

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

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

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

А.Е. Булкин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

О.М.
Митрохова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	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
РПК-2 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-1 _{РПК-2} Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - особенности работы систем автоматического регулирования турбин в изолированной сети и в мощной энергосистеме; - компьютерные технологии моделирования динамических процессов в САР турбин. уметь: - применять математический аппарат и методы моделирования при решении задач анализа и синтеза САР турбин; - аргументированно вести дискуссию по профессиональной тематике.
РПК-2 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-2 _{РПК-2} 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.
РПК-2 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-б _{РПК-2} 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><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Характеристики систем автоматического регулирования паровых турбин" и подготовка к тесту "Характеристики САР турбин"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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		-
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	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.1	Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)	32	8	-	10	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Математическое описание линейных систем автоматического регулирования (САР)" и подготовка к контрольной работе "Математическое описание линейных САР" <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 116-187 [5], 805 с.
4	Уравнения звеньев САР паровых турбин	10	6	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение типового расчета №1
4.1	Уравнения звеньев САР паровых турбин	10	6	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	"Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Уравнения звеньев САР паровых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Уравнения звеньев САР паровых турбин" и подготовка к контрольной работе "Математическое описание линейных САР" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 144-159
5	Устойчивость	32	8	-	10	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка расчетно-графического</u>

	линейных систем автоматического регулирования													задания: Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР"
5.1	Устойчивость линейных систем автоматического регулирования	32		8	-	10	-	-	-	-	-	14	-	Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Устойчивость линейных систем автоматического регулирования" и подготовка к контрольной работе "Устойчивость линейных САР" Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "Устойчивость линейных систем автоматического регулирования" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях Изучение материалов литературных источников: [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	-	Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "Переходные процессы в системах автоматического регулирования" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
6.1	Переходные процессы в системах автоматического регулирования	26		4	-	4	-	-	-	-	-	18	-	Подготовка расчетно-графического задания: Выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" Изучение материалов литературных источников: [1], стр. 188-196, 212-217 [3], стр. 1-64
7	Регулирование энергетических блоков ТЭС	34		8	-	12	-	-	-	-	-	14	-	Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "Регулирование энергетических блоков ТЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
7.1	Регулирование энергетических блоков ТЭС	34		8	-	12	-	-	-	-	-	14	-	Подготовка расчетно-графического

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

													<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение и защита типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 382-435 [4], стр. 1-72
10	Нелинейные системы автоматического регулирования	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Нелинейные системы автоматического регулирования" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
10.1	Нелинейные системы автоматического регулирования	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Повторение материала по разделу "Нелинейные системы автоматического регулирования" и выполнение типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	
	ИТОГО	288.0	-	60	-	60	4	-	-	1.0	163.0		

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. Построение области устойчивости САР методом корневого годографа (3 часа);
2. Построение области устойчивости САР методом D–разбиения пространства параметров (3 часа);
3. Критерии устойчивости Михайлова, Найквиста (2 часа);
4. Критерии устойчивости Рауса, Гурвица (2 часа);
5. Характеристики САР паровых турбин (6 часов);
6. Конструкции элементов САР паровых турбин (4 часа);
7. Система регулирования и защиты влажнопаровой турбины ЛМЗ для АЭС (4 часа);
8. Унифицированная система маслоснабжения, регулирования и защиты мощных паровых турбин ЛМЗ для сверхкритических параметров пара (6 часов);
9. Методы исследования нелинейных САР (4 часа);
10. Методы составления дифференциального уравнения САР (2 часа);
11. Типовые звенья САР и их динамические характеристики (8 часов);
12. Система маслоснабжения, регулирования и защиты конденсационной паровой турбины ЛМЗ без промежуточного перегрева пара (6 часов);
13. Уравнения звеньев САР паровых турбин (2 часа);
14. Системы регулирования теплофикационных паровых турбин УТЗ (4 часа);
15. Построение переходного процесса в САР в среде Simulink (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		
Знать:													
компьютерные технологии моделирования динамических процессов в САР турбин	ИД-1РПК-2						+					+	Кolloквиум/Защита типового расчета №2 "Построение переходного процесса в САР"
особенности работы систем автоматического регулирования турбин в изолированной сети и в мощной энергосистеме	ИД-1РПК-2	+	+										Проверочная работа/"Характеристики САР турбин"
конструктивное выполнение элементов САР турбин	ИД-2РПК-2							+	+				Кolloквиум/Кolloквиум "Регулирование турбин энергоблоков ТЭС и АЭС"
современные системы автоматического регулирования и защиты турбин различных типов для ТЭС и АЭС	ИД-6РПК-2											+	Кolloквиум/Кolloквиум "Регулирование теплофикационных турбин" Тестирование/Тестирование "Основы переходных процессов в САР"
Уметь:													
аргументированно вести дискуссию по профессиональной тематике	ИД-1РПК-2											+	Кolloквиум/Кolloквиум "Регулирование теплофикационных турбин"
применять математический аппарат и методы моделирования при решении задач анализа и синтеза САР турбин	ИД-1РПК-2			+	+								Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость линейных САР" Контрольная работа/Контрольная работа "Математическое описание линейных САР"
выбирать параметры САР по различным критериям с учетом противоречивых требований и	ИД-2РПК-2					+							Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита типового расчета №1 "Динамические характеристики звеньев и устойчивость"

технических ограничений												линейных САР" Контрольная работа/Контрольная работа "Устойчивость линейных САР"
принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании САР турбин	ИД-БРПК-2						+				+	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: Письменная работа

1. Тестирование "Основы переходных процессов в САР" (Тестирование)

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
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:	4	8	12	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 Тестирование "Основы переходных процессов в САР" (Тестирование)
 КМ-6 Коллоквиум "Регулирование турбин энергоблоков ТЭС и АЭС" (Коллоквиум)
 КМ-7 Коллоквиум "Регулирование теплофикационных турбин" (Коллоквиум)
 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:	4	9	12	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, %:			20	25	25	30