



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**
Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н.В. Лобов

2016 г.



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Динамика и прочность турбомашин»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профили подготовки бакалавра

Газотурбинные и паротурбинные
установки и двигатели

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

Ракетно-космическая техника и
энергетические системы

Форма обучения:

очная

Курс: 3

Семестр(ы): 6

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

5

Часов по рабочему учебному плану:

180

Виды контроля:

Экзамен: 6

зачет: –

Курсовой проект: –

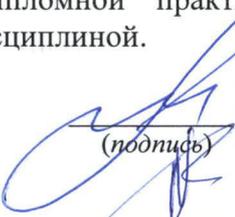
Курсовая работа: –

Пермь, 2016 г.

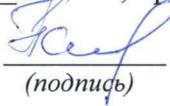
Учебно-методический комплекс дисциплины «Динамика и прочность турбомашин» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «1» октября 2015 г. номер приказа «1083» по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели», утверждённой 24 июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели», утвержденного 28 апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Технология конструкционных материалов», «Механика жидкости и газов», «Термодинамика», «Теория теплообмена и пограничного слоя», «Паротурбинные установки», «Газотурбинные установки», «Энергетические машины и установки», «Электротехника и электроника», «Автоматическое регулирование энергоустановок», «Механика материалов и конструкций», «Детали машин и основы конструирования», «Строительная механика энергоустановок», «Теоретические основы вибродиагностики», «Испытания и отработка газоперекачивающих установок», «Методы оптимального проектирования», «Теория поиска и принятия решений», «Газогидродинамика энергоустановок», «Системы обеспечения теплового режима газотурбинных установок», «Компрессоры газотурбинных установок», «Управление качеством» и программы преддипломной практики, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик	<u>д-р техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>А.Ф. Сальников</u> (инициалы, фамилия)
Рецензент	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Р.В. Бульбович</u> (инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «В» 12 2016 г., протокол № 9 .

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
--	--	--	--

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «26» декабрь 2016 г., протокол № 3 .

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 «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
Начальник управления образовательных программ	<u>канд. техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Д.С. Репецкий</u> (инициалы, фамилия)

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для решения прикладных проблем прочностных расчетов конструктивных элементов и узлов газоперекачивающих агрегатов с учетом динамических нагрузок, возникающих в процессе их функционирования на этапах их разработки и проектирования.

В процессе освоения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие компетенции:

- способность демонстрировать знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках (ОПК-3);
- способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения (ПК-3);
- готовность участвовать в испытаниях газо- и паротурбинных установок и двигателей, по заданной программе выполнять численные и экспериментальные исследования и обрабатывать результаты экспериментов в области турбомашин (ПСК-2).

1.2. Задачи учебной дисциплины:

Задачей изучения дисциплины является приобретение профессиональных знаний, умений и навыков:

- **изучение** определенной совокупности теоретических знаний о роли и месте динамических нагрузок в формировании работоспособности и надежности газотурбинных двигателей и газоперекачивающих агрегатов и их неоднозначности в воздействии на материал, конструктивные элементы и конструкцию;
- **формирование умений** проведения динамического анализа и расчета прочности, оценки надежности конструкции газотурбинных установок (ГТУ) и газоперекачивающих агрегатов (ГПА) для различных этапов его жизненного цикла;
- **формирование навыков** выбора методов и методик прочностных расчетов конструктивных элементов газоперекачивающих агрегатов с учетом динамических нагрузок и освоении навыков основных расчетных алгоритмов в процессе разработки и проектирования энергетических систем.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- газотурбинные двигатели и газоперекачивающие агрегаты;
- процессы динамического нагружения и деформирования конструктивных элементов ГТУ и ГПА;
- методы анализа статической и динамической прочности – экспериментальные методы, методы математического моделирования; методы испытаний, планирование эксперимента, эквивалентные испытания узлов и деталей конструкций ГТУ.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Динамика и прочность турбомашин» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана и является обязательной при освоении ОПОП по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели».

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты:

знать:

- природу колебательных процессов, виды и структуру колебательных процессов и волновых взаимодействий;

– математический аппарат, описывающий колебательные движения в механике, преобразования Лапласа, Фурье, функции Бесселя и Неймана; системы координат и преобразования систем координат;

– физические уравнения связей в конструкции объекта в зависимости от количества степеней свободы рассматриваемого соединения или объекта;

– методы расчета на прочность, устойчивость конструктивных элементов объекта, балок с учетом внешних сил и моментов;

– основы динамического поведения элементной базы ГТУ и ГПА;

– влияние на уровень динамических нагрузок особенностей конструктивных схем ГПА при динамическом взаимодействии его элементной базы;

уметь:

– составлять расчетные схемы определения динамических нагрузок для конструктивного элемента объекта с постановкой начальных и граничных условий;

– выбирать методы и приемы расчетов на прочность, устойчивость конструктивных элементов ГТУ и ГПА;

– определять расчетные напряжения и деформации с анализом динамического состояния и действия нагрузок в конструктивных элементах ГТУ и ГПА;

– проводить исследования физических и прочностных свойств материалов;

владеть:

– навыками определения основных расчетных нагрузок, действующих на конструктивные элементы и узлы ГТУ и ГПА;

– навыками работы с технической литературой с проведением анализа по выбору методов расчета динамического НДС конструктивных элементов ГТУ и ГПА и оценки их устойчивости.

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

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
ОПК-3	Способность демонстрировать знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках	Механика жидкости и газов, Термодинамика, Паротурбинные установки, Энергетические машины и установки, Теоретические основы вибродиагностики,	Теория тепломассообмена и пограничного слоя, Автоматическое регулирование энергоустановок, Газотурбинные установки, Газогидродинамика энергоустановок, Системы обеспечения теплового режима газотурбинных установок, Компрессоры газотурбинных установок.

Профессиональные компетенции			
ПК-3	Способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения	Технология конструкционных материалов, Механика материалов и конструкций, Детали машин и основы конструирования, Электротехника и электроника,	Теория тепломассообмена и пограничного слоя, Автоматическое регулирование энергоустановок, Строительная механика энергоустановок, Методы оптимального проектирования, Теория поиска и принятия решений, Управление качеством.
Профильно-специализированные компетенции			
ПСК-2	Готовность участвовать в испытаниях газо- и паротурбинных установок и двигателей, по заданной программе выполнять численные и экспериментальные исследования и обрабатывать результаты экспериментов в области турбомашин		Испытания и отработка газоперекачивающих установок, Преддипломная практика

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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-3, ПК-3 и ПСК-2.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

Код	Формулировка компетенции:
ОПК-3	Способность демонстрировать знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции:
ОПК 3.Б1.В.07	Способность применения знаний теоретических основ рабочих процессов для решения технических задач функционирования ГТУ и ГПА

Компонентный состав компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основы рабочих процессов в ГТУ и ГПА; – теоретические основы динамических процессов в турбомашинах; – методы оценки динамических нагрузок в работе энергоагрегатов. 	<p>Лекции с использованием мультимедиа-технологий, в рамках тем дисциплины используются подготовленные задания, позволяющие закрепить лекционный материал, самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и тестовые вопросы текущего и промежуточного контроля. Экзамен.</p>
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выявлять зоны динамических нагрузок в процессе функционирования ГТУ и ГПА; – оценивать величину динамических нагрузок в элементной базе ГТУ и ГПА; – анализировать и разрабатывать рекомендации по снижению динамических нагрузок при эксплуатации ГТУ и ГПА. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы с элементами деловых игр, анализа и решения ситуационных задач, расчетно-графическая работа. Самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и типовые задания практических занятий, лабораторных работ, расчетно-графическая работа. Экзамен.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками принятия конкретных решений при оценке результатов решения динамических задач; – навыками управления и организации работы коллектива по решению динамических задач, возникающих в работе ГТУ и ГПА. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы с элементами деловых игр, анализа и решения ситуационных задач, расчетно-графическая работа. Самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и типовые задания практических занятий, лабораторных работ, расчетно-графическая работа. Экзамен.</p>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК 3

Код	Формулировка компетенции:
ПК-3	Способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции:
ПК 3.Б1.В.07	Способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании и отработке ГТУ и ГПА.

Компонентный состав компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методики расчета динамических нагрузок, возникающих в процессе функционирования ГТУ и ГПА; – знает основы расчета динамического НДС конструктивных элементов и узлов ГТУ и ГПА; – методы оценки динамических свойств материалов и конструкций. 	<p>Лекции с использованием мультимедиа-технологий, в рамках тем дисциплины используются подготовленные задания, позволяющие закрепить лекционный материал, самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и тестовые вопросы текущего и промежуточного контроля. Экзамен.</p>
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить динамический анализ работы агрегатов и турбомашин; – выбирать конструктивные решения для снижения динамических НДС конструктивных элементов турбомашин; – формировать технические решения с учетом динамических особенностей работы ГТУ и ГПА. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы с элементами деловых игр, анализа и решения ситуационных задач, расчетно-графическая работа; самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и типовые задания практических занятий, лабораторных работ, расчетно-графическая работа. Экзамен.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками принятия конкретных решений при анализе динамического НДС конструктивных элементов ГТУ и ГПА; – навыками расчета динамических нагрузок; – навыками выбора методик оценки динамического НДС конструкций и элементов ГТУ и ГПА. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы с элементами деловых игр, анализа и решения ситуационных задач, расчетно-графическая работа; самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и типовые задания практических занятий, лабораторных работ, расчетно-графическая работа. Экзамен.</p>

2.3 Дисциплинарная карта компетенции ПСК 2

Код	Формулировка компетенции:
ПСК-2	Готовность участвовать в испытаниях газо- и паротурбинных установок и двигателей, по заданной программе выполнять численные и экспериментальные исследования и обрабатывать результаты экспериментов в области турбомашин.

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции:
ПСК-2.Б1.В.07	Готовность участвовать в испытаниях газотурбинных двигателей и газоперекачивающих агрегатов по заданной программе, выполнять численные и экспериментальные исследования и обрабатывать результаты экспериментов в области эксплуатации ГТУ, ГПА и ГКС.

Компонентный состав компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - экспериментальную базу динамических исследований в турбомашинax; – современные технологии динамического анализа работы ГТУ и ГПА; – методики обработки экспериментальных исследований динамического поведения ГТУ и ГПА. 	<p>Лекции с использованием мультимедиа-технологий, в рамках тем дисциплины используются подготовленные задания, позволяющие закрепить лекционный материал, самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и тестовые вопросы текущего и промежуточного контроля. Экзамен.</p>
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – формировать результаты динамических испытаний в технические предложения по совершенствованию работы ГТУ и ГПА; – анализировать результаты динамических испытаний и представлять их в виде технических решений. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы с элементами деловых игр, анализа и решения ситуационных задач, расчетная работа, расчетно-графическая работа; самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и типовые задания практических занятий, лабораторных работ, расчетно-графическая работа. Экзамен.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками принятия конкретных технических решений при доработке конструкции ГТУ и ГПА; – владеет навыками поиска технической информации применительно к конкретной задаче динамического анализа ГТУ и ГПА. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы с элементами деловых игр, анализа и решения ситуационных задач, расчетно-графическая работа; самостоятельная работа.</p>	<p>Контрольные и типовые задания практических занятий, лабораторных работ, расчетно-графическая работа. Экзамен.</p>

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоемкость, час.
1	2	3
1	Аудиторная (контактная) работа	56
	– лекции (Л)	12
	– практические занятия (ПЗ)	16
	– лабораторные работы (ЛР)	24
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
3	Самостоятельная работа	88
	– изучение теоретического материала	24
	– подготовка к практическим занятиям	23
	– подготовка к лабораторным работам	19
	– расчётно-графические работы	22
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине	Экзамен 36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	180 5

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость ч / ЗЕТ	
			Аудиторная работа					Итого- вый конт- роль	Самостоя- тельная работа				Трудо- ёмкость ч / ЗЕТ
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
	Введение		0,5	0,5						0,5/0,014			
1	1	1	6	2	2	2			13	19			
		2	10	2	2	6			13	23			
		3	10	2	2	6			13	23			
	Итого по модулю:		28	6	6	14	2		39	67/1,861			
2	2	4	8	1,5	2,5	4			13	21			
		5	8	1,5	2,5	4			13	21			
		6	5,5	1	2,5	2			13	18,5			
	3	7	3,5	1	2,5			10	13,5				
	Итого по модулю:		27	5	10	10	2		49	76/2,111			
	Заключение		0,5	0,5						0,5/0,014			
Промежуточная аттестация								экзамен 36		36/1			
Всего:			56	12	16	24	4	36	88	180/5			

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение – 0,5 ч.

Предмет дисциплины динамика и расчет турбомашин. Общая характеристика и состав дисциплины. Объем в часах лекционных и практических занятий. Формы промежуточного и заключительного контроля.

Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Роль курса в системе знаний бакалавра. Методические указания по его изучению. Место динамики в оценке прочности и устойчивости конструктивных элементов ГТУ и ГПА в процессе его разработки.

Модуль 1. Динамический анализ ГТУ и ГПА

Раздел 1. Динамический анализ ГТУ и ГПА

Л – 6 ч.; ПЗ – 6 ч.; ЛР – 14 ч., СРС – 39 ч.

Тема 1. Динамические нагрузки, действующие на ГТУ и ГПА (2 ч.)

Понятия динамики и динамической нагрузки. Классификация динамических нагрузок, действующих на ГТУ и ГПА на различных этапах их эксплуатации. Нагрузка при транспортировке. Эксплуатационные нагрузки. Тепловые нагрузки. Акустическая нагрузка. Колебания давления в камере ГТУ и колебания конструктивных элементов. Динамические нагрузки, действующие на корпус ГПА при подготовке воздуха в ВЗУ и системы выхлопа. Периодическая возмущающая сила и возмущающая сила произвольного вида. Основные задачи динамического анализа. Методы решения динамических задач. Технические

решения на этапе динамического анализа. Динамические подходы к оценке динамической прочности (схема мгновенного разрушения и схема накопления повреждений). Роль динамического анализа в создании и отработке ГТУ и ГПА.

Тема 2. Теории колебаний и механизмы возникновения колебаний в ГТУ и ГПА (2 ч.)

Виды колебаний конструкции ГТУ и их опасность.

Собственные колебания элементов и узлов ГТУ и ГПА. Вынужденные колебания. Автоколебания и механизм их возникновения. Параметрические колебания. Нелинейные колебания. Механизмы возникновения изгибных и продольных автоколебаний конструктивных элементов ГТУ и ГПА. Теоретические методы определения колебаний в ГТУ и ГПА. Собственные продольные колебания стержня переменной погонной массы и жесткости. Метод последовательных приближений при определении собственных частот и форм колебаний. Вынужденные продольные колебания корпуса ГТУ при его выключении и включении. Максимальная продольная растягивающая нагрузка для стыковочных соединений.

Тема 3. Инженерная методика динамического расчета ГТУ и ГПА (2 ч.)

Учет динамических свойств материала. Отличия в решении от балочной постановки задачи. Выделение реакции связей, сил инерции. Динамическое напряженно-деформированное состояние элемента. Связь динамического и статического модулей материала. Влияние температуры, скорости нагружения, частоты колебаний, времени на изменение механических свойств материала. Температурно-временная аналогия изменения физико-механических свойств материала. Основные уравнения динамического анализа напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов ГТУ и ГПА. Алгоритм расчета ресурса работы элемента.

Модуль 2 Инженерные методы расчета

Раздел 2 Прочностной расчет конструктивных элементов ГТУ и ГПА

Л – 4 ч.; ПЗ – 7,5 ч.; ЛР – 10 ч.; СРС – 39 ч.

Тема 4. Расчет тонкостенных элементов ГТУ (1,5 ч.)

Моментная и безмоментная теория оболочек. Коэффициент динамичности конструкции. Схема решения задачи и итерационная процедура учета подкрепления конструктивных элементов ГТУ. Оценка прочности.

Прочностные расчеты стенок камеры сгорания ГТУ, баков, расчет вафельных конструкций, расчет силовых и переходных отсеков ГТУ. Оценка прочности конструктивных элементов.

Тема 5. Динамическое поведение валов ГТУ и компрессора лопаточного типа с корпусом ГПА (1,5 ч.)

Трехмерная постановка задачи о колебаниях валов и лопаток ГТУ и компрессора. Отличия в решении от балочной постановки задачи.

Некоторые сведения из теории обобщенных функций. Расчет недеформируемого контура. Применение результатов расчета элементов на действие сосредоточенных нагрузок к расчетам элементов на другие виды нагрузок. Расчет элементов деформируемого контура в напряжениях на действие сосредоточенных нагрузок, лежащих в его плоскости. Расчет элементов в перемещениях на действие сосредоточенных нагрузок, лежащих в плоскости его упругой оси.

Расчет элементов на действие аксиальных нагрузок. Расчет в перемещениях упругого из своей плоскости шпангоута на действие аксиальных нагрузок. Расчет дисков турбины, лопаток насоса на моноцикловую усталость, на усталость и устойчивость.

Тема 6. Расчет камеры сгорания ГТУ, баков, пространственных конструкций сложной геометрической формы и трубопроводов (1 ч.)

Упрощенная методика оценки несущей способности конструктивных элементов камеры сгорания ГТУ, баков, пространственных конструкций, ферм и трубопроводов. Оценка устойчивости конструктивных элементов от действия статической и динамической нагрузок. Уточненная методика оценки несущей способности конструктивных элементов камеры сгорания ГТУ, баков пространственных конструкций, ферм и трубопроводов. Методы исследования работоспособности конструктивных элементов.

Раздел 3. Динамические испытания ГТУ и ГПА

Л – 1 ч.; ПЗ – 2,5 ч.; СРС – 10 ч.

Тема 7. Динамические испытания ГТУ (1 ч.)

Постановка и задачи динамического анализа по определению НДС конструктивных элементов и узлов ГТУ и ГПА. Параметры, определяемые при динамических испытаниях ГТУ и ГПА. Влияние динамических нагрузок на надежность ГТУ и ГПА.

Заключение – 0,5 ч.

Основные моменты в понимании основных подходов в изучении и освоении дисциплины «Динамика и прочность турбомашин», формирования компетенций специалиста.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	1	ПЗ № 1. «Расчет динамических нагрузок компрессора ГТУ». Основные задачи: – освоение методики расчета динамических нагрузок на примере ступени компрессора; – влияние динамических режимов работы компрессора на величину динамической нагрузки.
2	2	ПР № 2. «Расчет динамических нагрузок при возникновении колебаний элементов конструкции объекта на примере вала компрессора ГТУ». Основные задачи: – освоение методики расчета величина инерционной силы при возникновении колебаний элементов турбины ГТУ; – формирование навыков оценки динамических нагрузок при различных видах механических колебаний объекта.
3	3	ПЗ № 3. «Расчет динамического НДС дисков турбин и лопаток ГТУ». Основные задачи: – изучение общих вопросов силовых нагрузок при механических колебаниях дисков, лопаток; – анализ влияния динамики на НДС в конструкции диск-лопатка-вал турбины.

1	2	3
4	4,5	ПЗ № 4. «Расчет переходных отсеков ГТУ и ГПА». Основные задачи: – освоение современных методов оценки динамического поведения зоны переходного отсека; – формирование навыков расчета условий подкрепления обечайки силовых и переходных отсеков в ГТУ и ГПА.
5	6,7	ПЗ № 5. «Освоение современных методик оценки динамического состояния ГТУ и ГПА». Основные задачи: – изучение методов физического и математического моделирования работы ГТУ и ГПА; – освоение расчетной методики по оценке влияния динамической нагрузки в ГТУ и ГПА на его работоспособность.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных занятий

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	1,2,3	ЛР № 1. «Определение влияния изменения массы ротора компрессора ГТУ на продольные, изгибные и крутильные колебания». Основные задачи: – освоение методики исследования собственных колебаний агрегатов объекта на примере ротора компрессора ГТУ; – формирование навыков экспериментальных исследований в области влияния динамических нагрузок.
2	4,5	ЛР № 2. «Исследование влияния массо-жесткостных характеристик на динамические нагрузки в ГПА». Основные задачи: – освоение методики расчета динамических нагрузок в переходных и силовых отсеках агрегата; – освоение навыков определения динамических нагрузок в связанных системах ГТУ и ГПА.
3	6,7	ЛР № 3. «Исследование динамически напряженных зон в турбомашине». Основные задачи: – освоение методов выявления динамически нагруженных элементов в ГТУ и ГПА; – освоение навыков оценки влияния конструктивных элементов ГТУ и ГПА на динамическую нагрузку.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится 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.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов (СРС)	Трудоемкость, час.
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к практическим занятиям	4
	Выполнение расчетно-графической работы	3
2	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к практическим занятиям	4
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Выполнение расчетно-графической работы	3
3	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным работам	4
	Выполнение расчетно-графической работы	3
4	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным работам	4
	Выполнение расчетно-графической работы	3
5	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным работам	4
	Выполнение расчетно-графической работы	3
6	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным работам	4
	Выполнение расчетно-графической работы	3
7	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к практическим занятиям	3
	Выполнение расчетно-графической работы	4
	Итого АЧ/ ЗЕТ	88/2,44

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно

Тема 1. Понятия динамики и динамической нагрузки. Классификация динамических нагрузок, действующих на ГТУ и ГПА на различных этапах их эксплуатации. Нагрузка при транспортировке. Эксплуатационные нагрузки. Тепловые нагрузки. Акустическая нагрузка. Колебания давления в камере ГТУ и колебания конструктивных элементов. Динамические нагрузки, действующие на корпус ГПА при подготовке воздуха в ВЗУ и системы выхлопа. Периодическая возмущающая сила и возмущающая сила произвольного вида. Основные задачи динамического анализа. Методы решения динамических задач. Технические решения на этапе динамического анализа. Динамические подходы к оценке динамической прочности (схема мгновенного разрушения и схема накопления повреждений). Роль динамического анализа в создании и отработке ГТУ и ГПА.

Тема 2. Собственные колебания элементов и узлов ГТУ и ГПА. Вынужденные колебания. Автоколебания и механизм их возникновения. Параметрические колебания. Нелинейные колебания. Механизмы возникновения изгибных и продольных автоколебаний конструктивных элементов ГТУ и ГПА. Теоретические методы определения колебаний в ГТУ и ГПА. Собственные продольные колебания стержня переменной погонной массы и жесткости. Метод последовательных приближений при определении собственных частот и форм колебаний. Вынужденные продольные колебания корпуса ГТУ при его выключении и включении. Максимальная продольная растягивающая нагрузка для стыковочных соединений.

Тема 3. Учет динамических свойств материала. Отличия в решении от балочной постановки задачи. Выделение реакции связей, сил инерции. Динамическое напряженно-деформированное состояние элемента. Связь динамического и статического модулей материала. Влияние температуры, скорости нагружения, частоты колебаний, времени на изменение механических свойств материала. Температурно-временная аналогия изменения физико-механических свойств материала. Основные уравнения динамического анализа напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов ГТУ и ГПА. Алгоритм расчета ресурса работы элемента.

Тема 4. Моментная и безмоментная теория оболочек. Коэффициент динамичности конструкции. Схема решения задачи и итерационная процедура учета подкрепления конструктивных элементов ГТУ. Оценка прочности.

Прочностные расчеты стенок камеры сгорания ГТУ, баков, расчет вафельных конструкций, расчет силовых и переходных отсеков ГТУ. Оценка прочности конструктивных элементов.

Тема 5. Трехмерная постановка задачи о колебаниях валов и лопаток ГТУ и компрессора. Отличия в решении от балочной постановки задачи.

Некоторые сведения из теории обобщенных функций. Расчет недеформируемого контура. Применение результатов расчета элементов на действие сосредоточенных нагрузок к расчетам элементов на другие виды нагрузок. Расчет элементов деформируемого контура в напряжениях на действие сосредоточенных нагрузок, лежащих в его плоскости. Расчет элементов в перемещениях на действие сосредоточенных нагрузок, лежащих в плоскости его упругой оси.

Расчет элементов на действие аксиальных нагрузок. Расчет в перемещениях упругого из своей плоскости шпангоута на действие аксиальных нагрузок. Расчет дисков турбины, лопаток насоса на моноцикловую усталость, на усталость и устойчивость.

Тема 6. Упрощенная методика оценки несущей способности конструктивных элементов камеры сгорания ГТУ, баков, пространственных конструкций, ферм и трубопроводов. Оценка устойчивости конструктивных элементов от действия статической и динамической нагрузок. Уточненная методика оценки несущей способности конструктивных элементов камеры сгорания ГТУ, баков пространственных конструкций, ферм и трубопроводов. Методы исследования работоспособности конструктивных элементов.

Тема 7. Постановка и задачи динамического анализа по определению НДС конструктивных элементов и узлов ГТУ и ГПА. Параметры, определяемые при динамических испытаниях ГТУ и ГПА. Влияние динамических нагрузок на надежность ГТУ и ГПА.

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

5.1.4 Расчетно-графические работы

Расчетно-графическая работа направлена на закрепление умений и владений определения динамических нагрузок на примере расчета ГТУ. Студент по определенному в задании варианту проводит графоаналитический расчет конструктивных элементов и узлов ГТУ своего задания. Осваивает программу расчета колебаний ГТУ и по ней проводит анализ динамического состояния элементной конструктивной базы. Составляет расчетную схему для переходного отсека и осуществляет расчет НДС фланцевого соединения, обеспечивающего его работоспособность. Задание по варианту формируется методом случайного выбора компонентов задания: например, вариант 1: 2а, 5б, 4в, 7г, 12д, 10е; вариант 2: 6а, 11б, 1в, 9г, 4д, 3е; и т.д.

Студент заходит на страницу задания расчетно-графической работы, вводит свою фамилию, группу и программа компьютера выдает ему задание. Варианты заданий не повторяются даже у студентов различных годов обучения. Для каждого варианта расчетно-графической работы студенту необходимо принять размеры конструктивных элементов, указанных в примечании к заданию. Они едины для всех вариантов, но так как задан диапазон, и выбор индивидуален, то совпадение результатов каждого задания расчетно-графической работы невозможно. Что делает работу индивидуальной.

Варианты индивидуальных заданий для самостоятельной работы (расчетной работы)

Вариант	Диаметр миделя, м	Давление в камере сгорания ГТУ, МПа	Секундный расход, кг/с	К-нт стехиометрического соотношения	Температура на лопатках 1-й ступени, Т°К	Число оборотов турбины, об/мин
№ п/п	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>
1	1,80	2,5	16,0	3,74	980	6300
2	1,50	2,8	13,0	3,71	990	7900
3	1,65	2,6	11,5	3,75	1100	8450
4	1,45	2,7	16,5	3,68	1000	5600
5	1,85	2,4	14,2	3,51	980	5800
6	1,70	2,9	16,3	3,59	975	7500
7	1,75	2,75	14,5	3,62	990	5800
8	1,95	2,65	16,0	3,63	995	6650
9	2,00	2,85	17,2	3,58	985	6500
10	1,78	2,95	13,2	3,49	975	6900
11	1,82	2,3	14,1	3,69	985	6250
12	1,98	2,45	13,1	3,45	990	5650

Примечание к варианту задания:

1. Ширина лопатки компрессора и турбины и направляющей лопатки спрямляющих аппаратов выбирать в диапазоне 40 – 50 мм;
2. Давление на выходе из улитки турбины принять $P = 0,2 - 0,22$ МПа
3. Расчет собственных частот и НДС проводить для наиболее нагруженных дисков компрессора и турбины.
- 4 Оформление работы в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

5.1.5 Индивидуальные задания

Не предусмотрены.

5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения технических и научных проблем в энергомашиностроении; отработка навыков взаимодействия в микроколлективе; закрепление основ теоретических знаний с позиций решения актуальной задачи энергомашиностроения; развитие творческих навыков по управлению инновациями через разработку и реализацию научных проектов.

Лабораторные работы проводятся на экспериментальных установках кафедры с элементами деловой игры и формирования ситуационных задач. Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют 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.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных, лабораторных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы;
- оценка выполнения расчетной работы в соответствии с вариантом.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2);
- защита лабораторных работ (модуль 1,2);
- защита расчетно-графической работы.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

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

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

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	РК	ПЗ	ЛР	РГР	Экзамен
Усвоенные знания						
Знает:						
– основы рабочих процессов в ГТУ и ГПА;	+	+				+
– теоретические основы динамических процессов в турбомашинках;	+	+				+
– методы оценки динамических нагрузок в работе энергоагрегатов;	+	+				+
– методики расчета динамических нагрузок, возникающих в процессе функционирования ГТУ и ГПА;	+	+				+
– основы расчета динамического НДС конструктивных элементов и узлов ГТУ и ГПА;	+	+				+
– методы оценки динамических свойств материалов и конструкций;	+	+				+
– экспериментальную базу динамических исследований в турбомашинках;	+	+				+
– методики динамических испытаний ГТУ и ГПА;	+	+				+
– методики обработки экспериментальных исследований динамического поведения ГТУ и ГПА	+	+				+

Освоенные умения						
Умеет: – выявлять зоны динамических нагрузок в процессе функционирования ГТУ и ГПА;			+	+	+	+
– оценивать величину динамических нагрузок в элементной базе ГТУ и ГПА;			+	+	+	+
– анализировать и разрабатывать рекомендации по снижению динамических нагрузок при эксплуатации ГТУ и ГПА;			+	+	+	+
– проводить динамический анализ работы агрегатов и турбомашин;			+	+	+	+
– выбирать конструктивные решения для снижения динамических НДС конструктивных элементов турбомашин;			+	+	+	+
– формировать технические решения с учетом динамических особенностей работы ГТУ и ГПА;			+	+	+	+
– формировать результаты динамических испытаний в технические предложения по совершенствованию работы ГТУ и ГПА;			+	+	+	+
– анализировать результаты динамических испытаний и представлять их в виде технических решений.			+	+	+	+
Приобретенные владения						
Владеет: – навыками принятия конкретных решений при оценке результатов решения динамических задач;			+	+	+	+
– навыками управления и организации работы коллектива по решению динамических задач, возникающих в работе ГТУ и ГПА;				+	+	+
– навыками принятия конкретных решений при анализе динамического НДС конструктивных элементов ГТУ и ГПА;				+	+	+
– навыками расчета динамических нагрузок;				+	+	+
– навыками выбора методик оценки динамического НДС конструкций и элементов ГТУ и ГПА;				+	+	+
– навыками обработки результатов динамических испытаний ГТУ и ГПА;				+	+	+
– навыками представления результатов исследований динамических характеристик ГТУ, ГПА;				+	+	+
– владеет навыками поиска технической информации применительно к конкретной технической задаче динамического анализа ГТУ и ГПА.				+	+	+

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме контрольных работ (оценка знаний);

РК – промежуточный (рубежный) контроль по модулю в форме контрольных работ (оценка знаний и умений);

ПЗ – выполнение практических занятий (оценка умений и владений);

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

РГР – выполнение расчетно-графических работ (оценка умений и владений).

7. График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Виды работ	Распределение часов по учебным неделям																Итого		
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		40	41
Разделы	Раздел 1								Раздел 2				Раздел 3						
Лекции	2			2			2		2				2		2				12
Практические занятия		2	2			2		2		2	2			2		2			16
Лабораторные работы				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2		2		24
КСР								2										2	4
Изучение теоретического материала	4	2	2		2						2		2	2		2	2	4	24
Подготовка к практическим занятиям	2	2	2		2		2	1	2	2		2	2		2	2			23
Подготовка к лабораторным работам			2	2		2	2	1	2			2		2		2	2		19
Выполнение расчетной работы		2		2	2	2				2	2	2		2	2		2	2	22
Модули	М1								М2								144		
Контрольное тестирование								+										+	
Дисциплинарный контроль																			Экзамен

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.07 Динамика и прочность турбомашин	Блок 1. Дисциплины (модули) (блок)								
(индекс и полное название дисциплины)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">базовая часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">вариативная часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">по выбору студента</td> </tr> </table>		базовая часть блока	x	обязательная	x	вариативная часть блока		по выбору студента
	базовая часть блока	x	обязательная						
x	вариативная часть блока		по выбору студента						

13.03.03	Энергетическое машиностроение, профиль «Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели»
(код направления)	(полное название направления подготовки)

ЭМ / ГПУД	Уровень подготовки	<input type="checkbox"/> x <input type="checkbox"/>	специалист бакалавр магистр	Форма обучения	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	очная заочная очно-заочная
(аббревиатура направления)						

<u>2016</u>	Семестр(ы)	<u>6</u>	Количество групп	<u>1</u>
(год утверждения учебного плана ООП)				
			Количество студентов	<u>10</u>

Сальников Алексей Федорович	профессор
(фамилия, инициалы преподавателя)	(должность)

Аэрокосмический
(факультет)

РКТЭС	2-39-17-10
(кафедра)	(контактная информация)

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

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

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Иноземцев А.А., Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учебник для вузов: в 5 т. / А.А. Иноземцев, М.Ш. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий, т.4: Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок. – М.: Машиностроение, 2008 – 192 с.	40
2	Динамика и прочность турбомашин: учебник для вузов. / А.Г. Костюк – 3-е издание перераб. и дополненное.– М.: Издательский дом МЭИ, 2000. – 479 с.	8
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Головин А.А, Костиков Ю.В., Красовский А.Б. Динамика механизмов: Учеб. пособие / ред. А.А. Головин. – М.: Изд-во МГТУ, 2006. – 159 с.	11
2	Динамика, прочность и надежность элементов инженерных сооружений: учебное пособие для вузов / Л. В. Глухов [и др.]. – Москва: Изд-во АСВ, 2003. – 303 с.	10
3	Безухов Н.И., Лужин О.В., Колкунов Н. В. Устойчивость и динамика сооружений в примерах и задачах: учебное пособие для вузов. – Москва: Высш. шк., 1987. – 264 с.	27
2.2. Периодические издания		
1	Авиационная промышленность, изд-во ОАО «Национальный институт авиационных технологий» г. Москва	
2	Вестник московского энергетического института, изд-во МЭИ, г. Москва	На кафедре
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	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

2	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: http://e.lanbook.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
3	Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на

13.12.2016

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

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	Лабораторные работы	Mathcad		Инженерные расчеты
2	Лабораторные работы	IDS		Автоматизированная система оценки динамического состояния

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

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

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	Лекционная аудитория (мультимедийный класс)	РКТЭС	304, к.Д	72	42
2	Лаборатория испытаний	РКТЭС	04, к.Д	36	10
3	Компьютерный класс	РКТЭС	314, к.Д	72	12

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	5	6
1	Персональный компьютер IBM PC	15	Оперативное управление	304, 314
2	Видеопроектор Medium 524 P	1	Оперативное управление	304
3	Экран	1	Оперативное управление	304
4	Газовый осевой нагнетатель ГПА - «ГТД-модуль»	1	Оперативное управление	04

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		