

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Аэрокосмические технологии в теплоэнергетике и теплотехнике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ИСПЫТАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.11.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Милюков И.А.
	Идентификатор	R4a280e9c-MiliukovIA-621c67c1

И.А. Милюков


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Соколов В.П.
	Идентификатор	R928a03a7-SokolovVPet-4d1c67c1

В.П. Соколов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ и особенностей системы испытаний газотурбинных энергетических установок (ГТУ), обеспечивающих качество и надежность их эксплуатации

Задачи дисциплины

- изучение основных видов испытаний ГТУ на различных стадиях их жизненного цикла;
- изучение способов и оборудования для проведения испытаний ГТУ в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации;
- изучение особенностей разработки технологических процессов испытаний ГТУ;
- изучение испытательного оборудования и контрольно-измерительных устройств и приборов;
- изучение систем автоматизации процесса испытаний ГТД.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен выполнять разработку и модернизацию объектов теплоэнергетики с учетом современных проблем и использования результатов аэрокосмической деятельности	ИД-1 _{ПК-3} Разрабатывает проектно-конструкторские и технологические решения объектов теплоэнергетики	знать: - основное испытательное оборудование, измерительное оборудование и приборы испытательных стендов; - назначение, виды, цели, задачи и особенности испытаний ГТУ. уметь: - осуществлять обоснованный выбор измерительного оборудования; - осуществлять обоснованный выбор оборудования для проведения испытаний.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Аэрокосмические технологии в теплоэнергетике и теплотехнике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение	18	3	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Введение"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Введение" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 52-54</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Подготовка ГТУ к испытаниям" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Подготовка ГТУ к испытаниям"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 239-244</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение</p>	
1.1	Испытания газотурбинных установок (ГТУ), как метод оценки надежности их конструкции и качества изготовления	9		2	-	2	-	-	-	-	-	-	5		-
1.2	Особенности, цели и задачи научно-исследовательских, опытных и заводских испытаний	9		2	-	2	-	-	-	-	-	-	5		-
2	Подготовка ГТУ к испытаниям	18		4	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-
2.1	Порядок приемки ГТУ на испытательной станции	9		2	-	2	-	-	-	-	-	-	5		-
2.2	Схема препарирования ГТУ	9		2	-	2	-	-	-	-	-	-	5		-
3	Измерительная аппаратура и приборы	18		4	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-

	испытательных станций												дополнительного материала по разделу "Измерительная аппаратура и приборы испытательных станций"
3.1	Основные требования, предъявляемые к измерительной аппаратуре испытательных станций	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 122-129
3.2	Приборы и устройства для измерения	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
4	Помещения испытательных станций. Испытательное оборудование	27	6	-	6	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Помещения испытательных станций. Испытательное оборудование"
4.1	Состав помещений испытательной станции	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Помещения испытательных станций. Испытательное оборудование"
4.2	Требования к строительной конструкции бокса	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.3	Особенности ГТУ как объекта испытаний	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	[2], 145-161
5	Технологические системы испытательных стендов	25	4	-	6	-	-	-	-	-	15	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Технологические системы испытательных стендов"
5.1	Назначение технологических систем испытательных стендов	14	2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 340-343
5.2	Измерение расхода топлива. Система подачи воздуха на вход ГТУ. Измерение расхода воздуха	11	2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	
6	Испытания ГТУ, имитирующие	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение

	условия эксплуатации															дополнительного материала по разделу "Испытания ГТУ, имитирующие условия эксплуатации"
6.1	Внешние воздействия на ГТУ во время эксплуатации	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-				<u>Подготовка к текущему контролю:</u>
6.2	Способы и оборудование для создания этих условий при испытаниях	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-				Повторение материала по разделу "Испытания ГТУ, имитирующие условия эксплуатации"
7	Автоматизация испытаний ГТУ	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-				<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Автоматизация испытаний ГТУ"
7.1	Основные задачи и направления автоматизации испытаний	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-				<u>Изучение материалов литературных источников:</u>
7.2	Структурные схемы автоматизированных систем испытаний	11	4	-	2	-	-	-	-	-	5	-				[3], 344-390
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5				
	Всего за семестр	180.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	80	33.5				
	Итого за семестр	180.0	32	-	32	2	-	-	-	0.5	113.5					

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Введение

1.1. Испытания газотурбинных установок (ГТУ), как метод оценки надежности их конструкции и качества изготовления

Роль испытаний ГТУ и их узлов в создании надежных и долговечных изделий. Назначение испытаний и их виды..

1.2. Особенности, цели и задачи научно-исследовательских, опытных и заводских испытаний

Кратковременный и длительные испытания (150-часовые и на полный ресурс), цели и особенности их проведения. Ускоренные эквивалентные испытания установок и условия, необходимые для их проведения.

2. Подготовка ГТУ к испытаниям

2.1. Порядок приемки ГТУ на испытательной станции

Особенности технологии испытания ГТУ. Препарирование ГТУ перед испытаниями для выполнения термометрирования, тензометрирования, вибрографирования, измерения давлений и расходов рабочих сред.

2.2. Схема препарирования ГТУ

Приведение параметров рабочего процесса установки к стандартным атмосферным условиям. Формулы приведения параметров.

3. Измерительная аппаратура и приборы испытательных станций

3.1. Основные требования, предъявляемые к измерительной аппаратуре испытательных станций

Основные типы первичных электрических преобразователей и возможности их применения в измерительной аппаратуре.

3.2. Приборы и устройства для измерения

Приборы и устройства для измерения температур, давлений, сил, крутящих моментов, вибрации, расходов жидкостей и газов, частоты вращения, механических колебаний, быстроменяющихся величин. Их принципиальные схемы, принцип работы и возможности применения.

4. Помещения испытательных станций. Испытательное оборудование

4.1. Состав помещений испытательной станции

Состав помещений испытательной станции. Боксы для проведения испытаний, основные требования к боксам. Планировки боксов.

4.2. Требования к строительной конструкции бокса

Обеспечение шумоглушения, пожарной безопасности и техники безопасности. Кабина наблюдения и технологические помещения, основные требования к ним.

4.3. Особенности ГТУ как объекта испытаний

Особенности ГТУ как объекта испытаний. Классификация испытательных стендов. Основные типы испытательных стендов и особенности их конструкций.

5. Технологические системы испытательных стендов

5.1. Назначение технологических систем испытательных стендов

Типовые схемы топливной системы испытательного стенда. Типовые схемы топливной системы испытательного стенда. Требования к топливной системе.

5.2. Измерение расхода топлива. Система подачи воздуха на вход ГТУ. Измерение расхода воздуха

Система подачи воздуха на вход ГТУ. Измерение расхода воздуха.

6. Испытания ГТУ, имитирующие условия эксплуатации

6.1. Внешние воздействия на ГТУ во время эксплуатации

Внешние воздействия на ГТУ во время эксплуатации: климатические, эксплуатационные. Методы имитации условий эксплуатации. Испытания ГТУ с подогревом, охлаждением, наддувом, разрежением, изменением влажности воздуха на входе в компрессор.

6.2. Способы и оборудование для создания этих условий при испытаниях

Способы и оборудование для создания этих условий при испытаниях. Испытания по определению способности ГТУ локализовать повреждения внутри своей конструкции.

7. Автоматизация испытаний ГТУ

7.1. Основные задачи и направления автоматизации испытаний

Основные задачи и направления автоматизации испытаний. Частичная и комплексная автоматизация испытаний, их особенности.

7.2. Структурные схемы автоматизированных систем испытаний

Структурные схемы автоматизированных систем испытаний.

3.3. Темы практических занятий

1. Структурные схемы систем автоматизации испытаний;
2. Технологические системы и оборудование для имитации реальных условий эксплуатации ГТУ;
3. Основные технологические системы испытательных стендов;
4. Планировки и оборудование испытательных боксов;
5. Основные типы датчиков (первичных электрических преобразователей), применяемых в измерительных системах испытательных стендов;
6. Разработка схем препарирования и технологического процесса испытаний ГТУ;
7. Основные показатели качества и надежности конструкции ГТУ.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Подготовка ГТУ к испытаниям"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Измерительная аппаратура и приборы испытательных станций"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Помещения испытательных станций. Испытательное оборудование"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технологические системы испытательных стендов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Испытания ГТУ, имитирующие условия эксплуатации"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Автоматизация испытаний ГТУ"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
Знать:										
назначение, виды, цели, задачи и особенности испытаний ГТУ	ИД-1ПК-3	+	+							Контрольная работа/КМ-1 «Назначение и виды испытаний. Подготовка ГТУ к испытаниям»
основное испытательное оборудование, измерительное оборудование и приборы испытательных стендов	ИД-1ПК-3			+	+					Контрольная работа/КМ-2 «Измерительная аппаратура и приборы испытательных станций»
Уметь:										
осуществлять обоснованный выбор оборудования для проведения испытаний	ИД-1ПК-3					+				Контрольная работа/КМ-3 «Технологические системы испытательных стендов»
осуществлять обоснованный выбор измерительного оборудования	ИД-1ПК-3						+	+		Контрольная работа/КМ-4 «Испытания, имитирующие условия эксплуатации ГТУ»

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 «Назначение и виды испытаний. Подготовка ГТУ к испытаниям» (Контрольная работа)
2. КМ-2 «Измерительная аппаратура и приборы испытательных станций» (Контрольная работа)
3. КМ-3 «Технологические системы испытательных стендов» (Контрольная работа)
4. КМ-4 «Испытания, имитирующие условия эксплуатации ГТУ» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Тепловые схемы и характеристики современных энергетических ГТУ : учебное пособие по курсу "Парогазовые газотурбинные установки электростанций" по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. А. Дудолин, П. А. Пустовалов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 100 с. - ISBN 978-5-7046-1410-4 .
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=5702>;
2. Турбины тепловых и атомных электрических станций : учебник для вузов по специальности "Тепловые электрические станции" / Ред. А. Г. Костюк, В. В. Фролов . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 488 с. - ISBN 5-7046-0844-2 .;
3. Цанев С.В. , Буров В.Д. , Земцов А. С., Осыка А. С.- "Газотурбинные энергетические установки", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (428 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72219.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Видеоконференции (Майнд, Сбёрджаз, ВК и др);
4. Windows Server / Серверная операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНИТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ш-206, Лекционная аудитория	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ш-205, Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-206, Лекционная аудитория	
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107, Архив	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Испытания газотурбинных двигателей**

(название дисциплины)

3 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 КМ-1 «Назначение и виды испытаний. Подготовка ГТУ к испытаниям» (Контрольная работа)
- КМ-2 КМ-2 «Измерительная аппаратура и приборы испытательных станций» (Контрольная работа)
- КМ-3 КМ-3 «Технологические системы испытательных стендов» (Контрольная работа)
- КМ-4 КМ-4 «Испытания, имитирующие условия эксплуатации ГТУ» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Введение					
1.1	Испытания газотурбинных установок (ГТУ), как метод оценки надежности их конструкции и качества изготовления		+			
1.2	Особенности, цели и задачи научно-исследовательских, опытных и заводских испытаний		+			
2	Подготовка ГТУ к испытаниям					
2.1	Порядок приемки ГТУ на испытательной станции		+			
2.2	Схема препарирования ГТУ		+			
3	Измерительная аппаратура и приборы испытательных станций					
3.1	Основные требования, предъявляемые к измерительной аппаратуре испытательных станций			+		
3.2	Приборы и устройства для измерения			+		
4	Помещения испытательных станций. Испытательное оборудование					
4.1	Состав помещений испытательной станции			+		
4.2	Требования к строительной конструкции бокса			+		
4.3	Особенности ГТУ как объекта испытаний			+		

5	Технологические системы испытательных стендов				
5.1	Назначение технологических систем испытательных стендов			+	
5.2	Измерение расхода топлива. Система подачи воздуха на вход ГТУ. Измерение расхода воздуха			+	
6	Испытания ГТУ, имитирующие условия эксплуатации				
6.1	Внешние воздействия на ГТУ во время эксплуатации				+
6.2	Способы и оборудование для создания этих условий при испытаниях				+
7	Автоматизация испытаний ГТУ				
7.1	Основные задачи и направления автоматизации испытаний				+
7.2	Структурные схемы автоматизированных систем испытаний				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25