

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

« 20 » сентября 2017 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
очная

Институт
Кафедра
Курс
Семестр

Энергетики и автоматизированных систем
Автоматизированных систем управления
4
7

Магнитогорск
2017 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

6 сентября 2017 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / С.М. Андреев/

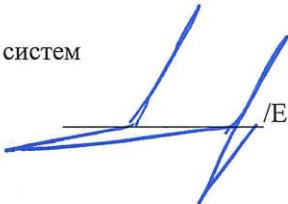
Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

20 сентября 2017 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 /

Лист регистрации изменений и дополнений

[illegible]

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
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	
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.
ПК-1 Способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	
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.
ПК-10 Готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	
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	– читать структурные и функциональные схемы систем автоматического контроля и управления технологическими процессами; – составлять типовые структурные и функциональные схемы локальных контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами; – составлять структурные и функциональные схемы локальных контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами.
Владеть	– основными навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления; – навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления; – навыками контроля и управления технологическим процессом с помощью АСУ ТП.

4 Структура и содержание дисциплины

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

- контактная работа – 76,1 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 32,2 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	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				
Раздел 1. Технические измерения	7							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>		2	2	-	1,2	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к выполнению лабораторных работ	Устный опрос Лабораторные работы	
<i>1.2 Методы и средства измерения параметров технологического процесса</i>		4	10/8	-	4	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к выполнению лабораторных работ	Устный опрос Лабораторные работы	
Итого по разделу		6	12/8	-	5,2			
Раздел 2. Основы сертификации	7							ОПК-1 - зув ПК-1 - зув,
<i>2.1 Цели, объекты и правовые основы сертификации</i>		2	-	-	1	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	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				
2.2 Порядок проведения, схемы и системы сертификации		2	-	2	1	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование	
Итого по разделу		4	-	2	2			
Раздел 3. Основы теории автоматического управления	7							ОПК-1 - зув ПК-1 – зув ПК-10 - зу
3.1 Классификация и виды систем автоматического управления		2	-	-	1	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование	
3.2 Системы автоматического регулирования с типовыми регуляторами		4	6	-	4	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к выполнению лабораторных работ	Устный опрос Лабораторные работы	
3.3. Свойства систем автоматического регулирования		4	-	6/6	4	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Тестирование Проверка инд. заданий	
Итого по разделу		10	6	6/6	9			
Раздел 4. Автоматизация тепловых процессов	7							ОПК-1 - зув ПК-1 – зув ПК-10 - зув
4.1 Особенности построения и функции АСУ ТП		2	-	-	2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	
4.2 Комплексы технических средств АСУ ТП		2	-	2/2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Проверка инд. заданий Тестирование	
4.3. Проектирование энергообъектов и их		4	-	4	4	Самостоятельное изучение	Устный опрос	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	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>элементов в соответствии с нормативной документацией. Функциональные схемы автоматизации и управления тепловых процессов</i>						учебной литературы	Контрольная работа	
<i>4.4 Автоматизация паровых котлов</i>		4	-	2	4	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Проверка инд. заданий	
<i>4.5 Автоматизация нагревательных печей</i>		4	-	2	4	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Проверка инд. заданий	
Итого по разделу		16	-	10/2	16			
Итого по дисциплине:		36	18/8	18/8	32,2		Экзамен	

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; лабораторные работы; 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 обучения, 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 лабораторных работ и 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 лабораторных работ, решение контрольных задач.

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
Термоэлектрические преобразователи	1. На каких явлениях основано действие термоэлектрических термометров? 2. Почему при подсоединении термопары к измерительному прибору, пользуются компенсационными проводами? 3. Как вводится поправка на температуру свободных концов термопары в автоматических и переносных потенциометрах, милливольтметрах? 4. Для каких термопар невозможно применение компенсационных проводов для введения поправки? 5. Пределы измерений стандартных термоэлектрических термометров?
Испытание и поверка вторичных приборов работающих в комплекте с термоэлектрическим	1. Каковы особенности методики проведения вторичного прибора Диск-250М? 2. Что такое основная и дополнительная погрешность прибора? 3. Какие погрешности необходимо рассчитать для того, чтобы сделать вывод о результатах поверки?

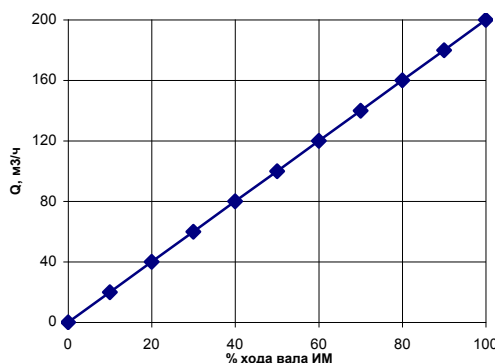
Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
преобразователем	4. Для чего выполняют поверку прибора и что понимают под классом точности прибора? 5. Какие существуют виды поверок?
Термометры сопротивления	1. Какой принцип действия у термометров сопротивления? 2. От чего зависит электрическое сопротивление проводника? 3. Какие преимущества у медного и у платинового термопреобразователей сопротивления? 4. Какое значение при измерении температуры имеет показатель тепловой инерции? 5. Каким параметром характеризуется чистота материала, идущего на изготовление термометра сопротивления?
Испытание и поверка вторичных приборов работающих в комплекте с термометрами сопротивления	1. На чём основано действие термометров сопротивления? 2. Какие материалы используют для изготовления термометров сопротивления? 3. Какие приборы применяют в комплекте с термометрами сопротивления? 4. Достоинства и недостатки неуравновешенных мостов. 5. Для чего выполняют поверку прибора и что понимают под классом точности прибора?
Пирометры	1. Какая температура называется яркостной температурой? 2. Как определить действительную температуру тела, зная яркостную температуру? 3. Устройство пирометров частичного излучения 4. Что такое цветовая температура? 5. Как смещается максимум кривой распределения спектральной энергетической яркости с увеличением температуры абсолютно чёрного тела?
Преобразователи серии Метран	1. Принцип действия преобразователей серии Метран? 2. Какие существуют модификации преобразователей серии Метран? 3. Порядок проведения поверки преобразователей? 4. Какие технологические параметры измеряются преобразователями серии Метран? 5. Принцип действия тензометрического датчика.
Расходомеры	1. Перечислить методы измерения расхода. 2. Измерение расхода методом постоянного перепада давления? 3. Измерение расхода методом переменного перепада давления? 4. Измерение расхода по динамическому давлению? 5. Виды сужающих устройств?
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	1. Что такое переходный процесс?

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
в системе управления	2. Типы переходных процессов в системе управления? 3. Перечислите показатели качества переходных процессов. 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

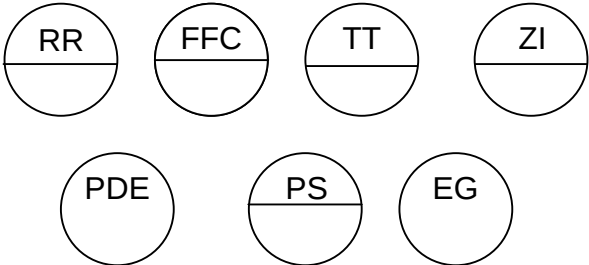
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
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		
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.	Перечень теоретических вопросов к экзамену: 1. Измерительные информационные системы 2. Способы представления информации 3. Компьютерные технологии, используемые при поиске информации 4. Информационные технологии, используемые при поиске информации 5. Методики поиска и обработки информации из различных источников 6. Представление информации в требуемом формате 7. Анализ информации из различных источников 8. Сетевые технологии при сборе информации
Уметь	– использовать литературные источники для подготовки обзоров и отчетов, оформлять научно-технические отчеты в соответствии с требованиями; – обобщать информацию из различных литературных источников для подготовки обзоров по заданной тематике, оформлять научно-технические отчеты с использованием готовых шаблонов и макетов;	Примеры практических заданий: Задание 1. Используя различные литературные источники дать определение каждому термину из следующей схемы.

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.	КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ По причинам появления методическая инструментальная вычисления субъективная По характеру проявления статическая (основная и дополнительная) динамическая По закономерности проявления систематическая случайная грубая По характеру связи между величиной погрешности и уровнем сигнала аддитивная мультипликативная смешанная По форме представления абсолютная относительная приведенная Задание 2. Используя различные интернет источники дать определение каждому термину из следующей схемы. Входные материальные и энергетические потоки Возмущения Выходные материальные и энергетические потоки Управляющие воздействия Информация Объект управления Комплекс устройств управления Устройства контроля Устройства сигнализации Устройства регулирования Устройства программного управления Устройства защиты Информация Задания Оперативный технологический персонал

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
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.	Примеры практических заданий: Задание 1. 1. Открыть текстовый документ Word и визуально ознакомиться с видом, в том числе с включением режима отображения всех знаков 2. Пошагово задать следующие параметры документа: Параметры страницы: <i>Поля: Верхнее</i> — 1,5 см, <i>Правое</i> — 2 см, <i>Нижнее</i> — 1,5 см, <i>Левое</i> — 3 см; <i>Ориентация</i> — Книжная; <i>Нумерация страниц</i> — Снизу по центру. Параметры текста: <i>Шрифт</i> — Times New Roman, <i>Размер</i> — 14, <i>Первая строка</i> — отступ — 1 см, <i>Выравнивание</i> — по ширине, <i>Междустрочный</i> — 1,5 строки, без интервалов до и после абзаца. 3. Привести в порядок содержание документа по структуре: –Введение –Основная часть –Выводы 4. Первый лист сделать титульным и оформить его с использованием картинки. 5. Второй лист освободить под содержание (оглавление) и проделать работу для его автоматического создания. 6. Вставить новую нумерацию страниц с параметрами: Внизу страницы, посередине, без номера на титульном листе 7. Сохранить документ под новым названием. Задание 2. В рамках задания изучить материал статьи «PDF в WORD (DOCX): 10 способов конвертирования!». https://ocomp.info/pdf-v-word-10-sposobov-konvert.html 1. Выбрать и установить на ПК одну из программ для конвертирования файла. 2. Конвертировать любой выбранный вами файл *.pdf в формат *.doc (docx) и самостоятельно привести его в соответствие со следующими требованиями: – Параметры страницы: <i>Поля: Верхнее</i> — 1,5 см, <i>Правое</i> — 2 см, <i>Нижнее</i> — 1,5 см, <i>Левое</i> — 3 см, <i>Ориентация</i> — Книжная. Параметры текста: <i>Шрифт</i> — TimesNewRoman, <i>Размер</i> — 14, <i>Первая строка</i> — отступ 1,25 см, <i>Выравнивание</i> — по ширине, <i>Междустрочный</i> — 1 строки, без интервалов до и после абзаца. – Отследите и удалите лишние пробелы, знаки табуляции и абзаца!

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		Задание 3. 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.
ПК-1 Способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией		
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.	Перечень теоретических вопросов к экзамену: 1. Основные понятия сертификации 2. Цели сертификации 3. Задачи сертификации 4. Правовые основы сертификации 5. Системы сертификации и области их применения 6. Объекты обязательной сертификации 7. Объекты добровольной сертификации 8. Схемы сертификации 9. Порядок проведения сертификации 10. Виды стандартов. 11. Нормативные документы 12. Государственные и отраслевые стандарты для разработки проекта по АСУ ТП 13. Технические средства автоматизации 14. Средства автоматического регулирования на проектируемых энергообъектах
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;	Примеры практических заданий: 1. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования температуры перегретого пара 2. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования давления в парогенераторе 3. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования расхода природного газа в промышленной печи проходного типа 4. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	– комбинировать различные способы сбора и анализа исходных данных для выбора технических средств автоматизации проектируемого энергообъекта в соответствии с техническим заданием.	регулирования температуры в колпаковой печи 5. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования давления пара в деаэраторе
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.	Примеры практических задач: Задача 1. Используя ГОСТ 21.208-2013 дать расшифровку следующим условным обозначениям средств автоматизации:  Задача 2. Используя ГОСТ 21.408-2013 составить перечень основных рабочих чертежей проекта по автоматизации энергообъекта. Задача 3. Используя ГОСТ 21.208-2013 пояснить объем технических средств на предложенной схеме автоматизации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		The diagram shows a steam heating system. A main supply line (Dy 500) passes through a pressure sensor FE 1a (point 1) and a pressure-reducing station. A bypass line (Dy 150) branches off before the station, passes through a pressure sensor FE 2a (point 2), a valve, and a pressure sensor 2a (point 3), then rejoins the main line. The main line continues through a temperature sensor TE 3a (point 5). The control panel below has five columns corresponding to these points: 1 (130 mA), 2 (1000 m³/h), 3, 4, and 5 (200-2100 °C). The panel includes local instruments (FY 15, FY 25, Y 2r, TIR 35), a control cabinet (K1 with HS 54, H 58, GI), and a controller (Bi 0, Bi 0, Bi 0, Bo 0, Bi 0, Bi 0, PK). The parameters to be controlled are steam flow rate, steam flow rate regulation, and steam temperature.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-10 Готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов		
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.	Перечень теоретических вопросов к экзамену: 1. Типовые динамические звенья. Статические и динамические характеристики типовых соединений элементов. 2. Непрерывные законы регулирования (П, И, ПИ, ПД, ПИД - законы) и регуляторы, формирующие эти законы. Определение настроечных параметров типовых регуляторов. 3. Регуляторы релейного действия: двухпозиционные, трехпозиционные. 4. Показатели качества регулирования. 5. Система автоматического регулирования (САР). Контур регулирования. 6. Классификация систем регулирования и управления: АСУ, АСУП, АСУТП. 7. Использование ЭВМ для формирования различных законов регулирования. Промышленные контроллеры и управляющие ЭВМ. 8. Функции и назначение АСУ ТП. 9. Проблемы управления теплоэнергетическими процессами. 10. Принципы оптимального планирования и управления. 11. Применение информационных и вычислительных сетей для совершенствования металлургических технологий и управления теплотехническими объектами. 12. Функциональные схемы автоматизации тепловых процессов.
Уметь	– читать структурные и функциональные схемы систем автоматического контроля и управления технологическими процессами; – составлять типовые структурные и функциональные схемы локальных контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами; – составлять структурные и функциональные схемы локальных	Примеры практических заданий для экзамена: 1. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования температуры в промышленной печи. 2. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования давления в промышленной печи. 3. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования расхода топлива в промышленной печи. 4. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования соотношения топливо-воздух в промышленной печи. 5. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования температуры в колпаковой печи.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	контуров автоматического контроля и управления технологическими процессами.	
Владеть	– основными навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления; – навыками контроля и управления технологическим параметром с помощью системы автоматического управления; – навыками контроля и управления технологическим процессом с помощью АСУ ТП.	<i>Перечень практических работ</i> 1. Расчет коэффициентов статической характеристики объекта управления методом наименьших квадратов. 2. Определение динамических параметров объекта управления по кривой разгона. 3. Составление структурной схемы контура управления тепловым процессом. 4. Расчёт параметров настройки регулятора. 5. Условные обозначения на схемах автоматизации и управления. 6. Составление функциональной схемы автоматизации теплового процесса.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов» включает 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, четко и правильно дать определения, привести доказательства на основе математических и логических выкладок, показать навыки исследовательской деятельности. Ответ должен быть самостоятельный, 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 четко, 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.informsystema.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. - 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 тепловым режимом работы блока воздухонагревателей доменной печи : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, М. Ю. Рябчиков ; МГТУ, [каф. ПКисУ] . - Магнитогорск, 2009. - 148 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=269.pdf&show=dcatalogues/1/1060896/269.pdf>

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

11. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления процессом выплавки чугуна в доменных печах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Т. Г. Сухонослова ; 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> (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. Задания для практических работ 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»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	http://ecsocman.hse.ru/
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	http://scopus.com

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 лабораторных работ: лаборатория метрологии и технологических измерений	Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ: – лабораторный стенд «Измерение расхода

	газа»; – лабораторный стенд «Поверка термопар»; – лабораторный стенд «Поверка прибора Диск-250, логометра Ш-4540/1 и прибора А-566»; – лабораторный стенд «Испытание и поверка КСП-3, вольтметра Ш-4540, прибора Диск-250»; – лабораторный стенд «Измерение уровня жидкостей»; – лабораторный стенд «Измерение уровня сыпучих материалов»; – лабораторный стенд «Преобразователи давления Метран»; – лабораторный стенд «Статические и динамические характеристики объекта управления» Электронные плакаты по курсу "Основы метрологии и технические измерения" (136), ключ на 2 ПК.
Учебная аудитория для проведения практических занятий и лабораторных работ: лаборатория автоматизации технологических процессов и производств	Лабораторные установки и приборы для выполнения лабораторных и практических работ: – лабораторный стенд «Промышленные датчики», ПД-МАКС; – лабораторный стенд «Датчики технологической информации», ДТИ; – лабораторный стенд «Промышленные датчики расхода», ПДР-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя. – лабораторный стенд «Промышленные датчики температуры», ПДТ-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя. – лабораторный стенд «Промышленные датчики давления», ПДД-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя; – программируемый логический контроллер ПЛК-Siemens + ноутбук с предустановленным ПО от изготовителя; – лабораторный стенд «Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции», АТГСВ-09-11ЛР-01 + ноутбук с предустановленным ПО от

	изготовителя; – лабораторный стенд «Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения», АВИБ-У-01-12; – лабораторный стенд «ПЛК-Omron-4ОА-НН#» – лабораторный стенд «Основы автоматики», ОА-МР
--	--

**Задания для практических работ по дисциплине
«Технические измерения, сертификация и автоматизация тепловых процессов»**

**Практическая работа №1
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:

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

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)

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

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

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

Коэффициенты уравнения:

$$a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 123543; \quad a_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = -135,03; \quad a_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 565,069; \quad a_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = -563,74; \quad a_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta} = 170,227$$

Уравнение статической характеристики будет иметь следующий вид:

$$Y(X) = 123543 - 135,03 \cdot X + 565,069 \cdot X^2 - 563,74 \cdot X^3 + 170,227 \cdot X^4$$

Полученная статическая характеристика приведена на рисунке:

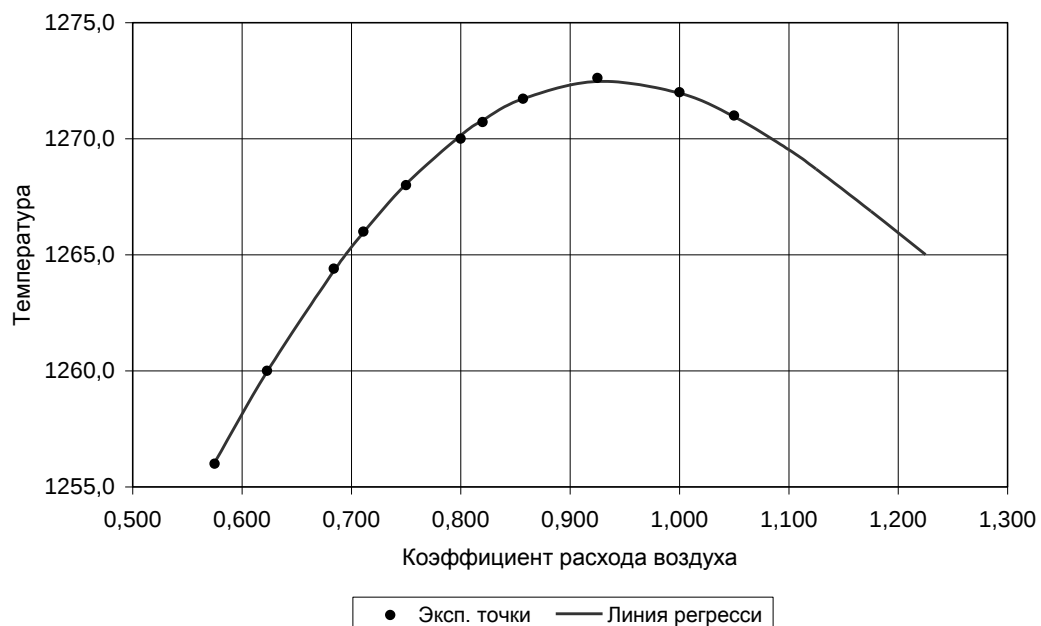


Рисунок – Статическая характеристика

Задание. Экспериментальные точки для расчета получить на имитационной модели объекта управления (по вариантам) - программа сау.exe.

Практическая работа №2

Определение динамических параметров объекта управления по кривой разгона

Динамической характеристикой объекта регулирования называется зависимость изменения во времени выходной величины y 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.

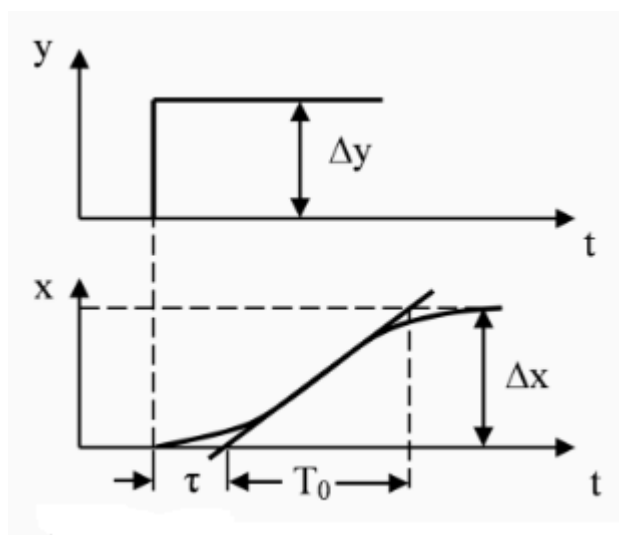


Рисунок 1 – Переходная характеристика объекта.

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_{06} – постоянная времени объекта, мера инертности объекта, чем больше T_{06} тем медленнее изменяется регулируемый параметр, тем легче работать регулятору.

k_{06} – коэффициент передачи объекта, показывает, как изменяется параметр X при изменении регулирующего воздействия Y . Чем больше k_{06} тем объект чувствительнее к воздействиям. $k_{06} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$

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

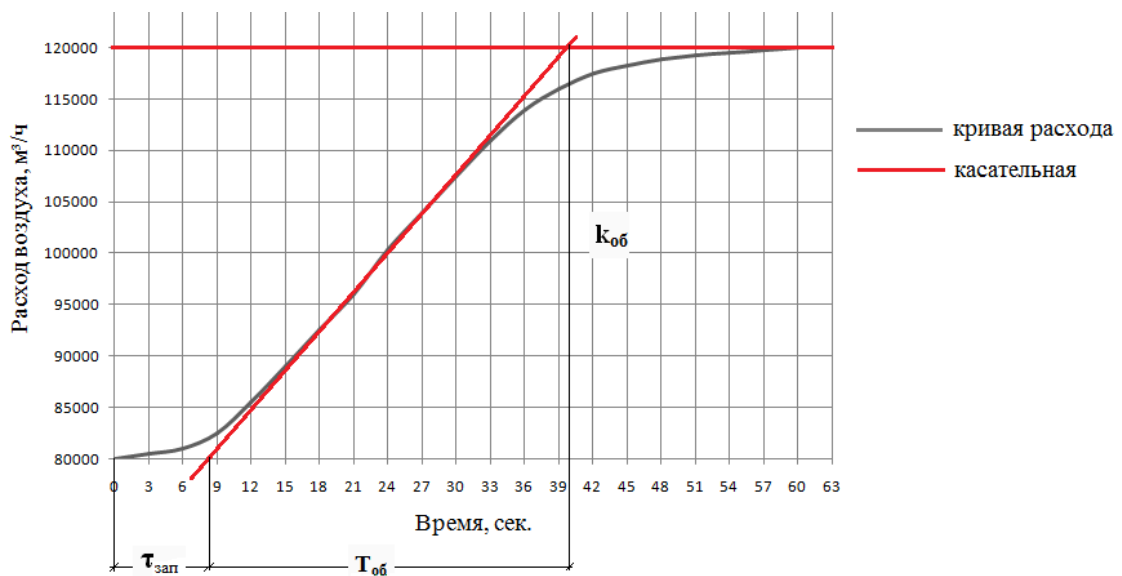


Рисунок 2 – График для определения динамических параметров объекта управления

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

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

где ΔX – изменение входной величины;

ΔY – изменение выходной величины.

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

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

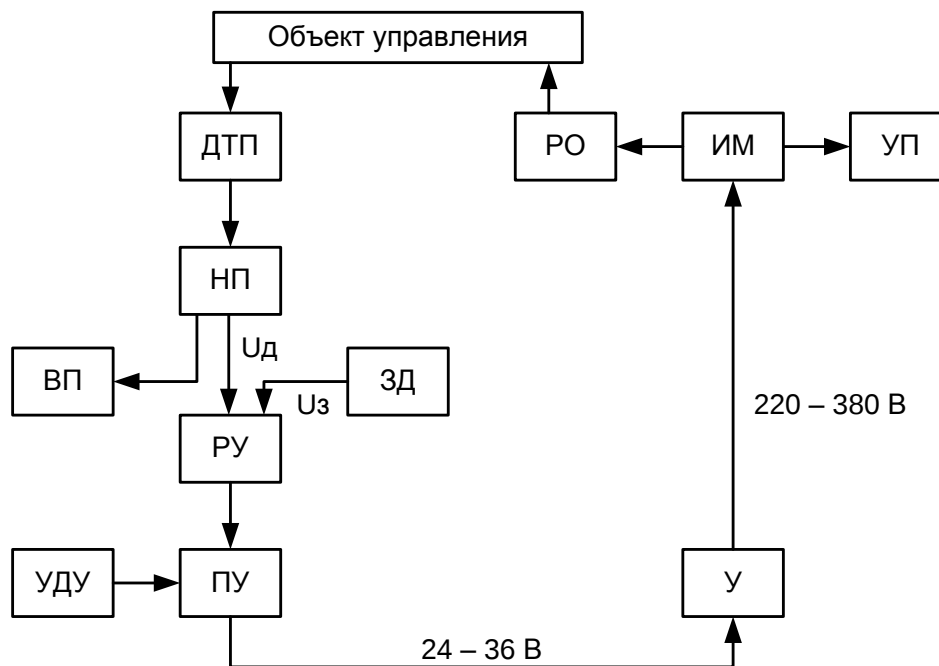
$$\tau_{зап} = 8 \text{ сек.}$$

$$T_{об} = 32 \text{ сек.}$$

Задание. Экспериментальные точки для расчета получить на имитационной модели объекта управления (по вариантам) - программа сау.exe.

Практическая работа №3 Составление структурной схемы контура управления тепловым процессом

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



Стабилизирующий контур в своей структуре содержит следующие элементы:

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

ПУ (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.

Есть два режима управления:

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.

Задание. По описанию схемы лабораторной установки и имитационной модели составить структурную схему контура управления.

Практическая работа №4 **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.

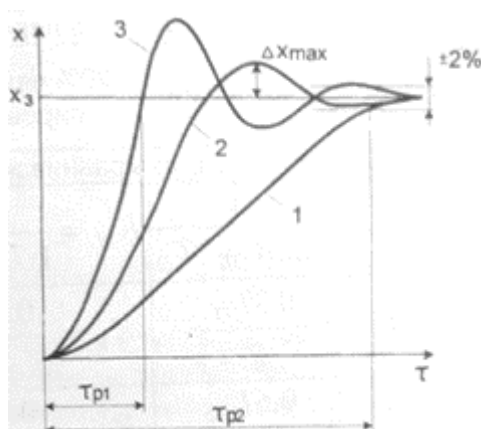
Интегральный регулятор иногда называют астатическим. T_i – время интегрирования – это настроечный параметр регулятора. Время интегрирования T_i – это время, за которое выходная величина, изменяясь с постоянной скоростью, достигнет значения входной величины, если обе величины измеряются в одних единицах.

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 $\tau_{\text{зап}}$, $T_{\text{об}}$, $k_{\text{об}}$ необходимо определить значения параметров динамической настройки регулятора K_R , $T_{\text{из}}$, $T_{\text{п}}$, при которых максимально возможно компенсируется влияние инерционных свойств объекта.

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



1 – аperiодический процесс с минимальным временем регулирования; 2 – 20 % перерегулирование;

3 – минимальное значение квадратичного критерия.

Рисунок 1 – 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.

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 – аperiодический 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% перерегулирование	Минимум I'
Объекты с самовыравниванием (статические)			
И	$K_I = \frac{1}{4,2K_{OB} \cdot T_O}$	$K_I = \frac{1}{1,7K_{OB} \cdot T_O}$	$K_I = \frac{1}{1,7K_{OB} \cdot T_O}$
П	$K_P = \frac{0,3T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$	$K_P = \frac{0,7T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$	$K_P = \frac{0,9T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$
ПИ	$K_P = \frac{0,6T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$ $T_I = 0,6T_O$	$K_P = \frac{0,7T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$ $T_I = 0,7T_O$	$K_P = \frac{T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$ $T_I = T_O$
ПИД	$K_P = \frac{0,95T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$ $T_I = 2,4\tau_3$ $T_D = 0,4\tau_3$	$K_P = \frac{1,2T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$ $T_I = 2,0\tau_3$ $T_D = 0,4\tau_3$	$K_P = \frac{1,4T_O}{K_{OB} \cdot \tau_3}$ $T_I = 1,3\tau_3$ $T_D = 0,5\tau_3$

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

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

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

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 $T_{об}$ к времени запаздывания $\tau_{зап}$:

$T_{об} / \tau_{зап} > 1,0$ - П - регулятор

$10 > T_{об} / \tau_{зап} > 7,5$ - ПИ - регулятор

$7,5 > T_{об} / \tau_{зап} > 3$ - ПИД - регулятор

$T_{об} / \tau_{зап} < 3,0$ - многоконтурная система регулирования

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

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

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

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

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

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

Задание. На имитационной модели объекта управления (по вариантам) получить характеристики объекта управления, выбрать для данного объекта регулятор и рассчитать для него настроечные параметры - программа сау.exe.

Практическая работа №5

Условные обозначения на схемах автоматизации и управления

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

Задание. Изучить требования ГОСТ 21.208-2013. Составить условные обозначения для всех средств автоматизации структурной схемы управления (практическая работа №3).

Практическая работа №6

Составление функциональной схемы автоматизации теплового процесса.

Задание. Составить функциональную схему автоматизации теплового процесса по выбранной теме в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013.