



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института  
энергетики и автоматизированных систем

С.И. Лукьянов

« 26 » сентября 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И  
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль программы)

Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Автоматизированных систем управления  
5

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 01.10.2015 № 1081.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизированных систем управления

5 сентября 2018 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / С.М. Андреев/

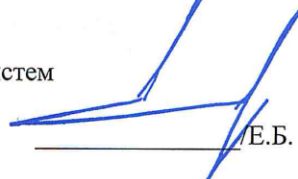
Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

26 сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов/

Согласовано:

Зав. кафедрой теплотехнических и энергетических систем

  
/ Е.Б. Агапитов /

Рабочая программа составлена:

старший преподаватель кафедры АСУ

 / Е.Ю. Мухина/

Рецензент:

к.т.н., зам. директора ЗАО «Консом СКС»

  
/ Ю.Н. Волщук /





## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» является формирование у студентов общих представлений об автоматизации теплоэнергетических и теплотехнических объектов, функциях и составе автоматизированных систем управления технологическими процессами, способах измерения теплофизических параметров, способах сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией; изучение основ сертификации; поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представление ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

Для достижения поставленной цели в дисциплине «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» решаются следующие задачи:

- изучить принципы действия, устройство типовых измерительных приборов;
- изучить правовые основы сертификации;
- изучить основы теории автоматического управления и управления теплотехническими объектами;
- изучить функции, содержание и назначение математического, программного, метрологического, организационного обеспечения АСУ ТП.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.Б.20 «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, профиль – Энергообеспечение предприятий. Дисциплина изучается в седьмом семестре.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин:

- Б1.Б.09 «Математика»;
- Б1.Б.10 «Физика»;
- Б1.Б.13 «Информатика»;
- Б1.В.15 «Метрология»;
- Б1.В.ДВ.05.01 «Высокотемпературные процессы и установки».

Перед началом изучения дисциплины студент должен обладать следующими знаниями, умениями и навыками:

*знать:*

- основы дифференциального и интегрального исчисления, функций одной и нескольких переменных, аналитической геометрии и линейной алгебры;
- основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений, интегральных преобразований, численных методов, элементы теории функций комплексной переменной;
- сущность и значение информации в развитии современного информационного общества;
- теоретические основы метрологии, обеспечения единства измерений и достижения требуемой точности;
- методы и средства измерения теплофизических параметров;
- принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;
- тепловые процессы, протекающие в технологическом оборудовании котельных установок, парогенераторов, тепловых промышленных печей;

*уметь:*

- использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;
- применять методики выполнения измерений с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений
- использовать компьютер как средство работы с информацией, работать в основных математических программах и приложениях;
- обобщать, анализировать, воспринимать информацию, формулировать цели и выбирать пути ее достижения.

*владеть:*

- методами дифференцирования, интегрирования функций, численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем;
- основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации;
- навыками работы с компьютером как средством управления информацией;
- методами измерений, обработки результатов и расчета погрешностей измерений
- способностью к проведению экспериментов по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

Знания (умения, навыки), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин:

- Б1.В.13 - «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии»;
- Б2.В.03(П) – «Производственная – преддипломная практика»;
- Б3.Б.02 – «Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы».

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОПК-1 Способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</b>	
Знать	- основные методики поиска и источники научной информации, способы представления информации в требуемом формате с использованием информационных и компьютерных технологий; - методики поиска и обработки информации из различных источников и представления ее в требуемом формате с использованием информационных и компьютерных технологий; - методики поиска и анализа информации из различных источников, и различные способы ее представления с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.
Уметь	– использовать литературные источники для подготовки обзоров и отчетов, оформлять научно-технические отчеты в соответствии с

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	требованиями; – обобщать информацию из различных литературных источников для подготовки обзоров по заданной тематике, оформлять научно-технические отчеты с использованием готовых шаблонов и макетов; – анализировать и обобщать информацию из различных литературных источников для подготовки обзоров по заданной тематике, определять структуру и оформлять научно-технические отчеты.
Владеть	– навыками работы в пакетах прикладных программ для оформления текстовой информации; – навыками работы с современными программными средствами для оформления текстовой информации; – методами и средствами представления текстовой информации с использованием современных технологий.
<b>ПК-1 Способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией</b>	
Знать	– перечень государственных и отраслевых стандартов для разработки проекта по АСУ энергообъектами; – необходимый объем технологических измерений и средств автоматического регулирования на отдельных участках проектируемых энергообъектов в соответствии с нормативной документацией; – необходимый объем технологических измерений, сигнализации, средств автоматического регулирования на проектируемых энергообъектах в соответствии с нормативной документацией.
Уметь	– производить сбор исходных данных, необходимых для выбора технических средств автоматизации проектируемого энергообъекта; – выбирать способ сбора и первичный анализ исходных данных для выбора технических средств автоматизации проектируемого энергообъекта; – комбинировать различные способы сбора и анализа исходных данных для выбора технических средств автоматизации проектируемого энергообъекта в соответствии с техническим заданием.
Владеть	– навыками формирования порядка действий для организации сбора и первичной обработки исходных данных для проектирования простых систем автоматизации и управления энергообъектами; – навыками использования нескольких способов сбора и анализа исходных данных для проектирования систем автоматизации и управления энергообъектами с использованием типовых проектных решений; – навыками комбинации нескольких способов сбора и анализа исходных данных для эффективного решения задач по проектированию систем автоматизации и управления энергообъектами.
<b>ПК-10 Готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов</b>	
Знать	- общие принципы автоматического управления технологическими процессами; - основные функции АСУ ТП и типовые законы автоматического регулирования технологическими процессами;

	- функции АСУ ТП и законы автоматического регулирования и управления технологическими процессами и область их применения.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– читать структурные и функциональные схемы систем автоматического контроля и управления технологическими процессами;</li> <li>– составлять типовые структурные и функциональные схемы локальных контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами;</li> <li>– составлять структурные и функциональные схемы локальных контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами.</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основными навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления;</li> <li>– навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления;</li> <li>– навыками контроля и управления технологическим процессом с помощью АСУ ТП.</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа, в том числе:

- контактная работа – 13,2 академических часов;
- аудиторная – 10 академических часов;
- внеаудиторная – 3,2 академических часов;
- самостоятельная работа – 122,1 академических часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 академических часов.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<b>Раздел 1. Технические измерения</b>	<b>5</b>							ОПК-1 зув ПК-1 -зув
<i>1.1 Метрологическое обеспечение технологических измерений. Поиск, хранение, обработка и анализ информации из различных источников и баз данных.</i>		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	
<i>1.2 Методы и средства измерения параметров технологического процесса</i>		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование	
<b>Итого по разделу</b>		-	-	-	<b>20</b>			
<b>Раздел 2. Основы сертификации</b>	<b>5</b>							ОПК-1 - зув ПК-1 - зув,
<i>2.1 Цели, объекты и правовые основы сертификации</i>		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование	
<i>2.2 Порядок проведения, схемы и системы сертификации</i>		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование	



Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<b>Итого по разделу</b>		-	-	-	<b>20</b>			
<b>Раздел 3. Основы теории автоматического управления</b>	<b>5</b>							ОПК-1 - зув ПК-1 – зув ПК-10 - зу
<i>3.1 Классификация и виды систем автоматического управления</i>		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование	
<i>3.2 Системы автоматического регулирования с типовыми регуляторами</i>		2	-	2/2	10	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к выполнению практических работ	Устный опрос Практические работы	
<i>3.3 . Свойства систем автоматического регулирования</i>		2	-	2/2	10	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к выполнению практических работ	Практические работы Тестирование Проверка инд. заданий	
<b>Итого по разделу</b>		<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4/4</b>	<b>30</b>			
<b>Раздел 4. Автоматизация тепловых процессов</b>	<b>5</b>							ОПК-1 - зув ПК-1 – зув ПК-10 - зув
<i>4.1 Особенности построения и функции АСУ ТП</i>		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	
<i>4.2 Комплексы технических средств АСУ ТП</i>		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Контрольная работа	
<i>4.3 . Проектирование энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Функциональные схемы</i>		2	-	-	12,1	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Контрольная работа	

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<i>автоматизации и управления тепловых процессов</i>								
4.4 Автоматизация паровых котлов		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	
4.5 Автоматизация нагревательных печей		-	-	-	10	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	
<b>Итого по разделу</b>		<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>52,1</b>			
<b>Итого по дисциплине:</b>		<b>6</b>	<b>-</b>	<b>4/4</b>	<b>122,1</b>		<b>Экзамен, контрольная работа</b>	

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» используются:

*Традиционные образовательные технологии* – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; практические занятия.

*Технологии проблемного обучения* – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; лабораторные работы с использованием проблемного обучение, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

*Информационно-коммуникационные образовательные технологии* – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний

Лекционный материал закрепляется в ходе практических занятий, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе выполнения контрольных работ и индивидуальных заданий, а также в процессе подготовки к устному опросу, тестированию и итоговой аттестации.

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала по современной измерительной технике;
- использование электронных учебников по отдельным темам занятий;
- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, контрольная работа, тестовый опрос, индивидуальная «защита» лабораторных работ и т.д.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение и защиту практических работ, решение контрольных задач.

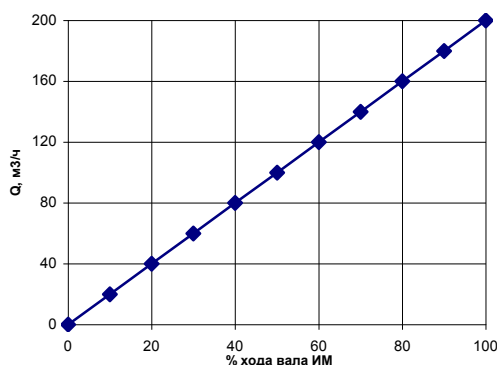
Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
Экспериментальное определение статической характеристики объекта управления	1. Что такое статическая характеристика объекта управления? 2. Какой режим системы управления является установившемся? 3. Определение коэффициента передачи объекта? 4. Чем отличается коэффициент передачи объекта от коэффициента усиления? 5. Порядок определения экспериментальных точек статической характеристики.
Экспериментальное определение динамической характеристики объекта управления	1. Дать определение динамической характеристики объекта управления. 2. Перечислить динамические параметры объекта управления. 3. Дать определение Коб. 4. Дать определение То. 5. Дать определение тз.
Переходный процесс в системе управления	1. Что такое переходный процесс? 2. Типы переходных процессов в системе управления? 3. Перечислите показатели качества переходных процессов.

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
	4. В каком режиме управления снимают переходный процесс? 5. Назовите настроечные параметры ПИ-регулятора.

### Пример варианта контрольной работы №1

1. Нарисовать схему автоматизации для стабилизации избыточного давления. (подобрать датчик давления, вторичный прибор, регулятор и т.д. объяснить назначение всех элементов системы).

2. Нарисовать кривую разгона для объекта, обладающего следующими параметрами  $\tau_3 = 5$  с,  $T_0 = 25$  с, изменение входного воздействия от 30 до 20 % хода вала ИМ. Статическая характеристика объекта имеет следующий вид. Определить  $k_{об}$ .



3. Интегральный закон регулирования. Написать закон, нарисовать кривую разгона. Какие сигналы подаются на вход регулятора, что является выходным сигналом. Область применения.

### Пример варианта контрольной работы №2

Определить, годен прибор к работе или нет, он работает на диапазоне  $X_B$ ,  $X_H$  (указанны в таблице). Отчет делений по прибору, производится через 10, начиная с  $X_H$ , до  $X_B$ . Класс точности прибора в таблице. Для получения результата определить: абсолютную, относительную и приведенную погрешности. Построить зависимость для определения вариации. Экспериментальные поверяемые точки назначить самостоятельно таким образом, чтобы в выводе значилось: прибор соответствует классу точности.

Вариант	$X_H$	$X_B$	Класс точности
1	-10	30	0,5
2	-20	20	1,0
3	0	50	1,5
4	10	60	2
5	20	70	0,5

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

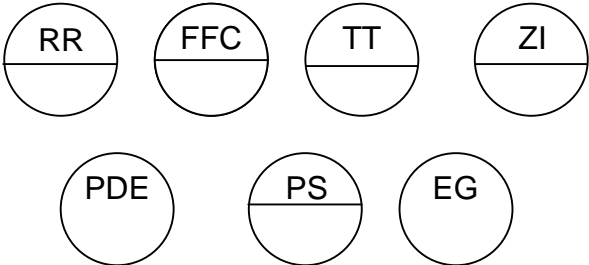
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-1 Способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</b>		
Знать	<p>– основные методики поиска и источники научной информации, способы представления информации в требуемом формате с использованием информационных и компьютерных технологий;</p> <p>– методики поиска и обработки информации из различных источников и представления ее в требуемом формате с использованием информационных и компьютерных технологий;</p> <p>– методики поиска и анализа информации из различных источников, и различные способы ее представления с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p>	<p><i>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Измерительные информационные системы</li> <li>2. Способы представления информации</li> <li>3. Компьютерные технологии, используемые при поиске информации</li> <li>4. Информационные технологии, используемые при поиске информации</li> <li>5. Методики поиска и обработки информации из различных источников</li> <li>6. Представление информации в требуемом формате</li> <li>7. Анализ информации из различных источников</li> <li>8. Сетевые технологии при сборе информации</li> </ol>
Уметь	<p>– использовать литературные источники для подготовки обзоров и отчетов, оформлять научно-технические отчеты в соответствии с требованиями;</p> <p>– обобщать информацию из различных литературных источников для подготовки обзоров по заданной тематике, оформлять научно-технические отчеты с использованием готовых шаблонов и макетов;</p>	<p><i>Примеры практических заданий:</i></p> <p><b>Задание 1.</b> Используя различные литературные источники дать определение каждому термину из следующей схемы.</p>

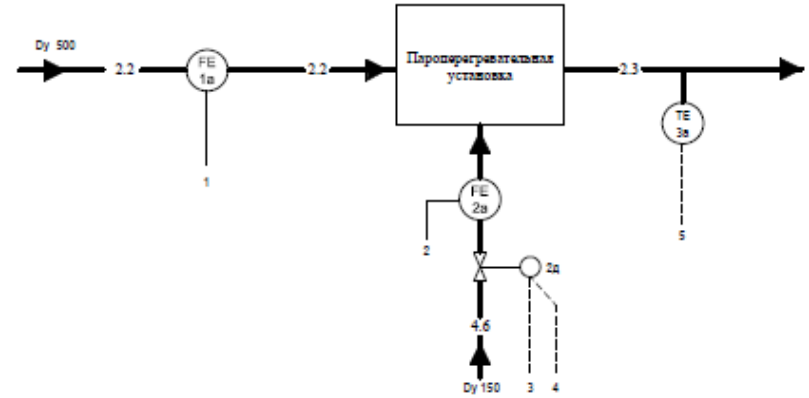
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																								
	– анализировать и обобщать информацию из различных литературных источников для подготовки обзоров по заданной тематике, определять структуру и оформлять научно-технические отчеты.	<p style="text-align: center;"><b>КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><b>По причинам появления</b></td> <td><b>По характеру проявления</b></td> <td><b>По закономерности проявления</b></td> <td><b>По характеру связи между величиной погрешности и уровнем сигнала</b></td> <td><b>По форме представления</b></td> </tr> <tr> <td>методическая</td> <td rowspan="2">статическая (основная и дополнительная)</td> <td>систематическая</td> <td rowspan="2">аддитивная</td> <td>абсолютная</td> </tr> <tr> <td>инструментальная</td> <td>случайная</td> <td rowspan="2">мультипликативная</td> <td>относительная</td> </tr> <tr> <td>вычисления</td> <td>динамическая</td> <td>грубая</td> <td rowspan="2">смешанная</td> <td>приведенная</td> </tr> <tr> <td>субъективная</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Задание 2.</b> Используя различные интернет источники дать определение каждому термину из следующей схемы.</p>	<b>По причинам появления</b>	<b>По характеру проявления</b>	<b>По закономерности проявления</b>	<b>По характеру связи между величиной погрешности и уровнем сигнала</b>	<b>По форме представления</b>	методическая	статическая (основная и дополнительная)	систематическая	аддитивная	абсолютная	инструментальная	случайная	мультипликативная	относительная	вычисления	динамическая	грубая	смешанная	приведенная	субъективная				
<b>По причинам появления</b>	<b>По характеру проявления</b>	<b>По закономерности проявления</b>	<b>По характеру связи между величиной погрешности и уровнем сигнала</b>	<b>По форме представления</b>																						
методическая	статическая (основная и дополнительная)	систематическая	аддитивная	абсолютная																						
инструментальная		случайная		мультипликативная	относительная																					
вычисления	динамическая	грубая	смешанная		приведенная																					
субъективная																										

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<p>–навыками работы в пакетах прикладных программ для оформления текстовой информации;</p> <p>–навыками работы с современными программными средствами для оформления текстовой информации;</p> <p>–методами и средствами представления текстовой информации с использованием современных технологий.</p>	<p><b>Примеры практических заданий:</b></p> <p><b>Задание 1.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Открыть текстовый документ Word и визуально ознакомиться с видом, в том числе с включением режима отображения всех знаков</li> <li>2. Пошагово задать следующие параметры документа:  Параметры страницы: <i>Поля: Верхнее — 1,5 см, Правое — 2 см, Нижнее — 1,5 см, Левое — 3 см; Ориентация — Книжная; Нумерация страниц — Снизу по центру.</i>  Параметры текста: <i>Шрифт — Times New Roman, Размер — 14, Первая строка — отступ — 1 см, Выравнивание — по ширине, Междустрочный — 1,5 строки, без интервалов до и после абзаца.</i></li> <li>3. Привести в порядок содержание документа по структуре: <ul style="list-style-type: none"> <li>–Введение</li> <li>–Основная часть</li> <li>–Выводы</li> </ul> </li> <li>4. Первый лист сделать титульным и оформить его с использованием картинки.</li> <li>5. Второй лист освободить под содержание (оглавление) и проделать работу для его автоматического создания.</li> <li>6. Вставить новую нумерацию страниц с параметрами: Внизу страницы, посередине, без номера на титульном листе</li> <li>7. Сохранить документ под новым названием.</li> </ol> <p><b>Задание 2.</b> В рамках задания изучить материал статьи «PDF в WORD (DOCX): 10 способов конвертирования!».  <a href="https://ocomp.info/pdf-v-word-10-sposobov-konvert.html">https://ocomp.info/pdf-v-word-10-sposobov-konvert.html</a></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбрать и установить на ПК одну из программ для конвертирования файла.</li> <li>2. Конвертировать любой выбранный вами файл <i>***.pdf</i> в формат <i>***.doc (docx)</i> и самостоятельно привести его в соответствие со следующими требованиями: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Параметры страницы: <i>Поля: Верхнее — 1,5 см, Правое — 2 см, Нижнее — 1,5 см, Левое — 3 см, Ориентация — Книжная.</i> Параметры текста: <i>Шрифт — TimesNewRoman, Размер — 14, Первая строка — отступ 1,25 см, Выравнивание — по ширине, Междустрочный — 1 строки, без интервалов до и после абзаца.</i></li> <li>– Отследите и удалите лишние пробелы, знаки табуляции и абзаца!</li> </ul> </li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><b>Задание 3.</b> Создать документ Microsoft Excel. Массив экспериментальных данных внести в электронную таблицу. Вычислить сумму по каждому параметру. Вычислить среднее значение каждого параметра. Построить диаграмму и график зависимости этих данных. Легенду расположить под осью абсцисс.</p>
<p><b>ПК-1 Способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией</b></p>		
Знать	<p>– перечень государственных и отраслевых стандартов для разработки проекта по АСУ энергообъектами; – необходимый объем технологических измерений и средств автоматического регулирования на отдельных участках проектируемых энергообъектов в соответствии с нормативной документацией; – необходимый объем технологических измерений, сигнализации, средств автоматического регулирования на проектируемых энергообъектах в соответствии с нормативной документацией.</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия сертификации</li> <li>2. Цели сертификации</li> <li>3. Задачи сертификации</li> <li>4. Правовые основы сертификации</li> <li>5. Системы сертификации и области их применения</li> <li>6. Объекты обязательной сертификации</li> <li>7. Объекты добровольной сертификации</li> <li>8. Схемы сертификации</li> <li>9. Порядок проведения сертификации</li> <li>10. Виды стандартов.</li> <li>11. Нормативные документы</li> <li>12. Государственные и отраслевые стандарты для разработки проекта по АСУ ТП</li> <li>13. Технические средства автоматизации</li> <li>14. Средства автоматического регулирования на проектируемых энергообъектах</li> </ol>
Уметь	<p>– производить сбор исходных данных, необходимых для выбора технических средств автоматизации проектируемого энергообъекта; – выбирать способ сбора и первичный анализ исходных данных для выбора технических средств автоматизации проектируемого энергообъекта;</p>	<p><b>Примеры практических заданий:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования температуры перегретого пара</li> <li>2. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования давления в парогенераторе</li> <li>3. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования расхода природного газа в промышленной печи проходного типа</li> <li>4. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура</li> </ol>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>– комбинировать различные способы сбора и анализа исходных данных для выбора технических средств автоматизации проектируемого энергообъекта в соответствии с техническим заданием.</p>	<p>регулирования температуры в колпаковой печи            5. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования давления пара в деаэраторе</p>
Владеть	<p>– навыками формирования порядка действий для организации сбора и первичной обработки исходных данных для проектирования простых систем автоматизации и управления энергообъектами;</p> <p>– навыками использования нескольких способов сбора и анализа исходных данных для проектирования систем автоматизации и управления энергообъектами с использованием типовых проектных решений;</p> <p>-- навыками комбинации нескольких способов сбора и анализа исходных данных для эффективного решения задач по проектированию систем автоматизации и управления энергообъектами.</p>	<p><b>Примеры практических задач:</b></p> <p><b>Задача 1.</b> Используя ГОСТ 21.208-2013 дать расшифровку следующим условным обозначениям средств автоматизации:</p> <div style="text-align: center;">  <p>The diagram shows seven circular symbols arranged in two rows. The top row contains four symbols labeled RR, FFC, TT, and ZI. The bottom row contains three symbols labeled PDE, PS, and EG. Each symbol is a circle with a horizontal line across its center, and the text is positioned above the line.</p> </div> <p><b>Задача 2.</b> Используя ГОСТ 21.408-2013 составить перечень основных рабочих чертежей проекта по автоматизации энергообъекта.</p> <p><b>Задача 3.</b> Используя ГОСТ 21.208-2013 пояснить объем технических средств на предложенной схеме автоматизации:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																														
		 <table border="1" data-bbox="1142 750 1948 1308"> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Приборы по месту</td> <td>PI 16</td> <td>PI 25</td> <td>Y 2c</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Щит КИП и А</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">           KI            HS SA    H SB    GI         </div> </td> <td>TR 36</td> </tr> <tr> <td>Контроллер</td> <td>Bi 0</td> <td>Bi 0</td> <td>Bi 0</td> <td>Bi 0</td> <td>Bi 0 PK</td> </tr> <tr> <td>Параметр</td> <td>Измерение расхода насыщенного пара</td> <td colspan="3">Регулирование расхода газа</td> <td>Измерение температуры перегретого пара</td> </tr> </table>		1	2	3	4	5	Приборы по месту	PI 16	PI 25	Y 2c			Щит КИП и А			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">           KI            HS SA    H SB    GI         </div>		TR 36	Контроллер	Bi 0	Bi 0	Bi 0	Bi 0	Bi 0 PK	Параметр	Измерение расхода насыщенного пара	Регулирование расхода газа			Измерение температуры перегретого пара
	1	2	3	4	5																											
Приборы по месту	PI 16	PI 25	Y 2c																													
Щит КИП и А			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">           KI            HS SA    H SB    GI         </div>		TR 36																											
Контроллер	Bi 0	Bi 0	Bi 0	Bi 0	Bi 0 PK																											
Параметр	Измерение расхода насыщенного пара	Регулирование расхода газа			Измерение температуры перегретого пара																											

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-10 Готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов</b>		
Знать	<p>– общие принципы автоматического управления технологическими процессами;</p> <p>– основные функции АСУ ТП и типовые законы автоматического регулирования технологическими процессами;</p> <p>– функции АСУ ТП и законы автоматического регулирования и управления технологическими процессами и область их применения.</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типовые динамические звенья. Статические и динамические характеристики типовых соединений элементов.</li> <li>2. Непрерывные законы регулирования (П, И, ПИ, ПД, ПИД - законы) и регуляторы, формирующие эти законы. Определение настроечных параметров типовых регуляторов.</li> <li>3. Регуляторы релейного действия: двухпозиционные, трехпозиционные.</li> <li>4. Показатели качества регулирования.</li> <li>5. Система автоматического регулирования (САР). Контур регулирования.</li> <li>6. Классификация систем регулирования и управления: АСУ, АСУП, АСУТП.</li> <li>7. Использование ЭВМ для формирования различных законов регулирования. Промышленные контроллеры и управляющие ЭВМ.</li> <li>8. Функции и назначение АСУ ТП.</li> <li>9. Проблемы управления теплоэнергетическими процессами.</li> <li>10. Принципы оптимального планирования и управления.</li> <li>11. Применение информационных и вычислительных сетей для совершенствования металлургических технологий и управления теплотехническими объектами.</li> <li>12. Функциональные схемы автоматизации тепловых процессов.</li> </ol>
Уметь	<p>– читать структурные и функциональные схемы систем автоматического контроля и управления технологическими процессами;</p> <p>– составлять типовые структурные и функциональные схемы локальных контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами;</p> <p>– составлять структурные и функциональные схемы локальных</p>	<p><b>Примеры практических заданий для экзамена:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования температуры в промышленной печи.</li> <li>2. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования давления в промышленной печи.</li> <li>3. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования расхода топлива в промышленной печи.</li> <li>4. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования соотношения топливо-воздух в промышленной печи.</li> <li>5. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования температуры в колпаковой печи.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами.	
Владеть	<p>– основными навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления;</p> <p>– навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления;</p> <p>– навыками контроля и управления технологическим процессом с помощью АСУ ТП.</p>	<p><b><i>Перечень практических работ</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет коэффициентов статической характеристики объекта управления методом наименьших квадратов.</li> <li>2. Определение динамических параметров объекта управления по кривой разгона.</li> <li>3. Составление структурной схемы контура управления тепловым процессом.</li> <li>4. Расчёт параметров настройки регулятора.</li> </ol>

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» включает самостоятельное выполнение контрольной работы, теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен проводится в устной форме по теоретическим вопросам и практическим заданиям.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся должен полно раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, чётко и правильно дать определения, привести доказательства на основе математических и логических выкладок, показать навыки исследовательской деятельности. Ответ должен быть самостоятельным, при ответе использованы знания, приобретённые ранее;

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся должен раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, в основном правильно дать основные определения и понятия предмета. При ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения, допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов, практические навыки нетвёрдые;

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся должен усвоить основное содержание материала. При ответе определения и понятия даны не чётко, допущены ошибки при промежуточных математических выкладках в выводах, практические навыки слабые;

– на оценку «неудовлетворительно» (2 баллов) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач. При ответе допущены грубые ошибки в определениях, доказательства теорем не проведено, не даны ответы на дополнительные вопросы преподавателя, отсутствуют навыки исследовательской деятельности;

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, основное содержание учебного материала не раскрыто.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Современные системы автоматизации и управления : учебное пособие / С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова, Е. Ю. Мухина, Т. Г. Сухоносова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=71.pdf&show=dcatalogues/1/1123963/71.pdf&view=true> (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM

2. Троценко, В.В. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии: учебное пособие для академического бакалавриата / В.В. Троценко, В.К. Федоров, А.И. Забудский, В.В. Комендантов. - Москва: Издательство Юрайт, 2019. - 136с. - ISBN 978-5-534-09938-6 - Текст : электронный. - URL: <https://urait.ru/viewer/sistemy-upravleniya-tehnologicheskimi-processami-i-informacionnye-tehnologii-438994#page/1> (дата обращения: 18.09.2020).

### **б) Дополнительная литература:**

1. Бондарева, А. Р. Информационные технологии в металлургии: учебное пособие / А. Р. Бондарева, В. В. Гребенникова, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2014. - 191 с. : ил., схемы, табл. - ISBN 978-5-9967-0438-5. – Текст: непосредственный (9 экз.)

2. Метрология. Теория измерений: учебник для академического бакалавриата / под общ. редакцией Т.И. Мурашкиной. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2019. - 167с. - ISBN 978-5-534-07295-2. - Текст : электронный. - URL: <https://urait.ru/viewer/metrologiya-teoriya-izmereniy-434719#page/1> (дата обращения: 18.09.2020).

3. Клепиков, В. В. Автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 208 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/18466](http://www.dx.doi.org/10.12737/18466). - ISBN 978-5-16-011109-4. - Текст : электронный. - URL: - <https://znanium.com/read?id=302903> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 224 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-535-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=362810> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

5. Мухина, Е. Ю. Проектирование автоматизированных систем: конспект лекций : учебное пособие / Е. Ю. Мухина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1154.pdf&show=dcatalogues/1/1121181/1154.pdf&view=true> (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

6. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015283-7. - Текст : электронный. - URL: - <https://znanium.com/read?id=359601> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

7. Андреев, С. М. Принципы построения и организации комплексов технических средств в системах автоматического управления. Курс лекций : учебное пособие / С. М. Андреев. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=920.pdf&show=dcatalogues/1/1118913/920.pdf&view=true> (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

8. Парсункин, Б. Н. Автоматизация технологических процессов и производств. Производство стали в мартеновских печах, двухванных агрегатах и кислородных конвертерах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, Т. Г. Сухоносова, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 264 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2913.pdf&show=dcatalogues/1/1134463/2913.pdf&view=true> (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

9. Парсункин, Б. Н. Автоматизация технологических процессов и производств в металлургии : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова ; под ред. Б. Н. Парсункина ; МГТУ, [каф. ПКиСУ]. - Магнитогорск, 2011. - 151 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=482.pdf&show=dcatalogues/1/1087745/482.pdf&view=true> (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

10. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления процессом выплавки чугуна в доменных печах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Т. Г. Сухоносова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 215 с. : ил., табл., схемы, граф., диагр., номогр., эскизы. - ISBN 978-5-9967-1208-3. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3635.pdf&show=dcatalogues/1/1524803/3635.pdf&view=true>

[5.pdf&view=true](#) (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

**в) Методические указания:**

1. Мухина, Е. Ю. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии : учебное пособие / Е. Ю. Мухина, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1156.pdf&show=dcatalogues/1/1121183/1156.pdf&view=true> (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM
2. Мухина, Е. Ю. Автоматизация технологических процессов : практикум / Е. Ю. Мухина, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 110 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3507.pdf&show=dcatalogues/1/1514313/3507.pdf&view=true> (дата обращения: 18.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
3. Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» Приложение 1.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций	Доска, мультимедийный проектор, экран
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения учебно-методической документации
Учебная аудитория для проведения практических занятий: компьютерный класс	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Учебная аудитория для проведения практических занятий: лаборатория метрологии и технологических измерений	Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– лабораторный стенд «Измерение расхода газа»;</li> <li>– лабораторный стенд «Проверка термодинамики»;</li> <li>– лабораторный стенд «Проверка прибора Диск-250, логометра Ш-4540/1 и прибора А-566»;</li> <li>– лабораторный стенд «Испытание и проверка КСП-3, вольтметра Ш-4540, прибора Диск-250»;</li> <li>– лабораторный стенд «Измерение уровня жидкостей»;</li> <li>– лабораторный стенд «Измерение уровня</li> </ul>



	<p>сыпучих материалов»;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– лабораторный стенд «Преобразователи давления Метран»;</li> <li>– лабораторный стенд «Статические и динамические характеристики объекта управления»</li> </ul> <p>Электронные плакаты по курсу "Основы метрологии и технические измерения" (136), ключ на 2 ПК.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения практических занятий: лаборатория автоматизации технологических процессов и производств</p>	<p>Лабораторные установки и приборы для выполнения лабораторных и практических работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– лабораторный стенд «Промышленные датчики», ПД-МАКС;</li> <li>– лабораторный стенд «Датчики технологической информации», ДТИ;</li> <li>– лабораторный стенд «Промышленные датчики расхода», ПДР-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя.</li> <li>– лабораторный стенд «Промышленные датчики температуры», ПДТ-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя.</li> <li>– лабораторный стенд «Промышленные датчики давления», ПДД-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя;</li> <li>– программируемый логический контроллер ПЛК-Siemens + ноутбук с предустановленным ПО от изготовителя;</li> <li>– лабораторный стенд «Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции», АТГСВ-09-11ЛР-01 + ноутбук с предустановленным ПО от изготовителя;</li> <li>– лабораторный стенд «Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения», АВИБ-У-01-12;</li> <li>– лабораторный стенд «ПЛК-Omron-4ОА-НН#»</li> <li>– лабораторный стенд «Основы автоматики», ОА-МР</li> </ul>

## **Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов»**

Контрольная работа выполняется по индивидуальным темам. Темы выбираются обучающимися самостоятельно и согласуются с преподавателем.

Готовая контрольная работа выкладывается на образовательный портал, проверяется преподавателем. Работа с замечаниями возвращается обучающемуся. После устранения замечаний работа распечатывается и предоставляется на кафедру.

*Контрольная работа должна содержать:*

- Титульный лист, выполненный по установленной форме
- Содержание
- Введение
- Раздел 1 Устройство (конструкция) и технология объекта управления
- Раздел 2 Система управления объектом
- Схема автоматизации (в приложении)
- Раздел 3 Выбор закона управления
  - 3.1 Статическая характеристика объекта управления (расчет коэффициентов методом наименьших квадратов: привести теорию метода, расчет и график полученной линии регрессии с указанием на нем экспериментальных точек)
  - 3.2 Динамические параметры объекта управления (дать определение всех динамических параметров объекта управления ( $K_{об}$ ,  $T_{об}$ ,  $\tau_3$ ) и по кривой разгона определить их графическим методом)
  - 3.3 Определение динамических параметров настройки регулятора по динамическим параметрам объекта (дать определение всех параметров динамической настройки регулятора ( $K_p$ ,  $T_{из}$ ,  $T_n$ ) и определить их для выбранного типа регулятора)
  - Список использованных источников (оформить по ГОСТ 7.1-2003)

*Примеры тем:*

1. Система автоматического регулирования давления пара в деаэраторе атмосферного типа на ПВЭС-1
2. Система автоматического регулирования соотношения коксового газа и воздуха в зоне термической печи №1 ПТЛ
3. Система автоматического регулирования температуры купола воздухонагревателя доменной печи
4. Система автоматического регулирования соотношения газ-воздух в методической печи стана 2500 ЛПЦ-4 ПАО «ММК»
5. Система автоматического регулирования температуры в зоне нагрева методической печи ЛПЦ-10 ПАО «ММК»
6. Система автоматического регулирования температуры в зоне нагревательной печи стана 2500 ЛПЦ-4 ПАО «ММК»
7. Система автоматического регулирования температуры в колпаковой печи ЛПЦ-5 ПАО «ММК»
8. Система автоматического регулирования температуры в зоне сушильной печи агрегата полимерных покрытий ПАО «ММК»
9. Система автоматического регулирования давления продуктов сгорания в рабочем пространстве промышленной печи

*Теоретические положения для выполнения раздела 3 контрольной работы.*

*Расчет коэффициентов статической характеристики объекта управления методом наименьших квадратов*

*Метод наименьших квадратов*

Для математического описания статических экспериментальных характеристик технологического процесса используются уравнения полученные методом математической статистики для получения зависимости  $Y = f(X)$ . Эту зависимость наиболее просто и удобно выразить с использованием многочлена вида:

$$Y(X) = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \dots + a_n \cdot X^n \quad (1)$$

Так как статическая характеристика нелинейная, то для получения уравнения статической характеристики используется полином четвертой степени вида:

$$Y(X) = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + a_3 \cdot X^3 + a_4 \cdot X^4 \quad (2)$$

Коэффициенты полинома (2) определяются из решения системы уравнений полученных с использованием метода наименьших квадратов:

$$\begin{cases} \sum Y = N \cdot a_0 + a_1 \cdot \sum X + a_2 \cdot \sum X^2 + a_3 \cdot \sum X^3 + a_4 \cdot \sum X^4 \\ \sum XY = a_0 \cdot \sum X + a_1 \cdot \sum X^2 + a_2 \cdot \sum X^3 + a_3 \cdot \sum X^4 + a_4 \cdot \sum X^5 \\ \sum X^2Y = a_0 \cdot \sum X^2 + a_1 \cdot \sum X^3 + a_2 \cdot \sum X^4 + a_3 \cdot \sum X^5 + a_4 \cdot \sum X^6 \\ \sum X^3Y = a_0 \cdot \sum X^3 + a_1 \cdot \sum X^4 + a_2 \cdot \sum X^5 + a_3 \cdot \sum X^6 + a_4 \cdot \sum X^7 \\ \sum X^4Y = a_0 \cdot \sum X^4 + a_1 \cdot \sum X^5 + a_2 \cdot \sum X^6 + a_3 \cdot \sum X^7 + a_4 \cdot \sum X^8 \end{cases} \quad (3)$$

Расчет коэффициентов уравнения статической характеристики методом наименьших квадратов приведен в таблице ниже.

Решение системы уравнений осуществляется методом Крамера и заключается в определении коэффициентов полинома (2) с помощью определителей, составленных по системе уравнений (3). Данные берутся из таблицы (сумма по столбцам)

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} Y & X & X^2 & X^3 & X^4 \\ XY & X^2 & X^3 & X^4 & X^5 \\ X^2Y & X^3 & X^4 & X^5 & X^6 \\ X^3Y & X^4 & X^5 & X^6 & X^7 \\ X^4Y & X^5 & X^6 & X^7 & X^8 \end{vmatrix} \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} N & Y & X^2 & X^3 & X^4 \\ X & XY & X^3 & X^4 & X^5 \\ X^2 & X^2Y & X^4 & X^5 & X^6 \\ X^3 & X^3Y & X^5 & X^6 & X^7 \\ X^4 & X^4Y & X^6 & X^7 & X^8 \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} N & X & Y & X^3 & X^4 \\ X & X^2 & XY & X^4 & X^5 \\ X^2 & X^3 & X^2Y & X^5 & X^6 \\ X^3 & X^4 & X^3Y & X^6 & X^7 \\ X^4 & X^5 & X^4Y & X^7 & X^8 \end{vmatrix} \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} N & X & X^2 & Y & X^4 \\ X & X^2 & X^3 & XY & X^5 \\ X^2 & X^3 & X^4 & X^2Y & X^6 \\ X^3 & X^4 & X^5 & X^3Y & X^7 \\ X^4 & X^5 & X^6 & X^4Y & X^8 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} N & X & X^2 & X^3 & Y \\ X & X^2 & X^3 & X^4 & XY \\ X^2 & X^3 & X^4 & X^5 & X^2Y \\ X^3 & X^4 & X^5 & X^6 & X^3Y \\ X^4 & X^5 & X^6 & X^7 & X^4Y \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} N & X & X^2 & X^3 & X^4 \\ X & X^2 & X^3 & X^4 & X^5 \\ X^2 & X^3 & X^4 & X^5 & X^6 \\ X^3 & X^4 & X^5 & X^6 & X^7 \\ X^4 & X^5 & X^6 & X^7 & X^8 \end{vmatrix}$$

Коэффициенты полинома (2):  $a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta}$ ;  $a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}$ ;  $a_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$ ;  $a_3 = \frac{\Delta_4}{\Delta}$ ;  $a_4 = \frac{\Delta_5}{\Delta}$ .

Коэффициенты уравнения:

$$a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 1235,43; \quad a_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = -135,03; \quad a_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 565,069; \quad a_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = -563,74; \quad a_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta} = 170,227$$

Уравнение статической характеристики будет иметь следующий вид:

$$Y(X) = 1235,43 - 135,03 \cdot X + 565,069 \cdot X^2 - 563,74 \cdot X^3 + 170,227 \cdot X^4$$

Полученная статическая характеристика приведена на рисунке:

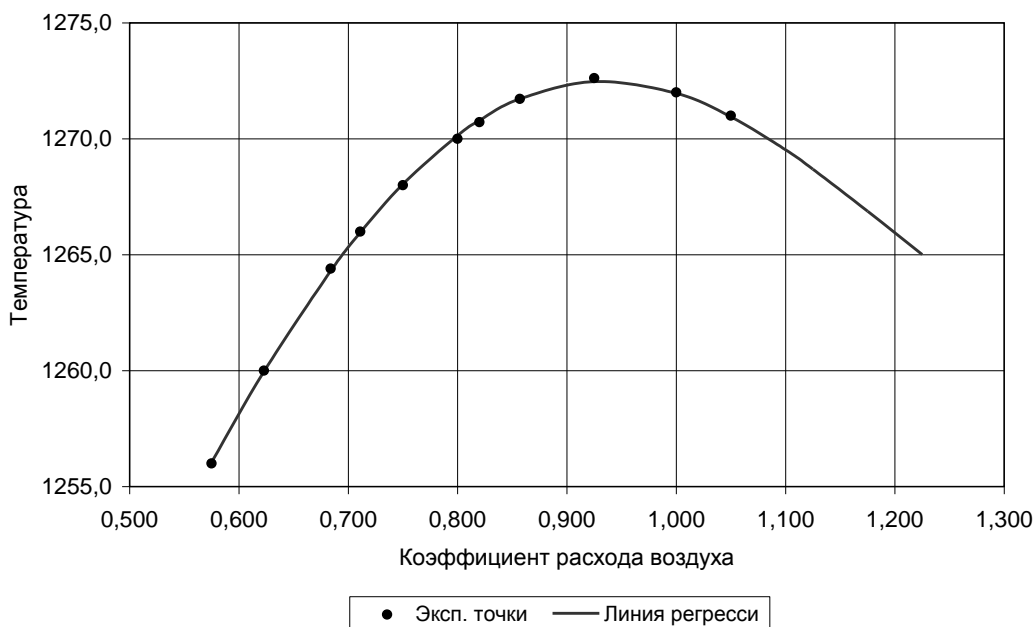


Рисунок – Статическая характеристика

*Определение динамических параметров объекта управления по кривой разгона*

Динамической характеристикой объекта регулирования называется зависимость изменения во времени выходной величины у объекта в переходном режиме. При этом предполагается, что неустановившийся (переходный) режим вызван однократным ступенчатым скачкообразным единичным возмущением входной величины (регулирующим воздействием или внешним возмущением). Динамическая характеристика объекта также называется кривой разгона и является временной характеристикой объекта.

Кривая разгона объекта может быть получена экспериментальным путем, или рассчитана аналитически.

При экспериментальном способе получения кривой разгона регулятор отключается от объекта регулирования, а на вход объекта вручную вносится единичное ступенчатое воздействие.

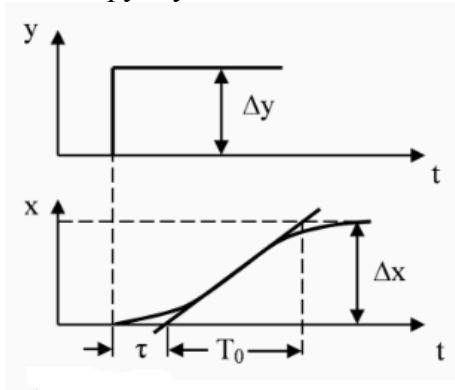


Рисунок 1 – Переходная характеристика объекта.

Динамические характеристики объекта:

$\tau_{\text{зап}}$  – время запаздывания, характеризует запаздывание изменения регулируемого параметра при возникновении регулирующего воздействия или возмущения. Увеличение  $\tau_{\text{зап}}$  затрудняет работу регулятора, ухудшает устойчивость.

$T_{\text{об}}$  – постоянная времени объекта, мера инертности объекта, чем больше  $T_{\text{об}}$  тем медленнее изменяется регулируемый параметр, тем легче работать регулятору.

$k_{\text{об}}$  – коэффициент передачи объекта, показывает, как изменяется параметр  $X$  при изменении регулирующего воздействия  $Y$ . Чем больше  $k_{\text{об}}$  тем объект чувствительнее к воздействиям.  $k_{\text{об}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$

По переходному процессу, изображенному на графике, определяем характеристики объекта:

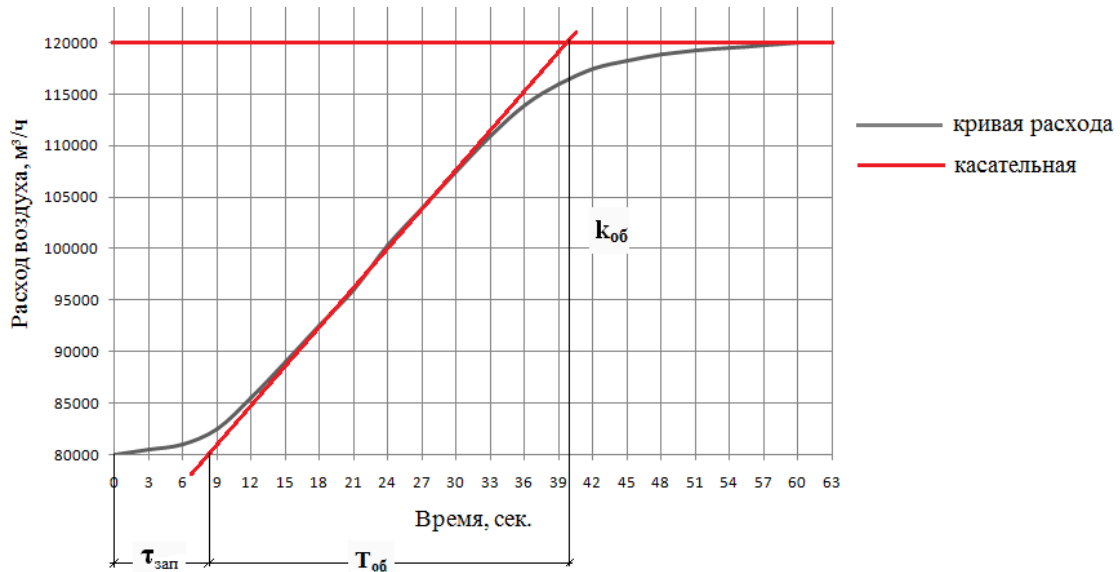


Рисунок 2 – График для определения динамических параметров объекта управления

Коэффициент передачи объекта  $k_{\text{об}}$  находим по формуле:

$$k_{\text{об}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (1)$$

где  $\Delta X$  – изменение входной величины;  
 $\Delta Y$  – изменение выходной величины.

$$k_{\text{об}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{120000 - 80000}{60 - 40} = \frac{40000}{20} = 2000 \text{ м}^3/\% \text{хода ИМ}$$

По графику на рисунке 1 определяем время запаздывания  $\tau_{\text{зап}}$  и постоянную времени  $T_{\text{об}}$ .

$$\tau_{\text{зап}} = 8 \text{ сек.}$$

$$T_{\text{об}} = 32 \text{ сек.}$$

*Составление структурной схемы контура управления тепловым процессом*

В результате работы САР технологические параметры поддерживаются на определенном значении без вмешательства человека.

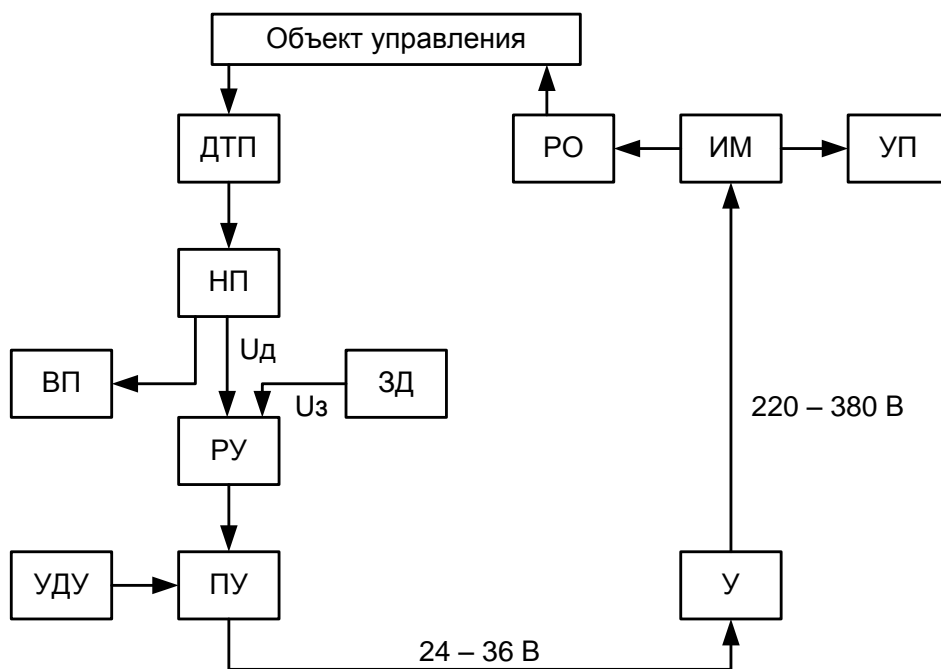


Рисунок 1 – Структурная схема САР

Стабилизирующий контур в своей структуре содержит следующие элементы:

*ДТП* (датчик технологического параметра) - устройство, предназначенное для измерения фактического значения управляемого технологического параметра и преобразования в величину доступную для инструментального контроля.

*НП* (нормирующий преобразователь) - устройство, предназначенное для преобразования фактического сигнала, формируемого ДП в унифицированный сигнал. Унифицированные сигналы: 4-20мА, 0-20мА, 0-10В.

*ВП* (вторичный прибор) - устройство, предназначенное для отображения и визуализации текущих значений регулируемого параметра.

*РУ* (регулирующее устройство, регулятор) – устройство, предназначенное для определения сигнала рассогласования в измерительной части регулятора и формирования управляющего воздействия в соответствии с принятым законом регулирования. Выходным параметром регулятора является положение вала исполнительного механизма. Регулирующее устройство формирует управляющий сигнал в виде напряжения постоянного тока, который подается на переключатель режима управления.

*ПУ* (переключатель режима управления) - обеспечивает выбор режима управления исполнительным механизмом.

Есть два режима управления:

- Автоматический режим - управление осуществляется от регулирующего устройства.
- Дистанционный (ручной) режим - управление ИМ осуществляется от устройства дистанционного управления (*УДУ*).

*У* (усилитель мощности) – предназначен для усиления и преобразования управляющего сигнала, формируемого регулирующим устройством в сигнал, достаточный для управления исполнительным механизмом. В качестве усилителя мощности обычно используется устройство типа ПБР (пускатель бесконтактный реверсивный).

*ИМ* (исполнительный механизм) – устройство, содержащее электрический двигатель и редуктор, предназначенный для преобразования управляющего сигнала регулятора в угол поворота регулирующего органа. В САУ используются исполнительные механизмы постоянной скорости. Их скорость должна соответствовать инерционности управляемого процесса и массе регулирующего органа.

Пример исполнительного механизма:

Название: МЭО-100-63-0.25

100 – вращающий момент (измеряется в ньютон на метр)

63 – время одного полного оборота выходного вала

0.25 – на сколько градусов настроены концевые выключатели, то есть процент хода исполнительного механизма  $90^\circ = 100\%$ .

*УП* (указатель положения) – предназначен для измерения текущего значения положения регулирующего органа или выходного вала исполнительного механизма.

*ЗД* (задающее устройство) – устройство, предназначенное для формирования сигнала задания.

*РО* (регулирующий орган) – механическое устройство, представляющее собой поворотный клапан или шибер, изменяющее величину регулирующего физического воздействия.

#### *Расчёт параметров настройки регулятора*

Пропорциональный регулятор имеет один параметр динамической настройки – коэффициент передачи регулятора  $K_p$ , который численно равен углу поворота вала ИМ, приходящегося на единицу отклонения регулируемого параметра от задания. П - регулятор обеспечивает быстрое регулирование, но в системе присутствует статическая ошибка  $e_0$ . При увеличении параметра настройки регулятора  $K_p$  статическая ошибка уменьшается, но уменьшается и устойчивость системы. Поэтому в промышленных системах типа в чистом виде П - регулятор используется редко.

Интегральный регулятор иногда называют астатическим.  $T_i$  – время интегрирования – это настроечный параметр регулятора. Время интегрирования  $T_i$  – это время, за которое выходная величина, изменяясь с постоянной скоростью, достигнет значения входной величины, если обе величины измеряются в одних единицах.

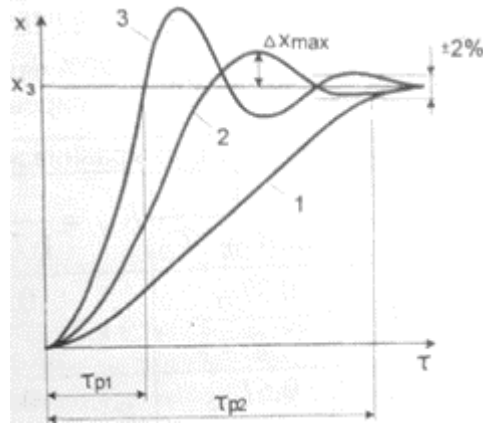
Дифференциальный регулятор реализуют закон регулирования, чувствительный к скорости изменения сигнала рассогласования, что позволяет системе быстро реагировать даже на малые отклонения регулируемой величины от задания.  $T_d$  – время предварения, это время, в течение которого угол поворота вала ИМ под действием дифференцирующей части удваивается пропорциональной частью.

*Определение динамических параметров настройки регулятора по динамическим параметрам объекта*

В реальных производственных условиях перед каждым инженером возникает задача оптимизации контура управления, которая заключается в том, что для каждого объекта с известными динамическими параметрами  $\tau_{зап}$ ,  $T_{об}$ ,  $K_{об}$  необходимо определить значения параметров динамической настройки регулятора  $K_p$ ,  $T_{из}$ ,  $T_d$ , при которых максимально возможно компенсируется влияние инерционных свойств объекта.

На рисунке 1 приведены типовые переходные процессы в системах автоматического регулирования при скачкообразном изменении задания.

При инженерных методах выбора закона регулирования и близких к оптимальным значений параметров динамической настройки регулятора, рекомендуется пользоваться формулами, представленными в таблице 1.



1 – аperiodический процесс с минимальным временем регулирования; 2 – 20 % перерегуливание; 3 – минимальное значение квадратичного критерия.

Рисунок 1 – Типовые переходные процессы в системах автоматического регулирования при скачкообразном изменении задания

Если объект является объектом с самовыравниванием, а это означает, что он характеризует способность объекта восстанавливать состояние равновесия, при этом параметр принимает новое равновесное состояние.

В зависимости от технологических требований, динамических свойств объекта управления и характера, действующих на него возмущений выбираем один из трех типовых процессов – аperiodический процесс с минимальным временем регулирования.

Тип регулятора выбирается с учетом свойств объекта регулирования. Для достижения требуемого качества регулирования при выбранном переходном процессе следует принять подходящий закон регулирования.

Таблица 1 - Расчетные формулы для определения настроек регулятора для инерционных объектов с запаздыванием

Закон регулирования	Вид типового переходного процесса		
	аperiodический	20% перерегуливание	Минимум $I'$
Объекты с самовыравниванием (статические)			
И	$K_{И} = \frac{1}{4,2K_{ОБ} \cdot T_{О}}$	$K_{И} = \frac{1}{1,7K_{ОБ} \cdot T_{О}}$	$K_{И} = \frac{1}{1,7K_{ОБ} \cdot T_{О}}$
П	$K_{P} = \frac{0,3T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$	$K_{P} = \frac{0,7T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$	$K_{P} = \frac{0,9T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$
ПИ	$K_{P} = \frac{0,6T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$ $T_{И} = 0,6T_{О}$	$K_{P} = \frac{0,7T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$ $T_{И} = 0,7T_{О}$	$K_{P} = \frac{T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$ $T_{И} = T_{О}$
ПИД	$K_{P} = \frac{0,95T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$ $T_{И} = 2,4\tau_{з}$ $T_{П} = 0,4\tau_{з}$	$K_{P} = \frac{1,2T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$ $T_{И} = 2,0\tau_{з}$ $T_{П} = 0,4\tau_{з}$	$K_{P} = \frac{1,4T_{О}}{K_{ОБ} \cdot \tau_{з}}$ $T_{И} = 1,3\tau_{з}$ $T_{П} = 0,5\tau_{з}$

Характер действия регулятора определяют по величине отношения времени запаздывания объекта  $\tau_{зап}$  к его постоянной времени  $T_{об}$ :

$\tau_{зап} / T_{об} < 0,2$  - релейный регулятор

$0,2 < \tau_{зап} / T_{об} < 1,0$  - регулятор непрерывного действия



$\tau_{\text{зап}} / T_{\text{об}} > 1,0$  - многоконтурная система регулирования

$$\tau_{\text{зап}} / T_{\text{об}} = 8 / 32 = 0,25 \quad (1)$$

Выбираем регулятор непрерывного действия, так как  $0,2 < 0,25 < 1,0$ .

При выборе закона регулирования регулятора непрерывного действия учитываем величину отношения постоянной времени объекта  $T_{\text{об}}$  к времени запаздывания  $\tau_{\text{зап}}$ :

$T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} > 1,0$  - П - регулятор  
 $10 > T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} > 7,5$  - ПИ - регулятор  
 $7,5 > T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} > 3$  - ПИД - регулятор  
 $T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} < 3,0$  - многоконтурная система регулирования

$$T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} = 32 / 8 = 4 \quad (2)$$

Выбираем ПИД – регулятор непрерывного действия, так как  $7,5 > 4 > 3$ .

Рассчитаем параметры настройки ПИД – регулятора теоретическим способом, используя для расчета определенные параметры объекта –  $\tau_{\text{зап}}$ ,  $T_{\text{об}}$ ,  $k_{\text{об}}$ .

$$K_p = \frac{0,95 \cdot T_{\text{об}}}{K_{\text{об}} \cdot \tau_{\text{зап}}} = \frac{0,95 \cdot 32}{2000 \cdot 8} = \frac{30,4}{16000} = 0,0019$$

$$T_i = 2,4 \cdot \tau_{\text{зап}} = 2,4 \cdot 8 = 19,2$$

$$T_d = 0,4 \cdot \tau_{\text{зап}} = 0,4 \cdot 8 = 3,2$$

Условные обозначения на схемах автоматизации и управления должны соответствовать требованиям ГОСТ 21.208-2013.