

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Рег. № Б-24-77



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Автоматизация тепловых процессов**

**Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»***

**Профиль *«Энергообеспечение предприятий»***

**Квалификация выпускника – *бакалавр***

**Форма обучения – *очная, заочная***

Ижевск 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ».....	4
Цель курса - овладение основами анализа и синтеза систем автоматического управления теплоэнергетическими и теплотехнологическими процессами и установками, а также получение практических навыков использования освоенных знаний.....	4
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП.....	7
2.1 Содержательно-логические связи дисциплины (модуля)«Автоматизация тепловых процессов» .....	7
3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.....	8
3.1 Перечень общекультурных (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций.....	8
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ» .....	9
4.1 Структура дисциплины.....	9
4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций .....	11
4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля) .....	11
4.4 Лабораторный практикум.....	12
4.5 Практические занятия .....	12
4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля .....	13
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	15
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ .....	16
6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы .....	22
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) Автоматизация тепловых процессов .....	23
7.1 Основная литература .....	23
7.2 Дополнительная литература.....	23
7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.....	24
7.4 Методические указания по освоению дисциплины .....	24
7.5 Перечень информационных технологий, включая перечень информационно-справочных систем (при необходимости).....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	27
9. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	28
ФАКУЛЬТЕТ ЗАОЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ .....	28
1.1. Структура дисциплины .....	28
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	30
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	31

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	31
1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	32
2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	34
3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	35
3.1 Типовые задания для оценки знаний, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (1-й этап) 35	
3.2 Типовые задания для оценки умений, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (2-й этап) 36	
3.3 Типовые задания для оценки навыков, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (3-й этап).....	37
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ .....	41
<b>ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ .....</b>	<b>43</b>

# 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ»

**Цель курса** - овладение основами анализа и синтеза систем автоматического управления теплоэнергетическими и теплотехнологическими процессами и установками, а также получение практических навыков использования освоенных знаний.

**Задачи освоения дисциплины:** 1) изучение основных принципов построения систем автоматического управления на базе современных методов и технических средств; 2) приобретение навыков анализа и синтеза систем управления.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

**знать:** основы теории автоматического управления, теплотехнические объекты как объекты управления, их основные особенности; принципы и особенности построения САУ теплотехническими объектами; основы управления технологическими объектами; управление в режимах пуска, остановки и нормальной эксплуатации, состав и функции АСУТП.

**уметь:** контролировать работу системы САУ теплотехническими объектами;

**владеть:** навыками анализа и синтеза систем управления теплотехническими объектами.

**Область профессиональной деятельности** бакалавров включает: совокупность технических средств, способов и методов человеческой деятельности по применению теплоты, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту.

**Объектами профессиональной деятельности** бакалавров являются: тепловые и атомные электрические станции, системы энергообеспечения предприятий, объекты малой энергетики; установки, системы и комплексы высокотемпературной и низкотемпературной теплотехнологии;

- паровые и водогрейные котлы различного назначения;
- реакторы и парогенераторы атомных электростанций;
- паровые и газовые турбины;
- энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки;
- установки по производству сжатых и сжиженных газов;
- компрессорные, холодильные установки;
- установки систем кондиционирования воздуха;
- тепловые насосы;
- химические реакторы, топливные элементы, электрохимические энергоустановки;
- установки водородной энергетики;
- вспомогательное теплотехническое оборудование;
- тепло- и массообменные аппараты различного назначения;
- тепловые и электрические сети;
- теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий;
- установки кондиционирования теплоносителей и рабочих тел;
- технологические жидкости, газы и пары, расплавы, твердые и сыпучие тела как теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок;
- топливо и масла;
- нормативно-техническая документация и системы стандартизации;
- системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процес-

сами в теплоэнергетике и теплотехнике.

Бакалавр по направлению подготовки 140100 Теплоэнергетика и теплотехника готовится к следующим видам профессиональной деятельности:

- расчетно-проектная и проектно-конструкторская;
- производственно-технологическая;
- научно-исследовательская;
- организационно-управленческая;
- монтажно-наладочная;
- сервисно-эксплуатационная.

Конкретные виды профессиональной деятельности, к которым в основном готовится бакалавр, определяются высшим учебным заведением совместно с обучающимися, научно-педагогическими работниками высшего учебного заведения и объединениями работодателей.

Бакалавр по направлению подготовки **Теплоэнергетика и теплотехника** должен решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности:

***расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:***

- сбор и анализ информационных исходных данных для проектирования;
- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- разработка проектной и рабочей технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ;
- контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных решений;

***производственно-технологическая деятельность:***

- организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования;
- контроль соблюдения технологической дисциплины;
- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов, использование типовых методов контроля качества выпускаемой продукции;
- участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции;
- подготовка документации по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках;
- контроль соблюдения экологической безопасности на производстве;

***научно-исследовательская деятельность:***

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов;
- проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых исследований, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;
- составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок;

***организационно-управленческая деятельность:***

- выполнение работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
- организация работы малых коллективов исполнителей;
- планирование работы персонала и фондов оплаты труда;
- разработка оперативных планов работы первичных производственных подразделений;

***монтажно-наладочная деятельность:***

- участие в наладке, настройке, регулировке и опытной проверке энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
- участие в монтаже, наладке, испытаниях и приемке/сдаче в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования в целом, а также изделий, узлов, систем и деталей в отдельности;

***сервисно-эксплуатационная деятельность:***

- обслуживание технологического оборудования;
- проверка технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организация профилактических осмотров и текущего ремонта;
- составление заявок на оборудование и запасные части, подготовка технической документации на ремонт;
- обеспечение подготовки котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды, электроустановок и других объектов энергохозяйства для приемки в эксплуатацию, проверки и освидетельствования органами государственного надзора.

Конкретные виды профессиональной деятельности, к которым в основном готовится бакалавр, определяются высшим учебным заведением совместно с обучающимися, научно-педагогическими работниками высшего учебного заведения и объединениями работодателей.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Автоматизация тепловых процессов» включена в цикл Б1  
Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-2.

Дисциплина изучается во взаимосвязи с материалом других дисциплин по практическому решению задач на персональных компьютерах и обеспечивает внедрение информационных технологий в научно-исследовательский процесс. Умения и навыки приобретаются студентами в процессе занятий и в процессе самоподготовки

Содержательно-логические связи дисциплины отражены в таблице 2.1

### 2.1 Содержательно-логические связи дисциплины (модуля) «Автоматизация тепловых процессов»

Код дисциплины (модуля)	Содержательно-логические связи	
	название учебных дисциплин (модулей), практик	
	на которые опирается содержание данной учебной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной учебной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.Б.24	Математика Физика Информатика Безопасность жизнедеятельности Метрология, стандартизация и сертификация Механика	Электропривод Электроснабжение Микропроцессорные системы управления Подготовка выпускной квалификационной работы

### 3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

#### 3.1 Перечень общекультурных (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций

Номер/ индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<ul style="list-style-type: none"> <li>• закономерности повышения квалификации и самостоятельной работы;</li> <li>• основные этапы разработки технической документации;</li> <li>• нормативно-техническую и специализированную документацию, действующую в электроустановках, микропроцессорных системах управления и автоматизированных системах управления</li> </ul>	анализировать во взаимосвязи электро-технические явления и процессы	методологией самостоятельной работы



## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов

Се- местр	Количество часов						
	Аудитор- ных	Самост. работа	Лекций	Лабора- торных	Практи- ческих	Проме- жуточная аттеста- ция	Всего
6	72	36	24	24	24	Зачет	108
Итого	72	36	24	24	24	Зачет	108

### 4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Недели семестра	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)						Форма:-текущего контроля успеваемо- сти, СРС (по неделям семестра); -промежуточной ат- тестации (по семест- рам) КРС
			всего	лекция	практиче- ские заня- тия	лаб. занятия	семинары	СРС	
			<b>108</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>		<b>36</b>	
1	1	Введение. Цели и задачи курса. Программа. Методы управления технологическими объектами. Основные понятия и термины систем автоматического управления (САУ). Пример САУ. Схемы САУ. Функциональная схема САУ.	4	2				2	Проработка лекционного материала.
2	2	Принципы автоматического управления: по отклонению и возмущению. Примеры. Классификация САУ	4	2				2	Экспресс-опрос на лекции. Выполнение самостоятельной работы
3	3	Методы математического описания динамических объектов и систем управления. Статические и динамические характеристики САУ. Передаточная функция линейной системы. Частотные характеристики линейных систем.	10	2	4	2		2	Экспресс-опрос на лекции. Выполнение самостоятельной работы
4	4	Построение частотных характеристик. Логарифмические частотные характеристики и их построение	12	2	4	2		4	Экспресс-опрос на лекции. Выполнение самостоятельной работы
5	5	Типовые звенья и их ха-	3	1				2	Экспресс-опрос на

		рактеристики. Усилительное, интегрирующее и дифференцирующее звенья. Апериодическое звено первого порядка.							лекции. Выполнение самостоятельной работы
6	6	Структурные схемы САУ и их преобразование. Последовательное, параллельное, встречно-параллельное соединение звеньев.	5	1	2			2	Экспресс-опрос на лекции. Выполнение самостоятельной работы
7	7	Преобразование структурных схем. Перенос узлов и сумматоров	5	1	2			2	Зачет по лабораторным и практическим занятиям
8	8	Устойчивость САУ. Условия устойчивости линейных систем. Корневой и алгебраические критерии устойчивости.	10	2	2	2		4	Экспресс-опрос на лекции. Зачет по лабораторным и практическим занятиям
9	9	Частотные критерии устойчивости. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста. Запас устойчивости.	7	1	2	2		2	Зачет по лабораторным и практическим занятиям
10	10	Качество регулирования САУ. Показатели качества регулирования. Прямые методы оценки качества регулирования. Косвенные методы оценки качества регулирования: частотные, интегральные и корневые.	14	2	2	6		4	Экспресс-опрос на лекции. Зачет по лабораторным и практическим занятиям
11	11	Методы улучшения качества регулирования. Расчет корректирующих звеньев методом желаемой ЛАЧХ.	4	2				2	Зачет по практическим занятиям
12	12	Графоаналитический метод построения переходных процессов. Объекты управления и их свойства. Аккумулирующая способность, самовыравнивание, запаздывание. Методы определения постоянной времени.	8	2	2	2		2	Экспресс-опрос на лекции. Зачет по практическим занятиям.
13	13	Определение вида передаточной функции по кривой разгона. САУ дискретного действия на базе микроконтроллера. Автоматические регуляторы.	14	2	2	6		4	Проверка расчетно-графической работы
14	14	Методика выбора и настройки автоматического регулятора.	8	2	2	2		2	Экспресс-опрос на лекции. Зачет по дисциплине
15		Промежуточная аттестация							Зачет
<b>Итого</b>			<b>108</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>		<b>36</b>	

## 4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Кол-во часов	Компетенции (вместо цифр – шифр и номер компетенции из ФГОС ВО)	
		ОПК-2	общее кол-во комп-й
Основные сведения о системах автоматического управления	8	+	1
Математическое описание элементов и систем автоматизации тепловых процессов	8	+	1
Анализ систем автоматизации тепловых процессов и их элементов	8	+	1
Автоматические регуляторы	24	+	1

## 4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах	Трудоемкость (час.)
<b>Модуль 1. Автоматизация тепловых процессов</b>			
1	Основные сведения о системах автоматического управления (САУ)	Введение. Цели и задачи курса. Виды автоматизации. Основные понятия и термины систем автоматического управления (САУ). Схемы САУ. Функциональная схема САУ. Элементы функциональной схемы. Классификация САУ: принципы автоматического управления, алгоритмы функционирования, характер воздействия регулятора на объект управления, наличие статической ошибки, законы регулирования (управления)	4
2	Математическое описание элементов и систем автоматизации тепловых процессов	Статические параметры и характеристики САУ. Динамические характеристики САУ. Типовые входные воздействия на САУ. Передаточная функция. Частотные характеристики. Построение частотных характеристик. Типовые звенья и их характеристики. Усилительное звено. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено. Апериодическое звено первого порядка. Колебательное звено. Консервативное и неустойчивое звенья. Апериодическое звено второго порядка. Звено запаздывания. Структурные схемы САУ и их преобразование	23
3	Анализ систем автоматизации тепловых процессов и их элементов	Алгебраические критерии устойчивости. Устойчивость САУ. Условия устойчивости линейных систем. Корневой критерий устойчивости. Частотные критерии устойчивости. Запас устойчивости. Качество регулирования САУ. Прямые методы оценки качества регулирования Косвенные методы оценки качества регулирования: частотные, интегральные и корневые. Свойства объектов регулирования. Определение вида передаточной функции по кривой разгона. Влияние устройства воздействия на работу САУ	29
4	Автоматические регуляторы	Автоматические регуляторы. Классификация. Сравнительная характеристика автоматических регуляторов. САУ дискретного действия на базе микроконтроллера. Выбор и расчет автоматических регуляторов. Ограничения и допущения, принимаемые при выборе и расчете автоматического регулятора. Методика выбора и настройки автоматического регулятора	16

#### 4.4 Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
<b>Модуль 1. Автоматизация тепловых процессов</b>			
1	1	Исследование датчиков неэлектрических величин	2
2	1	Исследование электромагнитных реле	2
3	1, 4	Исследование ЦАП и АЦП	2
4	3, 4	Исследование цифрового терморегулятора ТРЭ 105-02	2
5	3, 4	Исследование микропроцессорного программируемого терморегулятора	4
6	3, 4	Применение контроллера Carel серии ir33 для управления холодильными агрегатами	4
7	3, 4	Коррекция работы САУ с помощью введения ПИ-регулятора	4
8	3, 4	Синтез одноконтурных систем управления	4
	Итого		<b>24</b>

#### 4.5 Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
<b>Модуль 1. Автоматизация тепловых процессов</b>			
1	2	Определение статических характеристик датчиков	2
2	2	Построение частотных характеристик типовых звеньев автоматики	2
3	2	Логарифмические частотные характеристики и их построение	2
4	2	Преобразование структурных схем	2
5	3	Исследование динамических характеристик типовых звеньев САУ	2
6	2, 3	Моделирование САУ, оценка устойчивости и качества регулирования	2
7	2, 3	Параметрическая оптимизация САУ	2
8	3	Оценка устойчивости САУ	2
9	3	Определение передаточных функций по кривой разгона	2
10	3	Влияние устройства воздействия на работу САУ	2
11	4	Выбор и расчет автоматических регуляторов	4
	Итого		<b>24</b>

#### 4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
<b>Модуль 1. Автоматизация тепловых процессов</b>				
1	Введение. Цели и задачи курса. Программа. Методы управления технологическими объектами. Основные понятия и термины систем автоматического управления (САУ). Пример САУ. Схемы САУ. Функциональная схема САУ. Элементы функциональной схемы	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям	
2	Принципы автоматического управления: по отклонению и возмущению. Примеры. Классификация САУ	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям
3	Методы математического описания динамических объектов и систем управления. Статические и динамические характеристики САУ. Передаточная функция линейной системы. Частотные характеристики линейных систем	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям
4	Построение частотных характеристик. Логарифмические частотные характеристики и их построение	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лабораторным и практическим занятиям	Зачет по лабораторно-практическим занятиям
5	Типовые звенья и их характеристики. Усилительное, интегрирующее и дифференцирующее звенья. Аperiodическое звено первого порядка. Колебательное. Аperiodическое звено второго порядка и звено запаздывания	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям
6	Структурные схемы САУ и их преобразование. Последовательное, параллельное, встречно-параллельное соединение звеньев, обратные связи	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям, выполнение РГР
7	Преобразование структурных схем. Перенос узлов и сумматоров. Получение единичной обратной связи из неединичной	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Зачет по лабораторно-практическим занятиям
8	Устойчивость САУ. Условия устойчивости линейных систем. Корневой и алгебраические критерии устойчивости	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, выполнение расчетно-графического задания	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям, выполнение РГР

9	Частотные критерии устойчивости. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста. Запас устойчивости. Логарифмический критерий Найквиста	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям, выполнение РГР
10	Качество регулирования САУ. Показатели качества регулирования. Прямые методы оценки качества регулирования. Косвенные методы оценки качества регулирования: частотные, интегральные и корневые	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям
11	Методы улучшения качества регулирования. Введение дифференцирующего и интегрирующего звеньев. Расчет корректирующих звеньев методом желаемой ЛАЧХ	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям
12	Графоаналитический метод построения переходных процессов. Объекты управления и их свойства. Аккумулирующая способность, самовыравнивание, запаздывание. Методы определения постоянной времени	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям
13	Определение вида передаточной функции по кривой разгона. САУ дискретного действия на базе микроконтроллера. Автоматические регуляторы. Классификация. Сравнительная характеристика автоматических регуляторов	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Экспресс-опрос на лекции и зачет по лабораторно-практическим занятиям
14	Методика выбора и настройки автоматического регулятора	2	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, лабораторным и практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы	Сдача зачета по расписанию
	<b>Итого</b>	<b>36</b>		

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины в рамках реализации ООП по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата) профиль «Энергообеспечение предприятий» используются следующие технологии: информационные технологии, проблемное обучение, контекстное обучение, обучение на основе опыта, междисциплинарное обучение.

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья преподаватель организует работу в соответствии с Положением об инклюзивном образовании ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологии:

- поиск информации в глобальной сети Интернет;
- работа в электронно-библиотечных системах;
- работа в ЭИОС вуза (портал);
- компьютерное тестирование;
- мультимедийные лекции.

Занятия содержат определения, структурные и функциональные схемы автоматических систем и установок, объектов регулирования, демонстрационные работы на действующих объектах.

### Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
6	Л	Лекции в виде мультимедийной презентации	6
	ЛР	Лабораторные работы с условиями, максимально приближенными к реальным	6
	ПР	Решение ситуационных задач	6
	Итого		18

Занятия проводятся с использованием мультимедийного оборудования на лекциях, компьютерных программ MICROSOFT OFFICE, справочно-информационных систем для самостоятельной работы. Презентации содержат определения, структурные, функциональные и принципиальные схемы систем автоматического регулирования, объектов регулирования, графики, поясняющие их работу и т.д.

При выполнении расчетных заданий используется учебная литература, приведенная ниже.

Самостоятельная работа включает подготовку к лабораторным и практическим занятиям, тестам, выполнение расчетно-графической работы и подготовку к ее защите, подготовку к зачету.

## **6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ<sup>1</sup>**

**Контроль знаний студентов по дисциплине «Автоматизация тепловых процессов» проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и итоговый контроль (зачет).**

Методы контроля:

- устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме;
- защита отчетов по лабораторным работам;
- решение задач по теме практического материала в аудитории и дома в целях эффективности усвояемости материала на практике;
- проверка расчетно-графической работы;
- поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы.

### **6.1 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств**

№ п/п	№ семестра	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАт, ПрАт)	Компетенции	Наименование учебной дисциплины	Оценочные средства и форма контроля
1.	6	ВК, ТАт	ОПК-2	<b>Модуль 1. Автоматизация тепловых процессов</b>	Текущий контроль
2	6	ПрАт	ОПК-2		Зачет

### **Методика текущего контроля и промежуточной аттестации**

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся, как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита реферата; презентация проектов, др. заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

<sup>1</sup> Полный фонд оценочных средств по дисциплине приведен в приложении



По итогам текущего контроля преподаватель отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций, обучающихся предусматривается зачет, на котором они оцениваются по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он выполнил требования программы дисциплины; исчерпывающе и логически стройно излагает материал; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не выполнил требования программы дисциплины в полном объеме, не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении материала задания.

Зачет может быть проведен в устной форме, в форме письменной работы или тестирования.

### Примеры оценочных средств

(а) для входного контроля (ВК):

1. Что такое измерительный мост, и из каких элементов он состоит.
2. Как устранить систематическую погрешность показаний измерительного моста.
3. Какой измерительный прибор включен в диагональ моста.
4. Как экспериментально убедиться в том, что емкостной сигнализатор уровня ЭСУ-2А срабатывает на уменьшение емкости, а не на контактное замыкание его частей.
5. Как строить графики статических характеристик тензометрического и угольного датчиков.
6. Какой вид должны иметь графики статических характеристик исследуемых датчиков.
7. Для чего в технике используются электромагнитные реле.
8. В каком положении должен быть движок реостата в начале опытов.
9. Какую функцию выполняет флажок на электромагнитных реле тока и напряжения.
10. Как соединены катушки электромагнитных реле на стенде.
11. На какой коэффициент (один или два) необходимо умножить показания флажка на реле.
12. В какой момент необходимо измерять показания амперметра при срабатывании реле.
13. Расшифруйте технические параметры используемых амперметра и вольтметра.
14. На каком пределе должен быть установлен переключатель амперметра.
15. Какова цель испытания реле.
16. Что такое временные и частотные характеристики.
17. Для чего необходимо знать временные и частотные характеристики.
18. Какой вид должны иметь временные характеристики исследуемых звеньев.
19. Как выбрать время интегрирования при исследовании динамических звеньев.
20. Укажите все элементы и блоки функциональной схемы САР температуры на рабочем стенде.
21. Какова методика регистрации экспериментальных данных (температуры) при выполнении работы.
22. Какие режимы работы САР температуры исследуются в работе.
23. Какова методика настройки цифрового терморегулятора ТРЭ 105-02.
24. Как оценить установившееся значение температуры в двухпозиционном регуляторе ТРЭ 105-02.

25. Через какой интервал необходимо измерять текущую температуру при регистрации кривой переходного процесса.
26. Как запрограммировать режим коррекции в терморегуляторе ТРМ10.
27. По какому закону работает терморегулятор ТРМ10.
28. Какие настройки имеет терморегулятор ТРМ10.
29. Как запрограммировать заданную температуру, зону нечувствительности и режим ускоренного охлаждения в контроллере Carel.
30. По каким параметрам зарегистрированной кривой переходного процесса необходимо оценивать качество регулирования температуры.
31. Какова методика оценки устойчивости САУ по критериям Михайлова и Найквиста.

**б) для текущей успеваемости (ТАм):**

1. Что такое датчик? Его структура, классификация, основные параметры.
2. Охарактеризуйте датчики сопротивления.
3. Охарактеризуйте магнитные датчики
4. Охарактеризуйте емкостные датчики.
5. Охарактеризуйте фотоэлектрические датчики.
6. Охарактеризуйте генераторные датчики.
7. Охарактеризуйте датчики теплового расширения.
8. Охарактеризуйте термоэлектрические датчики.
9. Охарактеризуйте датчики уровня.
10. Охарактеризуйте датчики давления.
11. Охарактеризуйте датчики расхода.
12. Охарактеризуйте датчики влажности.
13. Охарактеризуйте датчики угловой скорости.
14. Охарактеризуйте датчики положения.
15. Что называется электрическим реле? Из каких элементов состоит в общем виде реле, их назначение?
16. Классификация реле.
17. Перечислите и охарактеризуйте основные параметры реле. Статическая характеристика реле.
18. Чем отличается поляризованное реле от нейтрального? Поясните принцип действия поляризованного реле и его применение.
19. Реле времени и принципы их реализации. Достоинства, недостатки и область применения.
20. Каковы отличия реле постоянного и переменного тока?
21. Геркон, устройство, принцип действия, применение.
22. Каковы функции усилителей в системах автоматики. Какими параметрами характеризуется усилитель.
23. Приведите схему САУ температуры (из лекций по автоматизации тепловых процессов) и опишите ее работу.
24. Характеристики и параметры ЦАП и АЦП.
25. Схема, принцип действия, преимущества, недостатки и применение АЦП последовательного счета.
26. Схема, принцип действия, преимущества, недостатки и применение АЦП поразрядного кодирования.

27. Схема, принцип действия, преимущества, недостатки и применение АЦП параллельного преобразования.
28. Схема, принцип действия, преимущества, недостатки и применение АЦП с двойным интегрированием.
29. Схема, принцип действия, преимущества, недостатки и применение ЦАП с резистивной матрицей R-2R.
30. Схема, принцип действия, преимущества, недостатки и применение ЦАП с резистивной матрицей, имеющей двоично-взвешенные резисторы.
31. Приведите пример САУ с использованием ЦАП и АЦП.
32. Что понимают под одноканальной системой управления и чем она отличается от многоканальной системы управления?
33. Запишите релейно-контактные эквиваленты основных логических функций 2-х аргументов.
34. Привести примеры всех функций двух аргументов.
35. Запишите таблицу истинности для логических элементов И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ и их условно-графическое изображение на электрических схемах.
36. Особенности автоматизации тепловых процессов.
37. Классификация автоматических систем управления.
38. Статическое и динамическое описание элементов и систем автоматики.
39. Понятие о типовых входных воздействиях.
40. Типовые динамические звенья их назначение и применение.
41. Усилительное звено. Его динамическая и частотные характеристики.
42. Интегрирующее звено. Его динамическая и частотные характеристики.
43. Дифференцирующее звено. Его динамическая и частотные характеристики.
44. Аperiodическое звено первого порядка. Его динамическая и частотные характеристики.
45. Колебательное звено. Его динамическая и частотные характеристики.
46. Аperiodическое звено второго порядка. Его динамическая частотные характеристики.
47. Запоздывающее звено. Его динамическая и частотные характеристики.
48. Способы соединения элементов САУ.
49. Обратные связи и их назначение.
50. Эквивалентные преобразования структурных схем.
51. Изобразите характер расположения корней характеристических уравнений типовых динамических звеньев: интегрирующего, аperiodического, колебательного.
52. Динамические свойства каких объектов автоматизации тепловых процессов близки к свойствам типовых динамических звеньев?
53. Что понимают под коэффициентом демпфирования, и каков его физический смысл?
54. Что понимают под постоянной времени аperiodического звена первого порядка, и каков ее физический смысл?
55. Какими методами можно определить постоянную времени аperiodического звена первого порядка, колебательного звена?
56. Какими способами можно перейти от дифференциального уравнения типового динамического звена к его передаточной функции, временной диаграмме, частотным характеристикам?
57. Каким способом строится ЛАЧХ и ЛФЧХ аperiodического звена первого порядка, интегрирующего звена, колебательного звена?

58. Каким элементарным звеном можно описать производственное помещение по каналу «мощность теплового потока – температура внутри помещения» в первом приближении?

59. В чем суть 2-х позиционного регулирования? Сделать сравнение 2-х и 3-х позиционного регулирования.

60. Как изменится частота включения исполнительного механизма, если увеличить дифференциал регулятора? Как при этом изменится качество регулирования?

61. Чем количественно характеризуется тепловая инерционность датчика температуры, от чего она зависит и как влияет на качество регулирования?

62. Какие виды регуляторов применяются при автоматизации тепловых процессов? Дайте их краткую характеристику и области применения.

63. По каким показателям ориентировочно выбирается регулятор, и какие виды настроек он имеет?

64. Как зависит характер установившегося процесса САУ при изменении зоны неопределенности?

65. Что понимают под статической характеристикой позиционного регулятора? Приведите примеры этих характеристик.

66. Какие позиционные регуляторы выпускаются промышленностью? Приведите примеры и дайте их краткую характеристику.

67. Пропорциональный регулятор.

68. Интегральный регулятор.

69. Пропорционально-интегральный регулятор.

70. Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор.

71. Что понимают под передаточной функцией? При помощи каких типовых звеньев можно описать встречающиеся в инженерной практике объекты управления?

72. Что понимают под кривой разгона? Какова методика ее определения? Что понимают под переходной характеристикой?

73. Что понимают под частотными характеристиками? Поясните, как определялись частотные характеристики объекта управления.

74. Что понимают под постоянной времени объекта управления? Какова методика ее определения?

75. Методы определения постоянной времени.

76. Характеристики объектов управления: аккумулярующая способность, самовыравнивание, запаздывание процесса регулирования, время разгона, статическая ошибка.

77. Понятие об устойчивости линейных систем.

78. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица.

79. Алгебраический критерий устойчивости Вышнеградского.

80. Частотный критерий устойчивости Михайлова.

81. Частотный критерий устойчивости Найквиста.

82. Логарифмический критерий устойчивости Найквиста.

83. Запас устойчивости по модулю и по фазе.

84. Прямые показатели качества переходных процессов регулирования, определяемые по переходной характеристике.

85. Частотные критерии качества регулирования САУ.

86. Корневые критерии качества регулирования САУ.

87. Интегральные критерии качества регулирования САУ.

## ВОПРОСЫ

для подготовки к зачету

1. Понятие о теории автоматического управления, автоматизации, ее видах; особенности и задачи автоматизации в теплоэнергетике.
2. Основные понятия и термины автоматического управления.
3. Структурная схема САУ. Обратные связи.
4. Классификация САУ. Критерии: принцип автоматического управления, алгоритм функционирования, характер воздействия регулятора на объект управления.
5. Классификация САУ. Критерии: закон управления, наличие статической ошибки.
6. Режимы работы функциональных элементов и САУ. Типовые воздействия в ТАУ.
7. Передаточная функция. Пример расчета передаточной функции типового звена. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением, временными диаграммами, частотными характеристиками.
8. Частотные характеристики (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ).
9. Логарифмические частотные характеристики.
10. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (усилительное, апериодическое звено первого порядка).
11. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (дифференцирующее и интегрирующее).
12. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (колебательное и консервативное).
13. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (апериодическое звено второго порядка, звено запаздывания).
14. Соединение функциональных элементов в структурно-алгоритмических схемах.
15. Преобразование структурно-алгоритмических схем.
16. Устойчивость линейных систем. Классический (корневой критерий устойчивости).
17. Алгебраические критерии устойчивости.
18. Частотные критерии устойчивости.
19. Свойства объектов управления. Аккумулирующая способность, самовыравнивание и запаздывание.
20. Методика определения передаточных функций объектов регулирования.
21. Качество регулирования САУ. Прямые и интегральные методы оценки качества регулирования.
22. Качество регулирования САУ. Частотные и корневые методы оценки качества регулирования.
23. Методы улучшения качества регулирования САУ с помощью дифференцирующих и интегрирующих звеньев.
24. Синтез корректирующих звеньев методом желаемой ЛАЧХ.
25. Построение графика процесса регулирования методом трапеций.
26. Классификация автоматических регуляторов. Методика выбора и расчета непрерывного автоматического регулятора.
27. Влияние устройства воздействия (исполнительного механизма) на работу автоматического регулятора.
28. Допущения и ограничения, принимаемые при выборе и расчете автоматических регуляторов.
29. Сравнительная характеристика автоматических регуляторов.

30. САУ дискретного действия на базе микроконтроллера.

## **6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

1. Рабочая программа дисциплины «Автоматизация тепловых процессов».
2. Юран С.И. Автоматизация тепловых процессов: метод. указ. к лаб. работам. - Ижевск : ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – 112 с.
3. Юран С.И. Автоматизация тепловых процессов: методические указания для выполнения расчетно-графических работ. 2014. - <http://portal.izhgsha.ru>.
4. Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Юран С.И. Электропривод и электрооборудование. – М.: КолосС, 2006. – 324 с.

### **Структура расчетно-графической работы**

Расчетно-графическая работа состоит из трех индивидуальных заданий.

В первом задании каждым студентом изучается одна из конкретных автоматических систем, применяемых в практике автоматизации тепловых процессов. Цель задания – совершенствование системы на основе сочетания двух основных принципов управления, а также приобретение навыков составления функциональных схем и изображения в них отдельных элементов.

Второе задание содержит вопросы анализа несложной типовой линейной системы автоматического регулирования, оценку ее устойчивости с помощью различных критериев, в том числе с использованием программного комплекса МВТУ.

В третьем задании необходимо рассмотреть один из датчиков для измерения неэлектрических величин (конструкцию, схему включения и статическую характеристику), и его применение при автоматизации тепловых процессов.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) Автоматизация тепловых процессов

### 7.1 Основная литература

№	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания	Режим доступа
1	Компьютерное моделирование [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности "Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем"	Н. А. Соловьев, В. В. Паничев	Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008 .— 115 с.	ЭБС « <b>Рукопт</b> » <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>  <a href="https://lib.rucont.ru/efd/193272">https://lib.rucont.ru/efd/193272</a>
2	Расчет параметров настройки цифровых регуляторов [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" очной и заочной форм обучения	П. Н. Грименицкий, А. Н. Лабутин, Б. А. Головушкин	ГОУ ВПО Ивановский гос. хим-технол. ун-т. - Электрон. дан. - Иваново : [б. и.], 2008	ЭБС « <b>Рукопт</b> » <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>  <a href="https://lib.rucont.ru/efd/142129">https://lib.rucont.ru/efd/142129</a>

### 7.2 Дополнительная литература

№	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания	Режим доступа
1	Статистические методы и модели [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности "Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем"	В. Н. Костин, Н. А. Тишина	ГОУ ВПО Оренбургский гос. ун-т. - Электрон. дан. - Оренбург : [б. и.], 2004	ЭБС « <b>Рукопт</b> » <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>  <a href="https://lib.rucont.ru/efd/213076">https://lib.rucont.ru/efd/213076</a>
2	<b>Автоматизация адаптивного управления производством на предприятии</b> [Электронный ресурс] :	[М. В. Андреев и др.]	Поволжский гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Электрон. дан. - Самара	ЭБС « <b>Рукопт</b> » <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>  <a href="https://lib.rucont.ru/efd/278730">https://lib.rucont.ru/efd/278730</a>

	учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 230105 – «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»		: [б. и.], 2009	
3	Ознакомление с учебной гибкой производственной системой [Электронный ресурс] : методические указания для студентов всех форм обучения по направлениям: 230100.62, 230100.68 Информатика и вычислительная техника, 220700.62, 220700.68 Автоматизация технологических процессов и производств	А. И. Сергеев, М. А. Корнипаев, А. С. Русяев	Оренбургский гос. ун-т. - Электрон. дан. - Оренбург : [б. и.], 2012	ЭБС «Руконт» <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>  <a href="https://lib.rucont.ru/efd/187891">https://lib.rucont.ru/efd/187891</a>
4	<b>Системы автоматизации и управления</b> [Электронный ресурс] : лабораторный практикум : [по специальности 22030165 (210200 "Автоматизация технологических процессов и производств")]	сост.: И. Н. Терюшов, В. А. Фафурин	Электрон. дан. - Казань : КГТУ, 2007	ЭБС «Руконт» <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>  <a href="https://lib.rucont.ru/efd/260982">https://lib.rucont.ru/efd/260982</a>

### 7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Электронно-библиотечная система (ЭБС) ФГБОУ ВО ИжГСХА  
<http://portal.izhgsha.ru>

Электронно-библиотечная система Руконт <http://rucont.ru>

### 7.4 Методические указания по освоению дисциплины

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, размещенной на портале и просмотреть основную литературу, приведенную в рабочей программе в разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». Книги, размещенные в электронно-библиотечных системах доступны из любой точки, где имеется выход в «Интернет», включая домашние компьютеры и устройства, позволяющие работать в



сети «Интернет». Если выявили проблемы доступа к указанной литературе, обратитесь к преподавателю (либо на занятиях, либо через портал академии).

Для изучения дисциплины необходимо иметь чистую тетрадь для выполнения заданий. Перед началом занятий надо бегло повторить материал из курсов дисциплин «Электроника», «Метрология», ТОЭ.

Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо подойти к преподавателю и получить индивидуальное задание по пропущенной теме.

Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения своих задач, не обязательно связанных с программой дисциплины.

Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением решать конкретные технические задачи по разработке, настройке и эксплуатации систем автоматического регулирования, а также выявлять возникшие проблемы.

Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки рекомендуется использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, а также на производственной практике.

### ***7.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)***

Поиск информации в глобальной сети Интернет  
Работа в электронно-библиотечных системах  
Работа в ЭИОС вуза (работа с порталом и онлайн-курсами в системе moodle.izhgsha.ru)  
Мультимедийные лекции  
Работа в компьютерном классе  
Компьютерное тестирование

*При изучении учебного материала используется комплект лицензионного программного обеспечения следующего состава:*

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

3. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «КонсультантПлюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.

*Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:*

Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «КонсультантПлюс». «1С:Предприятие 8 через Интернет для учебных заведений» (<https://edu.1cfresh.com/>) со следующими приложениями: 1С: Бухгалтерия 8, 1С: Управление торговлей 8, 1С:ERP Управление предприятием 2, 1С: Управление нашей фирмой, 1С: Зарплата и управление персоналом. Облачный сервис.

## **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной компьютер, проектор, доска, экран.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий).

Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной компьютер, проектор, доска, экран.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий).

Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной ноутбук, лабораторное оборудование: Лабораторный стенд "Исследование цифрового терморегулятора ТРЭ 105-02"; Лабораторный стенд "Исследование систем 2-х позиционного регулирования"; Лабораторный стенд "Исследование электромагнитных реле"; Лабораторный стенд "Синтез одноконтурных систем"; Лабораторный стенд "Исследование микропроцессорного программируемого терморегулятора ТРМ 10 РС"; Лабораторный стенд "Исследование датчиков автоматики"; Лабораторный стенд "Изучение динамических характеристик типовых звеньев"

Помещение для самостоятельной работы.

Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

## 9. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### ФАКУЛЬТЕТ ЗАОЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Семестр	Количество часов						Всего
	Аудиторных	Самост. работа	Лекций	Лабораторных	Практических	Промежуточная аттестация	
Курс 3 Сессия 2	8	64	4	4	-	-	72
Курс 4 Сессия 1	4	28	-	-	4	4-Зачет	36
Итого	12	92	4	4	4	4	108

#### 1.1. Структура дисциплины

№ п/п	Недели семестра	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)					СРС	Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС
			всего	лекция	практические занятия	лаб. занятия	семинары		
			<b>108</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>92</b>	
1	1	Введение. Цели и задачи курса. Методы управления технологическими объектами. Основные понятия и термины систем автоматического управления (САУ). Пример САУ. Функциональная схема САУ.	8	2				4	Проработка лекционного материала.
2	2	Принципы автоматического управления: по отклонению и возмущению. Примеры. Классификация САУ	10			2		6	Зачет по лабораторным и практическим занятиям, выполнение самостоятельной работы
3	3	Статические и динамические характеристики САУ. Передаточная функция линейной системы. Частотные характеристики линейных систем.	9		1			8	Зачет по лабораторным и практическим занятиям, выполнение самостоятельной работы
4	4	Построение частотных ха-	9		1			8	Зачет по лабора-

		ракретистик.							торным и практи- ческим занятиям, выполнение само- стоятельной рабо- ты
5	5	Типовые звенья и их ха- рактеристики.	6					6	Проработка лекци- онного материала
6	6	Структурные схемы САУ и их преобразование.	6					6	Проработка лекци- онного материала
7	7	Последовательное, парал- лельное, встречно- параллельное соединение звеньев.	6					6	Проработка лекци- онного материала
8	8	Устойчивость САУ. Усло- вия устойчивости линей- ных систем. Корневой и алгебраические критерии устойчивости.	9	1				8	Экспресс-опрос на лекции. Выполне- ние самостоятель- ной работы
9	9	Частотные критерии устойчивости. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста. Запасы устой- чивости.	9		1			8	Зачет по лабора- торным и практи- ческим занятиям
10	10	Качество регулирования САУ. Показатели качества регулирования. Прямые методы оценки качества регулирования. Косвенные методы оценки качества регулирования: частотные, интегральные.	11		1	2		8	Зачет по лабора- торным и практи- ческим занятиям
11	11	Методы улучшения каче- ства регулирования.	6					6	Проработка лекци- онного материала
12	12	Объекты управления и их свойства. Аккумулирую- щая способность, самовы- равнивание, запаздывание. Методы определения по- стоянной времени.	7	1				6	Экспресс-опрос на лекции. Выполне- ние самостоятель- ной работы
13	13	Определение вида переда- точной функции по кривой разгона. САУ дискретного действия на базе микро- контроллера. Автоматиче- ские регуляторы.	6					6	Проверка расчетно- графической рабо- ты
14	14	Методика выбора и настройки автоматического регулятора.	6					6	Зачет по дисци- плине
15		Промежуточная аттестация	4						Зачет
Итого			<b>108</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>92</b>	<b>4 (зачет)</b>

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации студентов  
по итогам освоения дисциплины

## **Автоматизация тепловых процессов**

**Направление подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»**

**Профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»**

**Квалификация выпускника – бакалавр**

**Форма обучения – очная, заочная**

## **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Цель промежуточной аттестации - проверка степени усвоения студентами учебного материала за время изучения дисциплины, уровня сформированности компетенций после завершения изучения дисциплины.

Студенту необходимо представить отчеты по выполненным лабораторным работам и расчетно-графической работе.

Аттестация проходит в форме зачета. При полностью выполненных заданиях и ответах на вопросы студент может получить максимальную оценку «зачтено».

Задачи промежуточной аттестации:

1. Определение уровня усвоения учебной дисциплины;
2. Определение уровня сформированности элементов профессиональных компетенций.

### **ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства для проверки знаний (1-й этап)	Оценочные средства для проверки умений (2-й этап)	Оценочные средства для проверки владений (навыков) (3-й этап)
1.	Основные сведения о системах автоматического управления	ОПК-2	п. 3.1.1	п. 3.2.1	п. 3.3.1
2.	Математическое описание элементов и систем автоматизации тепловых процессов	ОПК-2	п. 3.1.2	п. 3.2.2	п. 3.3.2
3.	Анализ систем автоматизации тепловых процессов и их элементов	ОПК-2	п. 3.1.3	п. 3.2.3	п. 3.3.3
4	Автоматические регуляторы	ОПК-2	п. 3.1.4	п. 3.2.4	п. 3.3.4

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень профессиональных компетенций и этапы их формирования

Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать (1-й этап)	Уметь (2-й этап)	Владеть (3-й этап)
ОПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	основные методики определения параметров систем автоматического регулирования тепловых процессов	использовать технические средства автоматизации в области профессиональной деятельности	основными методами определения параметров систем автоматического регулирования тепловых процессов

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятельности:

***производственно-технологическая деятельность:***

- участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- контроль соблюдения экологической безопасности на производстве;

***монтажно-наладочная деятельность:***

- участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования в целом, а также изделий, узлов, систем и деталей в отдельности;

***сервисно-эксплуатационная деятельность:***

- обслуживание технологического оборудования;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- основные законы термодинамики и тепломассообмена в электротехнологических установках;
- современные способы преобразования электрической энергии;



- основные сведения о системах и элементах автоматики и автоматизации электротехнологических установок.

Уметь:

- выбирать рациональный способ преобразования электрической энергии исходя из заданных эксплуатационных свойств;
- разрабатывать мероприятия по повышению безопасности и экологичности электротехнологического оборудования;
- пользоваться глобальными информационными ресурсами и современными средствами телекоммуникаций;

Владеть:

- опытом выполнения эскизов и технических чертежей деталей и сборочных единиц машин;
- методикой выбора конструкционных материалов для изготовления электротехнологического оборудования;
- методами контроля качества продукции и технологических процессов;
- средствами и методами повышения безопасности и экологичности технических средств и технологических процессов.

## **2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ**

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения дисциплины оценивается по шкале:

- *удовлетворительно*, является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- *хорошо*, характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *отлично*, характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для оценки сформированности компетенций в рамках дисциплины в целом, преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в ответах студента на экзаменационные вопросы, решение задач, а также результаты участия в научной работе, олимпиадах и конкурсах.

Показателями уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования являются:

### **1-й этап (уровень знаний):**

- Умение отвечать на основные вопросы и тесты на уровне понимания сути – удовлетворительно (3).
- Умение грамотно рассуждать по теме задаваемых вопросов – хорошо (4)
- Умение формулировать проблемы по сути задаваемых вопросов – отлично (5)

### **2-й этап (уровень умений):**

- Умение решать простые задачи с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение решать задачи средней сложности – хорошо (4).
- Умение решать задачи повышенной сложности, самому ставить задачи – отлично (5).

### **3-й этап (уровень владения навыками):**

- Умение формулировать и решать задачи из разных разделов с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение находить проблемы, решать задачи повышенной сложности – хорошо (4).
- Умение самому ставить задачи, находить недостатки и ошибки в решениях – отлично (5).

Критерии оценивания уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования при проведении зачета определяются по системе: *«незачтено»*, *«зачтено»*.

### **3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

#### **3.1 Типовые задания для оценки знаний, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (1-й этап)**

##### **3.1.1 Модуль 1. Основные сведения о системах автоматического управления**

1. Укажите особенности автоматизации тепловых процессов.
2. Перечислите основные виды автоматизации технологических процессов.
3. Дайте определение системы автоматического управления (САУ).
4. По каким признакам классифицируются САУ?
5. Из каких блоков состоит САУ?
6. Что такое обратная связь? Виды обратной связи.
7. Какая обратная связь в основном используется в САУ?
8. Какие воздействия имеют место при работе САУ?

##### **3.1.2 Модуль 2. Математическое описание элементов и систем автоматизации тепловых процессов**

1. Для каких целей используется статическое и динамическое описание САУ и ее элементов?
2. Что такое статическая характеристика САУ и ее элементов, как она строится?
3. Что такое временная характеристика? Для каких целей она используется?
4. Какие типовые входные воздействия используются при описании САУ и ее элементов?
5. Что понимают под передаточными функциями и с какой целью они используются?
6. Что такое частотные характеристики и с какой целью они используются?
7. В чем преимущества логарифмических частотных характеристик?
8. Дайте определение типового динамического звена.
9. Какие типовые динамические звенья используются при описании САУ тепловыми процессами?

##### **3.1.3 Модуль 3. Анализ систем автоматизации тепловых процессов и их элементов**

1. Какими показателями характеризуется работа САУ?
2. Дайте определение устойчивости САУ.
3. Поясните устойчивость САУ на примерах.
4. Какие алгебраические критерии устойчивости используются при оценке работы САУ?
5. В чем суть критерия Гурвица?
6. Какие частотные критерии устойчивости используются для анализа САУ?
7. Что такое запасы устойчивости САУ и как они определяются?

8. По каким показателям оценивается качество регулирования САУ? Приведите примеры.

### **3.1.4 Модуль 4. Автоматические регуляторы**

1. Что такое автоматический регулятор?
2. Какие блоки содержит автоматический регулятор?
3. По каким признакам классифицируются автоматические регуляторы?
4. Приведите примеры автоматических регуляторов по виду регулируемого параметра.
5. Приведите примеры автоматических регуляторов по характеру воздействия на объект управления.
6. Приведите примеры автоматических регуляторов по конструктивному исполнению.
7. Какие виды автоматических регуляторов используются в САУ тепловыми процессами?

## **3.2 Типовые задания для оценки умений, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (2-й этап)**

### **3.2.1 Модуль 1. Основные сведения о системах автоматического управления**

1. Приведите функциональную схему САУ и поясните ее принцип действия.
2. Как влияет транспортное запаздывание на работу САУ?
3. Перечислите свойства объектов управления и укажите их влияние на работу САУ.
4. Какой вид запаздывания характеризует постоянная времени?
5. Как влияет аккумулирующая способность объекта управления на работу САУ?
6. Почему в САУ в основном используется отрицательная обратная связь?
7. Как зависит чувствительность САУ к внешним воздействиям от коэффициента емкости?
8. Даны два объекта управления. Первый объект имеет коэффициент емкости  $c_1=200$ , а у второго коэффициент емкости  $c_2=500$ . В каком объекте управления будет медленнее изменяться управляемая величина под действием регулирующего и возмущающего воздействий.

### **3.2.2 Модуль 2. Математическое описание элементов и систем автоматизации тепловых процессов**

1. Динамические свойства каких объектов автоматизации тепловых процессов близки к свойствам типовых динамических звеньев?
2. Каким элементарным звеном можно описать производственное помещение по каналу «мощность теплового потока – температура внутри помещения» в первом приближении?
3. Приведите примеры объектов теплоэнергетики, описываемых усилительным звеном. Поясните их свойства.
4. Приведите примеры объектов теплоэнергетики, описываемых апериодическим звеном первого порядка. Поясните их свойства.
5. Приведите примеры объектов теплоэнергетики, описываемых апериодическим звеном второго порядка. Поясните их свойства.

### **3.2.3 Модуль 3. Анализ систем автоматизации тепловых процессов и их элементов**

1. Что понимают под постоянной времени объекта управления? Какова методика ее определения?
2. Что понимают под постоянной времени апериодического звена первого порядка, и каков ее физический смысл?
3. Какими методами можно определить постоянную времени апериодического звена первого порядка и апериодического звена второго порядка?
4. АФЧХ разомкнутой САУ пересекает действительную ось в точке  $(-0,7)$ . Будет ли данная замкнутая САУ устойчива?
5. Коэффициент демпфирования (затухания) типового звена второго порядка равен 1,2. Какое это звено? Приведите его переходную характеристику.
6. Коэффициент демпфирования (затухания) типового звена второго порядка равен 0,3. Какое это звено? Приведите его переходную характеристику.
7. Поясните методику определения времени регулирования САУ по переходной характеристике.
8. Какая из двух САУ будет ближе к границе устойчивости, если первая САУ имеет перерегулирование, равное 16%, а вторая имеет перерегулирование, равное 24%?

### 3.2.4 Модуль 4. Автоматические регуляторы

1. В чем суть 2-х позиционного регулирования? Изобразите переходную характеристику двухпозиционного автоматического регулятора.
2. Дайте сравнительную характеристику 2-х и 3-х позиционного регулирования.
3. Как изменится частота включения исполнительного механизма, если увеличить дифференциал регулятора? Как при этом изменится качество регулирования?
4. Чем количественно характеризуется тепловая инерционность датчика температуры, от чего она зависит и как влияет на качество регулирования? Пояснить графически.
5. По каким показателям выбирается автоматический регулятор, и какие виды настроек он имеет?
6. Как зависит характер установившегося процесса САУ от изменения зоны нечувствительности?
7. Что понимают под статической характеристикой позиционного регулятора? Приведите примеры этих характеристик.
8. Какой вид имеет статическая характеристика двухпозиционного регулятора?
9. Какова методика расчета (выбора) параметров автоматического регулятора?

## **3.3 Типовые задания для оценки навыков, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (3-й этап)**

### 3.3.1 Модуль 1. Основные сведения о системах автоматического управления

1. Чему будет равен коэффициент передачи замкнутой САУ, если все блоки схемы имеют коэффициент передачи, равный 1.
2. Определить транспортное запаздывание в САУ при поступлении в топку по транспортеру угля, если длина транспортера равна 14 м, а скорость перемещения угля равна 0,2 м/с.
3. Для расчета показателей качества работы установки необходимо определить параметры передаточной функции термометра сопротивления. Для этого скачком изменили температуру с 20 до 220 °С и получили следующие приращения сопротивления во времени

T, с	0	10	20	30	60	120	180	240	300
$\Delta R$ , Ом	0	0,14	0,24	0,34	0,54	0,74	0,82	0,84	0,86

Постройте кривую переходного процесса и по ней определите вид и параметры передаточной функции датчика.

4. Дана функциональная схема САУ. Чему будет равен коэффициент передачи замкнутой САУ, если все блоки схемы в цепи прямой связи имеют коэффициенты передачи, равные 2, а коэффициент передачи в цепи обратной связи равен 0,2?
5. Дана САУ, работающая по пропорциональному закону. Чему равен сигнал на выходе усилительно-преобразующего устройства, имеющего коэффициент передачи, равный 8, если сигнал ошибки регулирования составляет 0,1 В.

### 3.3.2 Модуль 2. Математическое описание элементов и систем автоматизации тепловых процессов

1. Построить ЛАЧХ и ЛФЧХ апериодического звена первого порядка при  $k = 500$  и  $T = 0,1$  с.
2. Для апериодического звена первого порядка оценить несоответствие амплитуд асимптотической и реальной ЛАЧХ на частоте сопряжения.
3. Построить частотные характеристики апериодического звена первого порядка при  $k = 40$  и  $T = 0,05$  с.
4. Для апериодического звена первого порядка определить наклон ЛАЧХ на частотах, превышающих частоту сопряжения.
5. Характеристическое уравнение САУ имеет вид:  $X^3 + 2X^2 + 3X + 10 = 0$ .
6. Определить устойчивость САУ по критерию Вышнеградского. Если система неустойчива, определить при каком значении коэффициента  $a_4$  система перейдет в устойчивое состояние.

### 3.3.3 Модуль 3. Анализ систем автоматизации тепловых процессов и их элементов

1. Дана переходная характеристика апериодического звена первого порядка. Определите постоянную времени методом касательной, методом «0,632» и экспресс-методом.
2. Определите перерегулирование САУ, если максимальное значение температуры во время переходного процесса составило  $42^\circ\text{C}$ , установившееся значение составило  $36^\circ\text{C}$ .
3. Чему будет равна установившаяся статическая ошибка САУ температуры, если установившееся значение составило  $62,5^\circ\text{C}$ , а заданная температура была  $63^\circ\text{C}$ .
4. АФЧХ разомкнутой САУ пересекает действительную ось в точке  $(-0,7)$ . Будет ли САУ устойчива? Какой запас устойчивости по амплитуде имеет замкнутая САУ?
5. Какая из двух замкнутых САУ будет более устойчива, если у первой САУ запас устойчивости по фазе составил  $47^\circ$ , а у второй САУ составил  $64^\circ$ ? При этом запасы устойчивости по амплитуде этих САУ равны.
6. Как определить время регулирования САУ по переходной характеристике?
7. Как выбирается зона нечувствительности САУ по переходной характеристике, если она не задана?
8. Дана переходная характеристика замкнутой САУ. Определите время регулирования САУ.

### 3.3.4 Модуль 4. Автоматические регуляторы

1. С помощью регулятора температуры поддерживается температура  $t_3 = 4^\circ\text{C}$ . Датчик регулятора имеет чувствительность  $14000 \text{ Ом}/^\circ\text{K}$ . Можно ли его заменить другим датчиком этого же типа, имеющим статическую характеристику вида  $R = 9,8 \cdot 10^{-5} \cdot e^{(5300/T)}$  и ту же инерционность, что и вышедший из строя датчик.

2. Постройте по приведенным данным статическую характеристику датчика температуры и определите коэффициент чувствительности в рабочей точке, равной 42°. Экспериментально полученные точки (температура в градусах, сопротивление датчика в кОмах) имеют следующие значения: 1. (20, 3,00); 2. (40, 1,62); 3. (60, 0,98); 4. (80, 0,65); 5. (100, 0,41).
3. Определите аналитически коэффициент чувствительности датчика температуры, имеющего следующий вид статической характеристики:  $R = R_{\infty} \cdot e^{\frac{B}{T+273}}$  при  $R_{\infty} = 0,02 \text{ кОм}$ ,  $B=45 \text{ кОм/}^{\circ}\text{К}$ ,  $T=7^{\circ}\text{C}$ .
4. Найти коэффициент статизма САУ уровнем воды, если при изменении расхода воды на 100 л, уровень воды уменьшился на 0,2 м? При этом номинальные значения уровня и расхода воды составляют соответственно 5 м и 500 л.
5. Емкость бака в САУ уровнем воды равна 10000л, а высота бака равна 4 м. Чему равен коэффициент емкости объекта управления.
6. Экспериментальная кривая переходного процесса теплицы представлена числовым массивом, сведенным в таблицу. Числовой массив приведен в относительных единицах. Входным воздействием является единичный ступенчатый сигнал равный 10 относительным единицам. Определить общий вид передаточной функции теплицы, как объекта управления и его параметры.

В	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
У	0	4	11	22	33	44	51	55	57	58	59	60

## Вопросы для подготовки к зачету

1. Понятие о теории автоматического управления, автоматизации, ее видах; особенности и задачи автоматизации в теплоэнергетике.
2. Основные понятия и термины автоматического управления.
3. Структурная схема САУ. Обратные связи.
4. Классификация САУ. Критерии: принцип автоматического управления, алгоритм функционирования, характер воздействия регулятора на объект управления.
5. Классификация САУ. Критерии: закон управления, наличие статической ошибки.
6. Режимы работы функциональных элементов и САУ. Типовые воздействия в ТАУ.
7. Передаточная функция. Пример расчета передаточной функции типового звена. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением, временными диаграммами, частотными характеристиками.
8. Частотные характеристики (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ).
9. Логарифмические частотные характеристики.
10. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (усилительное, апериодическое звено первого порядка).
11. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (дифференцирующее и интегрирующее).
12. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (колебательное и консервативное).
13. Типовые звенья автоматики и виды их описаний (апериодическое звено второго порядка, звено запаздывания).
14. Соединение функциональных элементов в структурно-алгоритмических схемах.
15. Преобразование структурно-алгоритмических схем.
16. Устойчивость линейных систем. Классический (корневой критерий устойчивости).
17. Алгебраические критерии устойчивости.
18. Частотные критерии устойчивости.
19. Свойства объектов управления. Аккумулирующая способность, самовыравнивание и запаздывание.
20. Методика определения передаточных функций объектов регулирования.
21. Качество регулирования САУ. Прямые и интегральные методы оценки качества регулирования.
22. Качество регулирования САУ. Частотные и корневые методы оценки качества регулирования.
23. Методы улучшения качества регулирования САУ с помощью дифференцирующих и интегрирующих звеньев.
24. Синтез корректирующих звеньев методом желаемой ЛАЧХ.
25. Построение графика процесса регулирования методом трапеций.
26. Классификация автоматических регуляторов. Методика выбора и расчета непрерывного автоматического регулятора.
27. Влияние устройства воздействия (исполнительного механизма) на работу автоматического регулятора.
28. Допущения и ограничения, принимаемые при выборе и расчете автоматических регуляторов.
29. Сравнительная характеристика автоматических регуляторов.
30. САУ дискретного действия на базе микроконтроллера.



#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Результаты обучения (этапы формирования компетенций)	Компетенции	Содержание оценочных заданий для выявления сформированности компетенций у студентов по завершении освоения дисциплины (уровень освоения)	
		Не зачтено	Зачтено
<p><b>Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины</b> (1-й этап):</p> <p>основные сведения о системах и элементах автоматизации теплотехнических установок; основы теории автоматического управления, теплотехнические объекты как объекты управления, их основные особенности; управление технологическими объектами в режимах пуска, остановки и нормальной эксплуатации.</p>	ОПК-2	<p>Фрагментарные знания в области системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий.</p> <p>Отсутствие знаний</p>	<p>Сформированные, содержащие отдельные пробелы, знания в области системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий.</p>
<p><b>Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины</b> (2-й этап):</p> <p>выбирать рациональные законы регулирования в САУ; контролировать работу системы САУ теплотехническими объектами;</p> <p>разрабатывать мероприятия по повышению безопасности и экологичности теплотехнического оборудования;</p> <p>пользоваться глобальными информационными ресурсами и современными средствами телекоммуникаций</p>	ОПК-2	<p>Фрагментарное умение применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий.</p> <p>Отсутствие умений</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий.</p>

<p><b>Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (3-й этап):</b>  Владеть методикой выбора настроек автоматических регуляторов теплотехническими объектами; опытом выполнения схем САУ; методами контроля качества работы САУ; средствами и методами повышения безопасности и экологичности технических средств и технологических процессов.</p>	ОПК-2	Фрагментарное применение навыков использования системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий. Отсутствие навыков	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков использования системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий.
--	-------	---	---

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.







Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по дисциплине, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций, обучающихся предусматривается зачет.

Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций, обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он выполнил требования программы практики; форма и содержание отчета соответствует требованиям; индивидуальное задание имеет полное освещение в отчете; исчерпывающе и логически стройно его излагает; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка «незачтено» выставляется обучающемуся, который не выполнил требования программы практики в полном объеме, форма и содержание отчета не соответствует заданию, низкое качество оформления отчетной документации, не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номер измененного листа	Дата внесения изменения и номер протокола	Подпись ответственного за внесение изменений
1	23, 24, 25, 26, 27	23.06.2017 №9	
2	23, 24, 25, 26, 27	20.06.2018 №7	
3	23, 24, 25, 26, 27	17.06.2019 №10	
4	23, 24, 25, 26, 27	30.08.2019 №1	
5	23, 24, 25, 26, 27	27.08.2020 №1	
6	23, 24, 25, 26, 27	20.11.2020 №3	
7	23, 24, 25, 26, 27	31.08.2021 №1	