

2017

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

« 26 » 06 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
«Энергетические машины и установки»**

**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: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

Виды контроля: дифференцированный зачет в 7 семестре

Пермь, 2017


**Учебно-методический комплекс дисциплины «Энергетические машины и установки»** 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 «Социология и политология», «Введение в специальность», «Менеджмент и маркетинг», «Газоперекачивающие агрегаты», «Экономика», «Информатика», «Безопасность жизнедеятельности», «Экология», «Системы автоматизированного проектирования», «Экономика предприятия и отрасли», «Физика», «Электротехника и электроника», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Основы инженерного эксперимента», «Испытания и обеспечение надежности авиационных двигателей и энергетических установок», «Научно-исследовательская работа студента», «Математическое моделирование авиационных двигателей», «Математическое моделирование наземных газотурбинных установок», участвующих в формировании компетенций совместно данной дисциплиной.


Разработчик канд техн.наук., доц.  А.А Григорьев  
(учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Рецензент д-р техн. наук, проф.  М.Ш. Нихамкин  
(учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)


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


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

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

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

### Согласовано:

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

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



## 1 Общие положения

### 1.1 Цель учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является:

– получение общих знаний закономерностей хода рабочих процессов авиационных двигателей, конвертированных в двигатели наземных энергетических установок, компоновки современных газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок; умений и навыков использования современной техники для выяснения протекающих процессов на реальном двигателе наземной энергетической установки, проектирования и создания блочно-агрегатной конструкции двигателей наземных энергетических установок.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие общекультурные, профессиональные и научно-исследовательские компетенции АОК-4, АОПК-5, АПК.НИ-3:

- способность обладать высокой мотивацией и личной ответственностью за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности (АОК-4);
- способность выбирать на основе общеинженерных знаний и использовать необходимые средства и методы ведения инженерной деятельности, инженерной и экономической оценки результатов труда, охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности (АОПК-5);
- способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации (АПК.НИ-3).

### 1.2 Задачи дисциплины:

- **формирование знаний**
  - истории создания высокоэффективных газотурбинных энергетических установок на базе авиационных двигателей ОАО «Авиадвигатель»;
  - назначения наземных газотурбинных установок и их схемы;
  - направления совершенствования наземных газотурбинных установок.
  - различных схем и конструкций наземных газотурбинных установок в блочно-контейнерном исполнении;
  - систем, определяющих аварийные ситуации наземных газотурбинных установок;
  - систем пожаротушения двигателей наземных газотурбинных установок;
  - компонентов двигателя газотурбинной установки, позволяющих проводить визуальный осмотр;
  - агрегатов и систем двигателя газотурбинной установки, позволяющих выполнять диагностику;
  - правил и приемов обработки параметров на современной вычислительной технике.

- **формирование умений**

- составления схем наземных газотурбинных установок;
- описания конструкции и принципа работы двигателя газотурбинных установок по внешнему виду, применяя технические термины;
- составления схем пожаротушения двигателей наземных газотурбинных установок;
- составления схем пожаротушения помещений газотурбинной установки;
- организации подготовки и проведения диагностики двигателя наземной газотурбинной установки.

- **формирование навыков**

- определения типов конструкций и назначений двигателей наземных газотурбинных установок;
- реализации пожаротушения двигателя и помещений наземной газотурбинной установки;
- обработки диагностических параметров на современной вычислительной технике.

### **1.3 Предметом освоения учебной дисциплины являются следующие объекты:**

- классификация газотурбинных и комбинированных установок;
- принцип работы и основные параметры двигателей газотурбинных установок;
- эффективный коэффициент полезного действия двигателей газотурбинных установок;
- оптимальные степени повышения давления;
- особенности конструкции двигателей газотурбинных установок;
- эксплуатационные характеристики двигателей газотурбинных установок;
- контролепригодность двигателей газотурбинных установок.

### **1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Энергетические машины и установки» 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)
<b>Общекультурные компетенции</b>			
АОК-4	Способность обладать высокой мотивацией и личной ответственностью за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности	Б1.Б.05 Социология и политология, Б1.В.02 Введение в специальность, Б2.Б.01 Учебная практика (практика по получению первичных умений и навыков),	
<b>Профессиональные компетенции</b>			
АОПК-5	Способность выбирать на основе общеинженерных знаний и использовать необходимые средства и методы ведения инженерной деятельности, инженерной и экономической оценки результатов труда, охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности	Б1.Б.04 Экономика, Б1.В.04 Системы автоматизированного проектирования, Б1.В.12 Экономика предприятия и отрасли, Б1.ДВ.05.2 Газоперекачивающие агрегаты	Б1.Б.24 Безопасность жизнедеятельности, Б1.Б.25 Экология, Б1.В.13 Организация и планирование предприятия
<b>Научно-исследовательские компетенции</b>			
АПК.НИ-3	Способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации	Б1.Б.11 Физика, Б1.Б.20 Электротехника и электроника, Б1.Б.23 Метрология, стандартизация и сертификация, Б1.В.02 Введение в специальность, Б1.ДВ.05.2 Газоперекачивающие агрегаты	Б1.Б.28 Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.В.10 Испытания и обеспечение надежности авиационных двигателей и энергетических установок, Б1.В.11 Научно-исследовательская работа студента, Б1.ДВ.02.1 Математическое моделирование авиационных двигателей, Б1.ДВ.02.2 Математическое моделирование наземных газотурбинных установок, Б2.Б.04 Производственная практика (стажировка инженерная), Б2.Б.05 Производственная практика

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины)
			(стажировка научно-инженерная)

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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций:  
АОК-4; АОПК-5; АПК.НИ-3

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенций АОК-4

<b>Код АОК-4</b>	<b>Формулировка компетенции:</b> способность обладать высокой мотивацией и личной ответственностью за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
<b>Код АОК-4. Б1.ДВ.05.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> осознание социальной значимости применения авиационной техники в газотрубопроводных коммуникациях и бесперебойном снабжении электроэнергией

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> – историю создания высокоэффективных газотурбинных энергетических установок на базе авиационных двигателей ОАО «Авиадвигатель»; – назначение наземных газотурбинных установок и их схемы; – направления совершенствования наземных газотурбинных установок.	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы текущих контрольных работ. Вопросы к диф. зачету.
<b>Уметь:</b> – составлять схемы наземных газотурбинных установок; – описывать конструкцию и принцип работы двигателя газоперекачивающих агрегатов по внешнему виду, применяя технические термины;	Лабораторные работы. Самостоятельная работа.	Вопросы к диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам.
<b>Владеет:</b> – навыками определения типов конструкций и назначений двигателей наземных газотурбинных установок.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа.	Отчёты по лабораторным работам.



## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции АОПК-5

<b>Код АОПК-5</b>	<b>Формулировка компетенции</b> способность выбирать на основе общеинженерных знаний и использовать необходимые средства и методы ведения инженерной деятельности, инженерной и экономической оценки результатов труда, охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
<b>Код АОПК-5. Б1.ДВ.05.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> владение основными методами и правилами построения наземных газотурбинных установок в блочно-контейнерном исполнении

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> – различные схемы и конструкции наземных газотурбинных установок в блочно-контейнерном исполнении; – системы, определяющие аварийные ситуации наземных газотурбинных установок; – систему пожаротушения двигателей наземных газотурбинных установок.	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы текущих контрольных работ. Вопросы к диф. зачету.
<b>Уметь:</b> – составлять схему пожаротушения двигателей наземных газотурбинных установок; – составлять схему пожаротушения помещений газотурбинной установки.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа.	Вопросы к диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам.
<b>Владеть:</b> – навыками реализации пожаротушения двигателя и помещений наземной газотурбинной установки.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа.	Отчёты по лабораторным работам.

## 2.3 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-3

<b>Код АПК.НИ-3</b>	<b>Формулировка компетенции:</b> способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации
<b>Код АПК.НИ-3. Б1.ДВ.05.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> способность проводить диагностику режимов работы двигателя наземной газотурбинной установки и его систем

### Требования к компонентному составу части компетенции

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

<b>Знать:</b> – компоненты двигателя газотурбинной установки, позволяющей проводить визуальный осмотр; – агрегаты и системы двигателя газотурбинной установки, позволяющие выполнять диагностику; – правила и приемы обработки параметров на современной вычислительной технике.	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы текущих контрольных работ. Вопросы к диф. зачету.
<b>Уметь:</b> – организовывать подготовку и проведение диагностики двигателя наземной газотурбинной установки.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа.	Вопросы к диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам.
<b>Владеть:</b> – навыками обработки диагностических параметров на современной вычислительной технике.	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	<b>Аудиторная (контактная) работа</b>	<b>72</b>
	Лекции (Л)	34
	Лабораторные работы (ЛР)	36
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
3	<b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>	<b>72</b>
	Изучение теоретического материала	36
	Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным работам)	18
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	18
4	<del>промежуточная</del> аттестация по дисциплине	<b>Диф. зачет</b>
5	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b> в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	<b>144</b> <b>4</b>

### 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			



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	1	1					1	
		2	9	4	4	1		7	16	
	2	3	4	2	2				4	8
		4	4	2	2				5	9
		5	4	2	2				5	9
		6	4	2	2				4	8
		7	4	2	2				6	10
	3	8	4	2	2				5	9
		9	4	2	2				4	8
		10	5	2	2				4	7
		11	9	4	4				8	17
<b>Всего по модулю:</b>			<b>51</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>1</b>		<b>52</b>	<b>103 / 2.9</b>	
2	4	12	4	2	2			4	7	
		13	6	2	4			5	10	
		14	2	2		1		3	5	
	5	15	4	2	2			5	8	
		16	6	2	4			3	7	
	<b>Всего по модулю:</b>			<b>21</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>1</b>		<b>20</b>	<b>41 / 1,1</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>							<b>Диф. зачет</b>			
<b>Итого:</b>			<b>72</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>2</b>		<b>72</b>	<b>144/4</b>	

## 4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

### Модуль 1. Газотурбинные и комбинированные двигатели наземных установок

#### Раздел 1. Характеристики наземных газотурбинных установок

Л – 5 ч, ЛР – 4 ч, СРС – 6 ч, КСР – 1 ч

##### Тема 1. Предмет и задачи дисциплины.

**Тема 2. Классификация газотурбинных и комбинированных установок.**

История эволюции наземных газотурбинных установок, совершенствование газотурбинных установок. Конвертация авиационных двигателей и их преимущества. Критерии эффективности наземных газотурбинных установок.

#### Раздел 2. Теория двигателей наземных газотурбинных установок

Л – 10 ч, ЛР - 2 ч, СРС – 16 ч.

##### Тема 3. Идеальный цикл.

Основные параметры ГТУ: удельная работа, эффективный коэффициент полезного действия. Эффективность охлаждения при сжатии в идеальном цикле.

##### Тема 4. Действительный цикл.

Удельная работа и коэффициент полезного действия двигателя ГТУ.

Зависимость работ турбин и компрессоров, эффективной работы, подводимой энергии, температуры турбины и эффективного коэффициента полезного действия двигателя от степени повышения давления в двигателе.

**Тема 5. Оптимальные степени повышения давления.**

Оптимальные степени повышения давления при наименьшем диаметре компрессора. Оптимальные степени повышения давления при наименьшем диаметре турбин. Оптимальные степени повышения давления при наивысшей экономичности.

**Тема 6. Эффективность охлаждения при сжатии.**

Эффективность охлаждения при сжатии в действительном цикле. Зависимость экономичности с охлаждением при сжатии и без охлаждения.

**Тема 7. ГТУ с регенератором.**

Оценка эффективности регенерации. Регенерация действительного цикла. Эффективный коэффициент полезного действия газотурбинного двигателя с регенерацией.

**Раздел 3. Многоагрегатные ГТУ**

Л – 9 ч, ЛР - 2 ч, СРС – 15 ч.

**Тема 8. Многоагрегатные ГТУ.**

Многоагрегатные ГТУ с регенератором, промежуточным охлаждением и подогревом. Сжатие с охлаждением между компрессорами. Подогрев при расширении. Цикл Зотикова.

**Тема 9. Многоагрегатные ГТУ без регенератора.**

Многоагрегатные ГТУ без регенератора, промежуточным охлаждением и подогревом. Действительные циклы многоагрегатных ГТУ. Оптимальные степени изменения давления в компрессорах и турбинах. Цикл Уварова.

**Тема 10. Комбинированные установки.**

Паротурбинные установки. Парогазовые и газопаровые установки. Параллельные и последовательные схемы, преимущества, используемые топлива. Парогазовые установки со смешением рабочих тел.

**Тема 11. Установки с МГД-генератором.**

Метод преобразования энергии с помощью магнито-газодинамического генератора. Термодинамический цикл и коэффициент полезного действия. Условия реализации эффективного коэффициента полезного действия. Газотурбинные установки с МГД-генератором. Установка с МГД-генератором, расположенным за ГТУ. Установка с параллельным включением МГД-генератора и ГТУ. Установка с МГД-генератором, камерой смешения и ГТУ.

**Модуль 2. Нагрузки наземных газотурбинных установок.**

**Раздел 4. Нагнетатели природного газа и электрогенераторы.**

Л – 5 ч, ЛР – 2 ч, СРС – 15 ч, КСР – 1 ч.

**Тема 12. Конструкция нагнетателя природного газа.**

Конструкция нагнетателя природного газа: виды подвесов роторов, уплотнения. Нагнетатели интенсификации технологических процессов производства.



### **Тема 13. Системы нагнетателя природного газа.**

Системы нагнетателя природного газа: барьерный газ, барьерный воздух, масляная система. Система управления электромагнитным подвесом.

**Тема 14. Общие сведения об электрических генераторах переменного тока мощностью 2.0 – 25.0 МВт.**

Конструкция электрических генераторов. Вспомогательный электрогенератор. Высоковольтное оборудование.

### **Раздел 5. Котлы утилизаторы.**

Л – 3 ч, ЛР - 2 ч, СРС – 15 ч.

#### **Тема 15. Паровой котел утилизатор.**

Схемы паровых котлов утилизаторов. Водоподготовка, дренажи.

#### **Тема 16. Водяной котел утилизатор.**

Схемы водяных котлов утилизаторов. Водоподготовка.

### **4.3 Перечень тем практических занятий**

Практические занятия не предусмотрены.

### **4.4 Перечень тем лабораторных работ**

Таблица 4.2 – Темы лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Номер темы дисциплины</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	2	3
1	2	Изучение физических процессов во входных устройствах ГТУ
2	2,3	Конвертация компрессора высокого давления двигателя ГТУ. Изучение совместной работы входного устройства с компрессором высокого давления.
3	4,5	Конвертация камеры сгорания двигателя ГТУ. Изучение конструкции камеры для работы на газовом топливе.
4	6,7	Конвертация турбин двигателя ГТУ. Изучение работы переходного канала в турбинах.
5	8	Выходные устройства двигателя ГТУ, Изучение совместной работы выходных устройств и силовых турбин.
6	9	Изучение системы топливопитания двигателя ГТУ
7	10	Изучение системы автоматического регулирования двигателя ГТУ
8	11	Изучение системы отборов воздуха ГТУ различной мощности
9	12	Изучение различных видов запуска двигателя ГТУ.
10	13	Изучение особенностей смазки и суфлирования двигателя ГТУ для нагнетателя природного газа электростанции.

11	14	Изучение особенностей построения редуктора и его систем для электростанций.
12	15	Изучение особенностей конструкции трансмиссия двигателя ГТУ
13	16	Изучение блочно-контейнерное исполнение ГТУ, система продувки ГТУ, кожух шумо-теплоизолирующий,

## 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
2	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	7
3	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	4
4	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	5
5	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	5
6	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	6
7	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	5
8	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	5
9	изучение теоретического материала	4
10	изучение теоретического материала	4



11	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	7
12	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	4
13	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	5
14	изучение теоретического материала	3
15	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	5
16	изучение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета по ЛР	3
	Итого: в ч / в ЗЕ	72 ч / 2.0

### 5.1. Тематика для самостоятельного изучения дисциплины

#### Тема 3. Идеальный цикл

Параметры цикла. Коэффициент полезного действия. Эффективность охлаждения при сжатии.

#### Тема 5. Оптимальные степени повышения давления

Оптимальная степень повышения давления установки с идеальным регенератором.

#### Тема 10. Комбинированные установки

Парогазовые установки со смешением рабочих тел.

#### Тема 11. Установки с МГД-генератором

Установки с МГД-генератором, камерой смешения и ГТУ.

#### Тема 14. Общие сведения об электрических генераторах переменного тока мощностью 2.0 – 25.0 МВ

Двухтопливная газотурбинная электростанция.

### 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 заня-

тий 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 9 текущих контрольных работ (темы 3-11)

Тематика текущих контрольных работ:

Тема 3. Идеальный цикл

1. Удельная работа, эффективный коэффициент полезного действия.
2. Эффективность охлаждения при сжатии в идеальном цикле.

Тема 4. Действительный цикл

1. Зависимость работ турбин и компрессоров от степени повышения давления в двигателе.
2. Зависимость температуры турбины и эффективного коэффициента полезного действия двигателя от степени повышения давления в двигателе.

Тема 5. Оптимальные степени повышения давления



1. Оптимальные степени повышение давления при наименьшем диаметре компрессора.

2. Оптимальные степени повышение давления при наивысшей экономичности.

Тема 6. Эффективность охлаждения при сжатии

1. Эффективность охлаждения при сжатии в действительном цикле.

2. Зависимость экономичности с охлаждением при сжатии и без охлаждения.

Тема 7. ГТУ с регенератором

1. Оценка эффективности регенерации. Регенерация действительного цикла.

2. Эффективный коэффициент полезного действия газотурбинного двигателя с регенерацией.

Тема 8. Многоагрегатные ГТУ

1. Многоагрегатные ГТУ с регенератором, промежуточным охлаждением и подогревом.

2. Подогрев при расширении. Цикл Зотикова.

Тема 9. Многоагрегатные ГТУ без регенератора

1. Многоагрегатные ГТУ без регенератора, промежуточным охлаждением и подогревом.

2. Оптимальные степени изменения давления в компрессорах и турбинах. Цикл Уварова.

Тема 10. Комбинированные установки

1. Паротурбинные установки.

2. Парогазовые установки со смешением рабочих тел.

Тема 11. Установки с МГД-генератором

1. Метод преобразования энергии с помощью магнито-газодинамического генератора.

2. Установка с МГД- генератором, камерой смешения и ГТУ.

- Защита отчётов по лабораторным работам. Всего предусмотрено 13 отчётов по лабораторным работам внутри каждого учебного модуля (модуль 1 – 8 работ; модуль 2 – 5 работ).

## **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. Удельная работа, эффективный коэффициент полезного действия.

2. Зависимость работ турбин и компрессоров от степени повышения давления в двигателе.

3. Оптимальные степени повышение давления при наивысшей экономичности.

4. Зависимость экономичности с охлаждением при сжатии и без охлаждения.
5. Эффективный коэффициент полезного действия газотурбинного двигателя с регенерацией.
6. Многоагрегатные ГТУ с регенератором, промежуточным охлаждением и подогревом.
7. Многоагрегатные ГТУ без регенератора, промежуточным охлаждением и подогревом.
8. Парогазовые установки со смешением рабочих тел.
9. Метод преобразования энергии с помощью магнитогазодинамического генератора.

## Модуль 2

1. Конструкция нагнетателя природного газа: виды подвесов роторов, уплотнения.
2. Система управления электромагнитным подвесом.
3. Конструкция электрических генераторов.
4. Схемы паровых котлов утилизаторов.
5. Схемы водяных котлов утилизаторов.

### 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
<b>Усвоенные знания</b>				
3.1 история создания высокоэффективных газотурбинных энергетических установок на базе авиационных двигателей ОАО «Авиадвигатель»	+		+	+
3.2 назначение наземных газотурбинных установок и их схемы	+	+	+	+
3.3 направления совершенствования наземных газотурбинных установок	+	+	+	+
3.4 различные схемы и конструкции наземных	+	+	+	+



газотурбинных установок в блочно-контейнерном исполнении				
3.5 системы, определяющие аварийные ситуации наземных газотурбинных установок	+	+	+	+
3.6 системы пожаротушения двигателей наземных газотурбинных установок	+	+	+	+
3.7 компоненты двигателя газотурбинной установки, позволяющие проводить визуальный осмотр	+	+	+	+
3.8 агрегаты и системы двигателя газотурбинной установки, позволяющие выполнять диагностику	+	+	+	+
3.9 правила и приемы обработки параметров на современной вычислительной технике	+	+	+	+
<b>Освоенные умения</b>	+	+		+
У.1 составление схем наземных газотурбинных установок	+	+		+
У.2 описание конструкции и принципа работы двигателя	+	+		+
У.3 составление схем пожаротушения двигателей наземных газотурбинных установок	+	+		+
У.4 составление схем пожаротушения помещений газотурбинной установки	+	+		+
У.5 организация подготовки и проведения диагностики двигателя наземной газотурбинной установки	+	+		+
<b>Приобретенные владения</b>				
В.1 навыки определения типов конструкций и назначений двигателей наземных газотурбинных установок		+		+
В.2 навыки реализации пожаротушения двигателя и помещений наземной газотурбинной установки		+		+
В.3 навыки обработки диагностических параметров на современной вычислительной технике		+	+	+

*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
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	Р1			Р2			Р3			Р4			Р5						

Лекции	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34	
Лабораторные работы				4	4	4	4	4		4	4	4	4						36	
КСР								1								1			2	
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	
<b>Модуль:</b>	<b>М1</b>								<b>М2</b>								<b>144</b>			
Дисциплин. контроль			+													+				<b>Диф. зачет</b>



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

### 8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<p><b>Б1.ДВ.05.1</b> Энергетические машины и установки</p>	<p><b>БЛОК 1. Дисциплины (модули)</b></p>	
<p>(индекс и полное название дисциплины)</p>	<p>(цикл дисциплины)</p>	
<p><input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>базовая часть цикла</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/></p>
<p><input type="checkbox"/></p>	<p>вариативная часть цикла</p>	<p><input type="checkbox"/></p>
<p>обязательная</p>	<p>по выбору студента</p>	
<p><b>24.05.02</b></p>	<p><b>Проектирование авиационных и ракетных двигателей / Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок</b></p>	
<p>(код направления подготовки / специальности)</p>	<p>(полное название направления подготовки / специальности)</p>	
<p><b>АРД/АД</b></p>	<p>Уровень подготовки:</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<p>(аббревиатура направления / специальности)</p>	<p>специалист бакалавр магистр</p>	<p>Форма обучения:</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>очная заочная очно-заочная</p>	
<p><b>2017</b> (год утверждения учебного плана ОПОП)</p>	<p>Семестр: <u>7</u></p>	<p>Количество групп: <u>1</u></p>
<p><b>Григорьев А.А</b> (фамилия, инициалы преподавателя) <b>Аэрокосмический</b> (факультет) <b>АД</b> (кафедра)</p>	<p><b>доцент</b> (должность)  <b>тел. 239-13-61</b> (контактная информация)</p>	

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

## 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
<b>1 Основная литература</b>		
1	Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. пособие / А.А. Григорьев. – 2-е изд. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 367 с. – Электрон. версия учеб. пособия. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2010. – Режим доступа: <a href="http://elib.pstu.ru/view.php?fDocumentId=845">http://elib.pstu.ru/view.php?fDocumentId=845</a> , свободный.	69+ЭБ
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Ю.С. Елисеев, Э.А. Манушин, В.Е. Михальцев и др. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок: Учебник для вузов / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с	6
2	Апанасенко А.И. Монтаж, испытания и эксплуатация ГПА в блочно-контейнерном исполнении. М.: Машиностроение, 1991.	1
3	. Авиационные ГТД в наземных установках. Под ред. Шашкина В.В. М.: Машиностроение, 1984.	1
<b>2.2 Периодические издания</b>		
Не предусмотрены		
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
	Газотурбинная установка ГТУ-16П 83-00-900 РЭ-ЛУ Книга 1	1
	Газотурбинная установка ГТУ-12П 84-00-900 РЭ-ЛУ Книга 1	3
	Газотурбинная установка ГТУ-4П 33-00-900 РЭ-ЛУ Книга 1	3
	Газотурбинная установка ПАЭС-2500М 32-00-950 РЭ-ЛУ Книга 1	3
<b>2.4 Официальные издания</b>		
Не предусмотрены		
<b>2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины</b>		
1	ScienceDirect: Engineering [Electronic resource :полнотекстоваябазаданных: электрон. науч. журн. и книг на англ. и нем. яз.]/ Elsevier/ - Amsterdam, 1995-. – Режим доступа: <a href="http://www.sciencedirect.com/">http://www.sciencedirect.com/</a> .-Загл. с экрана.	
2	Springer [Electronic resource :полнотекстоваябазаданных: электрон. журн., книги, изображения, протоколы исследований на англ. и нем. яз.]/ SpringerScience+BusinessMedia.–Berlin [etal.] :Springer, 1830-2014. – Режим доступа: <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> .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 литерату-

ры)

основная литература

обеспечена

не обеспечена

дополнительная литература

обеспечена

не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки

\_\_\_\_\_

Н.В. Тюрикова

Карта книго-  
обеспеченности  
в библиотеку сдана