

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТУРБОУСТАНОВОК**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.09</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 4; 8 семестр - 4; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 77,5 часа; 8 семестр - 85,5 часа; всего - 163,0 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Проверочная работа Контрольная работа Расчетно-графическая работа Коллоквиум	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,0 час

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Булкин А.Е.
	Идентификатор	R7e55a085-BulkinAY-5e6deff3

А.Е. Булкин


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

О.М.  
Митрохова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

В.Г. Грибин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение процессов управления турбоустановками, особенностей их систем автоматического регулирования, методов их исследования и принципов конструирования

### Задачи дисциплины

- изучение проблем, стоящих при создании систем автоматического регулирования турбоустановок, тенденций их развития и совершенствования;
- освоение методов расчета статических и динамических характеристик систем автоматического регулирования турбин различных типов;
- изучение основ конструирования основных элементов систем автоматического регулирования турбин.

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-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - компьютерные технологии моделирования динамических процессов в САР турбин; - особенности работы систем автоматического регулирования турбин в изолированной сети и в мощной энергосистеме.  уметь: - аргументированно вести дискуссию по профессиональной тематике; - применять математический аппарат и методы моделирования при решении задач анализа и синтеза САР турбин.
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности	знать: - конструктивное выполнение элементов САР турбин.  уметь: - выбирать параметры САР по различным критериям с учетом противоречивых требований и технических ограничений.
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-6 <sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности	знать: - современные системы автоматического регулирования и защиты турбин различных типов для ТЭС и АЭС.  уметь: - принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании САР турбин.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ 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	Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин	22	7	8	-	6	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин" и подготовка к тесту "Характеристики САР турбин"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 10-17, 18-41</p>	
1.1	Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин	22		8	-	6	-	-	-	-	-	8	-		
2	Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин	12		2	-	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин" и подготовка к тесту "Характеристики САР турбин"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>
2.1	Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин	12		2	-	4	-	-	-	-	-	-	6	-	

														[1], стр. 42-86
3	Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)	32	8	-	10	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>
3.1	Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)	32	8	-	10	-	-	-	-	-	-	14	-	Изучение материала по разделу "Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)" и подготовка к контрольной работе "Математическое описание линейных САР" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 116-187 [5], 805 с.
4	Уравнения звеньев САР паровых турбин	10	6	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение типового расчета №1
4.1	Уравнения звеньев САР паровых турбин	10	6	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	"Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Уравнения звеньев САР паровых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Уравнения звеньев САР паровых турбин" и подготовка к контрольной работе "Математическое описание линейных САР" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 144-159
5	Устойчивость	32	8	-	10	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического</u></b>

	линейных систем автоматического регулирования													<b>задания:</b> Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР"
5.1	Устойчивость линейных систем автоматического регулирования	32		8	-	10	-	-	-	-	-	14	-	<b>Подготовка к текущему контролю:</b> Повторение материала по разделу "Устойчивость линейных систем автоматического регулирования" и подготовка к контрольной работе "Устойчивость линейных САР" <b>Подготовка к практическим занятиям:</b> Изучение материала по разделу "Устойчивость линейных систем автоматического регулирования" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], стр. 160-187
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32		2		-	0.5		77.5	
6	Переходные процессы в системах автоматического регулирования	26	8	4	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<b>Подготовка расчетно-графического задания:</b> Выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" <b>Подготовка к практическим занятиям:</b> Изучение материала по разделу "Переходные процессы в системах автоматического регулирования" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], стр. 188-196, 212-217 [3], стр. 1-64
6.1	Переходные процессы в системах автоматического регулирования	26		4	-	4	-	-	-	-	-	18	-	
7	Регулирование энергетических блоков ТЭС	34		8	-	12	-	-	-	-	-	14	-	<b>Подготовка к текущему контролю:</b> Повторение материала по разделу "Регулирование энергетических блоков ТЭС" и подготовка к коллоквиуму "Регулирование турбин энергоблоков ТЭС и АЭС"
7.1	Регулирование энергетических блоков ТЭС	34		8	-	12	-	-	-	-	-	14	-	

														<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Регулирование энергетических блоков ТЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 283-293, 301-319, 330-332 [2], стр. 1-68</p>
8	Регулирование энергетических блоков АЭС	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Регулирование энергетических блоков АЭС" и подготовка к коллоквиуму "Регулирование турбин энергоблоков ТЭС и АЭС"</p>	
8.1	Регулирование энергетических блоков АЭС	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Регулирование энергетических блоков АЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 333-347, 375-381</p>	
9	Регулирование теплофикационных турбин	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение и защита типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР"</p>	
9.1	Регулирование теплофикационных турбин	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Регулирование теплофикационных турбин" и подготовка к коллоквиуму "Регулирование теплофикационных турбин"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b></p>	



													Изучение материала по разделу "Регулирование теплофикационных турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 382-435 [4], стр. 1-72
10	Нелинейные системы автоматического регулирования	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Повторение материала по разделу "Нелинейные системы автоматического регулирования" и выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР"
10.1	Нелинейные системы автоматического регулирования	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Нелинейные системы автоматического регулирования" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 250-282
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	-	28	-	2	-	-	0.5	52	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	-	28		2		-	0.5		85.5	
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>60</b>	-	<b>60</b>	<b>4</b>		-	<b>1.0</b>		<b>163.0</b>	

**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. Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин

#### 1.1. Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин

Сущность проблем автоматического управления в технических системах. Фундаментальные принципы и функциональные схемы систем автоматического управления и регулирования. Типовые законы регулирования. Паровая турбина как объект регулирования. Принципиальные схемы регулирования частоты вращения конденсационных паровых турбин. Развернутая статическая характеристика регулирования. Степень неравномерности (статизм) регулирования. Нечувствительность. Механизмы управления турбиной и их воздействие на статические характеристики регулирования. Статическое и астатическое регулирование. Параллельная работа турбогенераторов. Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС России. Общее и нормированное первичное регулирование частоты. Вторичное регулирование. Третичное регулирование. Рациональная форма статической характеристики регулирования.

### 2. Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин

#### 2.1. Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин

Регулирующие органы турбины. Регулирующие клапаны и заслонки. Поворотные диафрагмы. Сервомоторы с проточными и отсечными золотниками. Повышение быстродействия сервомоторов. Фильтрация помех. Регуляторы частоты вращения и давления. Электрогидравлические преобразователи.

### 3. Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)

#### 3.1. Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)

Уравнения динамических звеньев САР. Линеаризация. Операторные, частотные и временные характеристики звена САР и связь между ними. Типовые динамические звенья. Структурные схемы САР и их преобразование. Общий метод составления дифференциального уравнения САР. Составление дифференциального уравнения САР по ее структурной схеме.

### 4. Уравнения звеньев САР паровых турбин

#### 4.1. Уравнения звеньев САР паровых турбин

Уравнение ротора конденсационной паровой турбины. Уравнение парового объема. Уравнения регуляторов частоты вращения и давления. Уравнение сервомотора с отсечным золотником. Уравнение отсечного золотника. Уравнения сервомоторов с проточными золотниками.

### 5. Устойчивость линейных систем автоматического регулирования

#### 5.1. Устойчивость линейных систем автоматического регулирования

Постановка задачи исследования устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной системы. Критерии устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости Рауса, Гурвица. Частотные критерии Михайлова, Найквиста. Запасы устойчивости по модулю и по фазе. Устойчивость САР с запаздыванием. Построение области устойчивости САР методами D-разбиения пространства параметров и корневого годографа.

## 6. Переходные процессы в системах автоматического регулирования

### 6.1. Переходные процессы в системах автоматического регулирования

Построение переходного процесса непосредственным интегрированием дифференциального уравнения САР и с помощью преобразования Лапласа. Построение переходного процесса в среде Simulink.

## 7. Регулирование энергетических блоков ТЭС

### 7.1. Регулирование энергетических блоков ТЭС

Энергетический блок ТЭС как единый объект регулирования. Программы регулирования. Работа энергоблока в мощной энергосистеме. Статическая и динамическая устойчивость. Устойчивость объединенных энергосистем. Регулирование турбин с промежуточным перегревом пара. Особенности турбины с промежуточным перегревом пара как объекта регулирования. Электрогидравлические системы регулирования. Повышение быстродействия системы регулирования. Участие турбины в противоаварийном управлении энергосистемы. Применение микропроцессоров в системах регулирования турбин. Медленнодействующий и быстродействующий контуры управления в ЭЧСР САР турбин ЛМЗ.

## 8. Регулирование энергетических блоков АЭС

### 8.1. Регулирование энергетических блоков АЭС

Ядерный энергетический реактор как объект регулирования. Энергоблоки с водоводяными реакторами типа ВВЭР. Программы регулирования и их реализация. Регулирование мощности блока. Поддержание давления теплоносителя в первом контуре б. Регулирование уровня в парогенераторе. Ограничение повышения давления свежего пара. Энергоблоки с водографитовыми канальными реакторами типа РБМК. Особенности систем регулирования влажнопаровых турбин АЭС.

## 9. Регулирование теплофикационных турбин

### 9.1. Регулирование теплофикационных турбин

Регулирование турбин с противодавлением (типа Р). Принципиальные схемы регулирования. Уравнение камеры противодавления. Регулирование турбин с отбором пара. Связанное и несвязанное регулирование. Независимость (автономность) регулирования. Уравнение ротора турбины с отбором пара. Уравнение камеры отбора. Принципиальные схемы связанного регулирования турбин с отбором пара. Критерии автономности. Электрогидравлическая несвязанная система регулирования турбины с отбором пара (типа Т) УТЗ. Микропроцессорная система регулирования турбины Т-250/300-240 УТЗ.

## 10. Нелинейные системы автоматического регулирования

### 10.1. Нелинейные системы автоматического регулирования

Существенные нелинейности в САР. Особенности динамических процессов в нелинейных системах. Фазовое пространство и фазовые портреты САР. Особые точки. Предельные циклы. Метод фазовой плоскости. Метод точечного преобразования. Методы А.М.Ляпунова. Критерий В.Попова абсолютной устойчивости нелинейной САР. Метод гармонической линеаризации. Исходные предпосылки и условия применимости метода. Коэффициенты гармонической линеаризации. Исследование одночастотных симметричных автоколебаний.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Характеристики САР паровых турбин (6 часов);
2. Конструкции элементов САР паровых турбин (4 часа);
3. Типовые звенья САР и их динамические характеристики (8 часов);
4. Методы составления дифференциального уравнения САР (2 часа);
5. Критерии устойчивости Рауса, Гурвица (2 часа);
6. Критерии устойчивости Михайлова, Найквиста (2 часа);
7. Построение области устойчивости САР методом D-разбиения пространства параметров (3 часа);
8. Построение области устойчивости САР методом корневого годографа (3 часа);
9. Уравнения звеньев САР паровых турбин (2 часа);
10. Методы исследования нелинейных САР (4 часа);
11. Построение переходного процесса в САР в среде Simulink (4 часа);
12. Система маслоснабжения, регулирования и защиты конденсационной паровой турбины ЛМЗ без промежуточного перегрева пара (6 часов);
13. Унифицированная система маслоснабжения, регулирования и защиты мощных паровых турбин ЛМЗ для сверхкритических параметров пара (6 часов);
14. Система регулирования и защиты влажнопаровой турбины ЛМЗ для АЭС (4 часа);
15. Системы регулирования теплофикационных паровых турбин УТЗ (4 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **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	8	9	10	
<b>Знать:</b>												
особенности работы систем автоматического регулирования турбин в изолированной сети и в мощной энергосистеме	ИД-1ПК-1	+	+									Проверочная работа/"Характеристики САР турбин"
компьютерные технологии моделирования динамических процессов в САР турбин	ИД-1ПК-1						+				+	Расчетно-графическая работа/Выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР"
конструктивное выполнение элементов САР турбин	ИД-2ПК-1							+	+			Коллоквиум/Коллоквиум "Регулирование турбин энергоблоков ТЭС и АЭС"
современные системы автоматического регулирования и защиты турбин различных типов для ТЭС и АЭС	ИД-6ПК-1										+	Коллоквиум/Коллоквиум "Регулирование теплофикационных турбин"
<b>Уметь:</b>												
применять математический аппарат и методы моделирования при решении задач анализа и синтеза САР турбин	ИД-1ПК-1			+	+							Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" Контрольная работа/Контрольная работа "Математическое описание линейных САР"
аргументированно вести дискуссию по профессиональной тематике	ИД-1ПК-1										+	Коллоквиум/Коллоквиум "Регулирование теплофикационных турбин"
выбирать параметры САР по различным критериям с учетом противоречивых требований и технических ограничений	ИД-2ПК-1					+						Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР"

												Контрольная работа/Контрольная работа "Устойчивость линейных САР"
принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании САР турбин	ИД-бПК-1						+				+	Коллоквиум/Защита типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР"

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

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. "Характеристики САР турбин" (Проверочная работа)
2. Контрольная работа "Математическое описание линейных САР" (Контрольная работа)
3. Контрольная работа "Устойчивость линейных САР" (Контрольная работа)

**8 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" (Коллоквиум)
2. Коллоквиум "Регулирование теплофикационных турбин" (Коллоквиум)
3. Коллоквиум "Регулирование турбин энергоблоков ТЭС и АЭС" (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

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

Экзамен (Семестр №8)

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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Булкин А.Е.- "Автоматическое регулирование энергоустановок", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017 - (508 с.)

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009949.html>;

2. Булкин, А. Е. Учебное пособие по курсу "Автоматическое регулирование энергоустановок": Системы регулирования и защиты конденсационных паровых турбин / А.

- Е. Булкин, В. И. Панов ; Ред. А. А. Калашников ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1985 . – 68 с.;
3. Булкин, А. Е. Учебное пособие по курсу "Автоматическое регулирование энергоустановок": Построение переходных процессов в системах автоматического регулирования турбин графоаналитическим методом Д.А. Башкирова / А. Е. Булкин, В. И. Панов ; Ред. А. А. Калашников ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1980 . – 64 с.;
4. Булкин, А. Е. Учебное пособие по курсу "Автоматическое регулирование энергоустановок": Системы регулирования и защиты теплофикационных паровых турбин / А. Е. Булкин, В. И. Панов ; Ред. А. А. Калашников ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1986 . – 72 с.;
5. В. П. Дьяконов- "MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6®. Основы применения", Издательство: "СОЛОН-ПРЕСС", Москва, 2008 - (805 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271841>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Scilab;
6. SimInTech;
7. SmathStudio.

### **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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ 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. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер



лекционных занятий и текущего контроля	П-26, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, вешалка для одежды, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-26, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, вешалка для одежды, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-26, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, вешалка для одежды, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	П-28, Комната для самостоятельных занятий студентов	
Помещения для консультирования	П-36, Кабинет сотрудников каф. ПГТ (проф. Булкин А.Е.)	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, книги, учебники, пособия
	П-43, Кабинет сотрудников каф. ПГТ (доц. Дмитриев С.С.)	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	П-05а, Лаборатория аэродинамики	
	П-03б, Подсобное помещение	

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Автоматическое регулирование турбоустановок**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 "Характеристики САР турбин" (Проверочная работа)  
 КМ-2 Контрольная работа "Математическое описание линейных САР" (Контрольная работа)  
 КМ-3 Контрольная работа "Устойчивость линейных САР" (Контрольная работа)  
 КМ-4 Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	9	13	16
1	Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин					
1.1	Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин		+			
2	Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин					
2.1	Элементы систем автоматического регулирования паровых турбин		+			
3	Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)					
3.1	Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)			+		+
4	Уравнения звеньев САР паровых турбин					
4.1	Уравнения звеньев САР паровых турбин			+		+
5	Устойчивость линейных систем автоматического регулирования					
5.1	Устойчивость линейных систем автоматического регулирования				+	+
Вес КМ, %:			25	20	25	30

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

- КМ-5 Коллоквиум "Регулирование турбин энергоблоков ТЭС и АЭС" (Коллоквиум)  
 КМ-6 Коллоквиум "Регулирование теплофикационных турбин" (Коллоквиум)  
 КМ-7 Выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-8 Защита типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	9	12	13	13
1	Переходные процессы в системах автоматического регулирования					
1.1	Переходные процессы в системах автоматического регулирования				+	+
2	Регулирование энергетических блоков ТЭС					
2.1	Регулирование энергетических блоков ТЭС		+			
3	Регулирование энергетических блоков АЭС					
3.1	Регулирование энергетических блоков АЭС		+			
4	Регулирование теплофикационных турбин					
4.1	Регулирование теплофикационных турбин			+		
5	Нелинейные системы автоматического регулирования					
5.1	Нелинейные системы автоматического регулирования				+	+
Вес КМ, %:			40	20	0	40