации деталей. Модельные представления о процессах накопления повреждений.

Тема 3. Управление ресурсом

1. Три стратегии управления ресурсом. Эксплуатация двигателя по назначенному ресурсу и по техническому состоянию.
2. Этапы проектирования двигателя. Расчетные методы оценки ресурса лопаток, дисков, валов, корпусов, элементов подвески, применяемые на различных этапах проектирования.

Тема 4. Пути повышения ресурса на этапах проектирования, производства и эксплуатации двигателя

1. Направления повышения ресурса основных деталей ГТД на этапе проектирования.
2. Повышение прочности и ресурса деталей технологическими методами.

- Защита отчётов по лабораторным работам. Всего предусмотрено 9 отчётов по лабораторным работам внутри каждого учебного модуля (модуль 1 – 5 работ; модуль 2 – 4 работы).

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, 2).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1

1. Отказ, последствия отказов.
2. Технический ресурс деталей и узлов ГТД.
3. Вероятность безотказной работы. Нарботка на отказ.
4. Типовой полетный цикл.
5. Особенности нагружения деталей ГТД (лопаток, дисков, валов, корпусов, элементов подвески).
6. Механизмы повреждения материалов при различных видах нагружения и условий эксплуатации деталей.
7. Модельные представления о процессах накопления повреждений.

Модуль 2

1. Три стратегии управления ресурсом.
2. Эксплуатация двигателя по назначенному ресурсу и по техническому состоянию.
3. Этапы проектирования двигателя.
4. Расчетные методы оценки ресурса лопаток, дисков, валов, корпусов, элементов подвески, применяемые на различных этапах проектирования.
5. Направления повышения ресурса основных деталей ГТД на этапе проектирования.
6. Повышение прочности и ресурса деталей технологическими методами.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Дифференцированный зачёт

Дифференцированный зачёт по дисциплине проставляется на основании успешных написания зачётной работы и защиты лабораторных работ, успешного прохождения рубежного контроля.

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 |
| | ТКР | ЛР | РК | Диф. зачет |
| Усвоенные знания | | | | |
| 3.1 достигнутые в мировой и отечественной практике показатели ресурса и надежности двигателей | + | | + | + |
| 3.2 механизмы накопления повреждений, ограничивающих ресурс и надежность двигателей | + | + | + | + |
| 3.3 направления развития расчетных и экспериментальных методов обеспечения ресурса и надежности авиационных двигателей | + | + | + | + |
| 3.4 этапы проектирования двигателя | + | + | + | + |
| 3.5 типовые конструктивные и технологические решения, обеспечивающие надежность и ресурс двигателей | + | + | + | + |
| Освоенные умения | + | + | | + |
| У.1 использование методов прогнозирования ресурса авиационных двигателей и энергетических установок | + | + | | + |
| У.2 эффективное использование методов обеспечения ресурса и надежности двигателей при их проектировании, производстве и эксплуатации | + | + | | + |
| У.3 применение при проектировании методов обеспечения эксплуатационной технологичности авиационных двигателей и энергетических установок | + | + | | + |
| У.4 проведение инструментальной диагностики повреждений деталей | + | + | | + |
| Приобретенные владения | | | | |
| В.1 навыки практического использования методов конструирования узлов, деталей, агрегатов авиационных двигателей и энергетических установок | | + | | + |
| В.2 навыки ресурсного проектирования элементов двигателей и расчетного прогнозирования показателей надежности и ресурса | | + | | + |
| В.3 навыки определения характеристик материалов, определяющих ресурс двигателей | | + | + | + |
| В.4 навыки самостоятельного изучения конструктивных и технологических решений, направленных на обеспечение ресурса авиадвигателей, их узлов и агрегатов | | + | + | + |

Примечание:

ТКР – текущие контрольные работы (контроль знаний по теме);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и владений);

РК – рубежная контрольная.

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

| Вид работы | Распределение часов по учебным неделям | | | | | | | | | | | | | | | | Итого, ч |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|
| | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | |
| Раздел: | Р1 | | | | | | | | Р2 | | | | | | | | |
| Лекции | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 32 |
| Лабораторные работы | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | 4 | 4 | 4 | 4 | | | 36 |
| КСР | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | 4 |
| Изучение теоретического материала | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 36 |
| Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным работам) | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | 18 |
| Подготовка отчетов по лабораторным работам | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 18 |
| Модуль: | М1 | | | | | | | | М2 | | | | | | | | 144 |
| Дисциплин. контроль | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | Диф. зачет |

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.06.1
Проектирование узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок

(индекс и полное название дисциплины)

БЛОК 1. Дисциплины (модули)

(цикл дисциплины)

| |
|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |

базовая часть цикла

вариативная часть цикла

| |
|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |

обязательная

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:

| |
|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |

 специалист
бакалавр
магистр

Форма обучения:

| |
|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |

 очная
заочная
очно-заочная

2017
(год утверждения учебного плана ОПОП)

Семестр: 10 Количество групп: 1
Количество студентов: 30

Григорьев А.А.
(фамилия, инициалы преподавателя)

Аэрокосмический
(факультет)

АД
(кафедра)

доцент
(должность)

тел. 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 + кафедре; местонахождение электрон- ных изданий |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 Основная литература | | |
| 1 | Нихамкин М.А. Вибрационные процессы в газотурбинных двигателях: Учеб. пособие. Изд-во ПНИПУ, 2011, – 96 с. – Электрон. версия учеб. пособия. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/view.php?fDocumentId=540 , свободный. | 5+ЭБ |
| 2 | Нихамкин М.А. Конструкция и проектирование газотурбинных двигателей наземного применения: Учеб. пособие. Изд-во ПНИПУ, 2011, – 92 с. – Электрон. версия учеб. пособия. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/view.php?fDocumentId=551 , свободный. | 5+ЭБ |
| 2 Дополнительная литература | | |
| 2.1 Учебные и научные издания | | |
| 1 | Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Учебник. т.1-5. М., Машиностроение, 2008, – 201 с. | т.1-40 т.2-40 т.3-41 т.4-40 т.5-41 |
| 2 | В.Г. Августинович Математическое моделирование авиационных двигателей : учебное пособие. Изд-во ПГТУ, 2008, – 99 с. | 49+ЭБ |
| 3 | Основы технологии создания газотурбинных двигателей для магистральных самолетов/ Братухин А.Г. , Решетников Ю.Е., Иноземцев А.А и др./ред. А.Г. Братухина. – М.: Авиатехинформ, 1999. – 553 с | 5 |
| 2.2 Периодические издания | | |
| 1 | Журнал «Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника», - Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. Политехн. ун-та. – Свидетельство ПИ № ФС77-56516 от 26 декабря 2013 года. - Ежеквартальное. | |
| 2.3 Нормативно-технические издания | | |
| Не предусмотрены | | |
| 2.4 Официальные издания | | |
| Не предусмотрены | | |
| 2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | | |
| 1 | ScienceDirect: Engineering [Electronic resource]: полнотекстовая база данных: электрон. науч. журн. и книг на англ. и нем. яз.]/ Elsevier/ - Amsterdam, 1995-. – Режим доступа: http://www.sciencedirect.com/ .-Загл. с экрана. | |

| № | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке + кафедре; местонахождение электрон- ных изданий |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 2 | Springer [Electronicresource :полнотекстоваябазаданных: электрон. журн., книги, изображения, протоколы исследований на англ. и нем. яз.]/ SpringerScience+BusinessMedia.–Berlin [etal.] :Springer, 1830-2014. – Режим доступа: http://link.springer.com/ .Загл. с экрана. | |

Основные данные об обеспеченности на 29.05.2017
(дата составления рабочей программы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки  Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____
(дата контроля литературы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная 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 |
| — | — | — | — | — |

8.4 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 |
| | | + | | Курс лекций (компьютерная презентация) |
| | | + | | Лабораторные работы (компьютерная презентация) |

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 | 614013, Пермский край, г. Пермь, Ленинский район, ул. Профессора Поздеева, д.13, к.Г, каб. 109, лаборатория прочности материалов | Кафедра АД | 09, к.Г | 30 | 15 |
| 2 | 614013, Пермский край, г. Пермь, Ленинский район, ул. Профессора Поздеева, д.13, к.Г, каб. 109, комплексная лаборатория | Кафедра АД | 109, к.Г | 30 | 20 |

| | | | | | |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|----|----|
| 3 | 614013, Пермский край, г. Пермь, Ленинский район, ул. Профессора Поздеева, д.13, к.Г, каб.203, специализированная компьютерная аудитория | Кафедра АД | 203, к.Г | 60 | 30 |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|----|----|

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 | 15 | Оперативное управление | 203, к.Г |
| 2 | Резонансная машина для усталостных испытаний образцов из металла и композиционных материалов | 1 | Оперативное управление | 09, к.Г |
| 3 | Разрезные макеты авиационных двигателей различных типов и их составных частей | 17 | Оперативное управление | 109, 015, к.Г |

Лист регистрации изменений

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