

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
**(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных  
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

« 11 »  2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**ДАТЧИКИ И РЕГУЛЯТОРЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**  
**Кафедра электроэнергетики и автоматика**

Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  А.Н. Потапенко


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматики

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

« 11 » июня 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

« 11 » июня 2016 г., протокол № 15

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 16 » июня 2016 г., протокол № 2/16

Председатель: канд. техн. наук, доцент  А.Н. Семернин

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общепрофессиональные</b>			
1	ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>теоретические основы разработки и функционирования систем автоматизации объектов управления для решения прикладных задач в системах электротеплоснабжения, типовые системы автоматического регулирования технологических процессов, иметь представление о протекающих в данных системах физических процессах;</li> <li>основные понятия о принципах работы, назначении и конструктивных особенностях узлов и устройств электронной техники, а также электрических, пневматических и гидравлических элементах в системах электротеплоснабжения;</li> <li>основные методы математического описания объектов электротеплоснабжения и систем управления, уравнения динамики и статистики датчиков технологических параметров.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>формулировать и решать задачи синтеза автоматических систем управления объектами электротеплоснабжения;</li> <li>вести анализ и разработку блок-схем, структурных и функциональных схем автоматических систем контроля и управления электротеплоснабжения;</li> <li>рассчитывать основные структуры автоматизации объектов электротеплоснабжения на основах теории автоматического управления;</li> <li>математически описывать различные элементы и объекты автоматизации, моделировать процессы управления в системах автоматизации электротеплоснабжения;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>навыками выбора и расчёта технических средств автоматизации, используемой в системах управления;</li> <li>навыками интерпретации результатов моделирования различных систем и объектов электротеплоснабжения, проведения теоретических и экспериментальных исследований;</li> <li>навыками работы со справочными, каталожными данными и информацией сети Интернет при расчетах и моделировании систем электротеплоснабжения.</li> </ul>
<b>Профессиональные</b>			
	ПК-8	Способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>теоретические основы измерения, регулирования, контроля и автоматического управления параметрами технологических процессов, основные понятия автоматизированной обработки информации;</li> <li>классификацию, виды, назначение и основные характеристики контрольно-измерительных приборов, их статические и динамические характеристики;</li> </ul>

		<p>основные понятия о принципах работы различных датчиков технологических параметров и датчиков электрических величин, используемых в электроприводе;</p> <p>структуру и принципы функционирования автоматических систем распределённых объектов управления, современных многоуровневых систем контроля и управления распределёнными объектами электротеплоснабжения, таких как системы автоматизированного мониторинга (САМ) и автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ).</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>применять возможности датчиков для решения различного типа задач в системах электротеплоснабжения (измерение временных параметров сигналов, формирование сигналов с заданными временными характеристиками, сбор, хранение и передача данных, управление исполнительными устройствами);</p> <p>осуществлять расчёт и выбор контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, исходя из конкретно поставленной задачи, аргументировать свой выбор;</p> <p>уметь пользоваться стандартами и нормативно-технической документацией.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>навыками по обращению с различными датчиками технологических параметров, датчиками электрических величин электропривода, измерительными приборами «интеллектуального» типа и комплексами измерительных систем;</p> <p>навыками проектирования типовых структур многоуровневых АСДУ и систем автоматизированного мониторинга распределённых объектов управления (ОУ) систем электротеплоснабжения;</p> <p>навыками применения различных методик расчёта настроечных параметров регуляторов.</p>
--	--	---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Высшая математика
2	Физика
3	Теоретические основы электротехники
4	Электрические аппараты
5	Электрические машины
6	Особенности профессиональной деятельности
7	Электрические измерения
8	Электротехническое материаловедение
9	Электроника
10	Автоматизированные системы контроля и учета энергии

11	Теория автоматического управления
12	Электрический привод
13	Элементы систем автоматики
14	Функциональные узлы цифровой автоматики

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Электропривод в современных технологиях
2	Автоматизация процессов и оборудования
3	Автоматизированные системы управления технологическими процессами
4	Микроконтроллеры в электроприводе
5	Монтаж, наладка и эксплуатация электроприводов
6	Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
7	Преддипломная практика
8	Государственная итоговая аттестация

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	85	85
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	131	131
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	189	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	77	77
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	Экзамен (36)

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1. Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 3 Семестр 6**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Основные понятия и определения технической кибернетики. Математическое описание, передаточные функции, понятия временных и частотных характеристик датчиков</b>					
1.1	Введение в информатику – кибернетику – автоматику (датчики – регуляторы – автоматические системы – автоматизация). Краткая историческая справка о развитии автоматики. Современные автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ) распределенными энергосистемами. Многоуровневые АСДУ. Особенности основных уровней автоматизации управления производственным процессом.	2	-	-	2
1.2	Основные понятия об особенностях схем автоматических систем контроля и управления (блок-схема, функциональная и структурная схемы) на примере типовых систем автоматического регулирования (САР).	2	4	-	6
1.3	Первичные измерительные преобразователи и измерительные приборы, их основные характеристики. Уравнения динамики и статики датчиков технологических параметров (ТП). Примеры математических моделей датчиков ТП и особенности решения уравнений движения с учетом типовых математических моделей датчиков ТП.	2	5	-	7
<b>2. Основные типы датчиков технологических параметров, принципы их действия и особенности</b>					
2.1	Датчики и приборы для измерения температуры. Их назначение и классификация. Типы контактных датчиков температуры, их особенности и принцип действия. Передаточные функции контактных датчиков температуры. Статические и динамические характеристики. Особенности интеллектуальных датчиков температуры.	2	-	2	3
2.2	Бесконтактные методы измерения температуры. Классификация бесконтактных датчиков температуры. Статические и динамические характеристики. Принцип действия пирометров частичного излучения, спектрального отношения, полного излучения. Структурная схема тепловизора.	2	-	2	3
2.3	Датчики и приборы для измерения давления. Их назначение и классификация. Типы датчиков давления, их особенности и принцип действия. Передаточные функции датчиков давления. Статические и динамические характеристики. Особенности интеллектуальных датчиков.	2	-	2	3
2.4	Датчики и приборы для измерения количества и расхода вещества. Их назначение и классификация. Типы датчиков расхода, их особенности и принцип действия. Передаточные функции датчиков	2	-	2	3

	расхода и их характеристики.				
2.5	Датчики в составе узлов учета теплоснабжения (УУТ). Назначение и классификация приборов для УУТ, их структура. Особенности применяемых датчиков. Передаточные функции датчиков в составе УУТ, их характеристики. Особенности типового «интеллектуального» теплосчётчика.	2	-	2	3
2.6	Датчики и приборы для измерения уровня. Их назначение и классификация. Типы датчиков уровня, их особенности и принцип действия. Передаточные функции датчиков уровня. Статические и динамические характеристики. Особенности интеллектуальных датчиков.	2	-	-	1
2.7	Датчики электрических величин. Структурные схемы аналоговых и цифровых датчиков тока и напряжения. Передаточные функции и характеристики типовых датчиков тока и напряжения. Использование эффекта Холла и эффекта магнетосопротивления в датчиках измерения электрических величин.	2	4	-	6
2.8	Датчики тока, используемые в электроприводе (ЭП). Классификация и предъявляемые к ним требования. Датчики проводимости. Полупроводниковые ключи с датчиком тока. Датчики ЭДС, их характеристики и передаточные функции.	2	-	-	1
2.9	Датчики скорости. Схема аналогового тахогенератора. Основные типы импульсных датчиков скорости. Возможные функции импульсных датчиков скорости в составе с вентильным двигателем.	2	4	-	6
2.10	Датчики положения ротора (ДПР). Классификация, основные преимущества и недостатки различных типов ДПР. Принципиальные схемы различных датчиков индуктивного типа. Принцип работы ДПР с гальваномагнитными элементами (датчики Холла). ДПР оптического типа с фотоэлектронными элементами. Индукционные ДПР аналогового типа.	2	-	-	1
<b>3. Регулирующие устройства автоматических систем. Локальные регуляторы и контроллеры различного функционального назначения</b>					
3.1	Особенности регуляторов прямого и непрямого действия. Современные регуляторы прямого действия. Состав регулирующих устройств (регуляторов) систем автоматизации объектов управления (ОУ).	2	5	-	7
3.2	Классификация промышленных контроллеров. Особенности формирования законов регулирования типа П, ПИ и ПИД на базе контроллеров и их расчет. Показатели качества САР. Основные методики настройки параметров ПИД-регуляторов для контроллеров.	2	4	2	8
3.3	Типовые специализированные контроллеры. Их назначение, структура, основные блоки регулирования и особенности. Типовые контроллеры программно-логического типа. Их назначение, структура и особенности. Особенности построения локальных САР и разработки алгоритмов управления распределёнными ОУ на основе типовых специализированных контроллеров.	2	4	3	9
3.4	Типовые контроллеры программно-логического типа. Отличия контроллеров логического типа от специализированных. Их назначение, структура и особенности. Особенности построения локальных САР на основе контроллеров программно-логического типа.	2	4	2	8
<b>ВСЕГО</b>		<b>34</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>77</b>

## 4.2. Перечень практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1.	Основные понятия и определения технической кибернетики. Математическое описание, передаточные функции, понятия временных и частотных характеристик датчиков.	Разработка блок-схем и функциональных схем автоматизации различных объектов управления и структурных схем локальных САР по заданному каналу регулирования.	4	4
2.		Основные временные и частотные характеристики датчиков.	5	5
3.	Основные типы датчиков технологических параметров, принципы их действия и особенности	Выбор и расчет параметров датчиков тока и напряжения, работающих на эффекте Холла.	4	4
4.		Расчет статической и динамической характеристик тахогенератора. Расчет характеристик и показателей импульсных датчиков скорости.	4	4
5.	Регулирующие устройства автоматических систем. Локальные регуляторы и контроллеры различного функционального назначения.	Определение переходных характеристик «датчик - ОУ» и особенности расчета параметров настройки электронных регуляторов.	5	5
6.		Особенности формирования закона регулирования типа ПИ на базе контроллера с учетом или без учета внутренней ОС.	4	4
7.		Построение функциональных схем локальных САР на основе типовых специализированных контроллеров (управление температурным режимом промышленной установки).	4	4
8.		Построение функциональных схем локальных САР на основе контроллеров программно-логического типа (управление моноблоком электроприводов с применением реле-давления).	4	4
ИТОГО:			34	34

## 4.3. Перечень лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1.	Основные типы датчиков технологических параметров, принципы их действия, особенности,	Экспериментальное исследование особенностей статических и динамических характеристик контактных датчиков температуры. Определение уравнений динамики, их параметров и передаточных функций.	2	2



2.	статические и динамические характеристики	Экспериментальное исследование особенностей характеристик инфракрасных датчиков температуры и пирометров. Определение уравнений динамики, их параметров и передаточных функций.	2	2
3.		Исследование особенностей датчиков давления аналогового и цифрового типов.	2	2
4.		Исследование особенностей датчиков расхода электромагнитного типа и измерительных приборов «интеллектуального» типа.	2	2
5.		Исследование комплекса измерительных систем интеллектуального типа для учета тепловой энергии. Изучение работы теплосчётчиков.	2	2
6.	Регулирующие устройства автоматических систем. Локальные регуляторы и контроллеры различного функционального назначения	Исследование специализированных контроллеров типа ECL Comfort 300 в рамках управления распределенными системам теплоснабжения.	2	2
7.		Настройка параметров ПИД-регулятора специализированного контроллера ТРМ32.	3	3
8.		Исследование контроллеров программного-логического типа САУ-МП.	2	2
ИТОГО:			17	17

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Основные понятия и определения технической кибернетики. Математическое описание, передаточные функции, понятия временных и частотных характеристик датчиков	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение в информатику – кибернетику – автоматизацию. Краткая историческая справка.</li> <li>2. Первые промышленные регуляторы и их особенности.</li> <li>3. Основные принципы автоматического регулирования.</li> <li>4. Основные понятия автоматических систем контроля и управления. Функциональная и структурная схемы автоматизации.</li> <li>5. Основные понятия автоматических систем контроля и управления. Блок-схема автоматизации ОУ.</li> <li>6. Понятие первичного измерительного преобразователя. Основные его характеристики.</li> <li>7. Понятие измерительного прибора. Основные его характеристики.</li> <li>8. Классификация датчиков первичных измерительных преобразователей.</li> </ol>

		<p>9. Уравнения динамики и статики датчиков. Привести примеры с учетом датчиков температуры или давления.</p> <p>10. Методы решения дифференциальных уравнений. Преобразования Лапласа и их основные свойства на примере термопреобразователей сопротивления.</p> <p>11. Временные характеристики датчиков. Привести примеры с учетом датчиков температуры или давления.</p> <p>12. Определение переходной характеристики термопары.</p> <p>13. Частотные характеристики датчиков. Привести примеры с учетом датчиков температуры или давления.</p> <p>14. Математические модели датчиков на примере термопары и датчика давления.</p> <p>15. Современные автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ) распределенными энергосистемами зданий.</p> <p>16. Многоуровневые АСДУ. Особенности основных уровней и особенности протоколов связи между оборудованием различных уровней.</p>
2.	<p>Основные типы датчиков технологических параметров, принципы их действия и особенности</p>	<p>17. Датчики и приборы для измерения температуры. Их назначение и классификация.</p> <p>18. Металлические и полупроводниковые датчики температуры. Типы датчиков температуры, их особенности и принцип действия. Передаточные функции этих типов датчиков температуры.</p> <p>19. Термоэлектрические датчики. Типы датчиков температуры, их особенности и принцип действия. Передаточные функции этих типов датчиков температуры.</p> <p>20. Особенности контактных и бесконтактных средств измерения температуры.</p> <p>21. Динамические характеристики датчиков температуры контактные и бесконтактные.</p> <p>22. Бесконтактные методы измерения температуры. Принцип действия пирометров частичного излучения, спектрального отношения, полного излучения.</p> <p>23. Датчики и приборы для измерения давления. Их назначение и классификация. Основные типы датчиков давления и их принцип действия. Передаточные функции датчиков давления.</p> <p>24. Особенности датчиков давления тензорезисторного типа. Структура аналоговых и цифровых датчиков давления тензорезисторного типа.</p> <p>25. Статические и динамические характеристики датчиков давления. Особенности при измерении давления с учетом импульсных трубок.</p> <p>26. Датчики и приборы для измерения количества и расхода.</p>

		<p>Их назначение и классификация. Типы датчиков расхода, их особенности и принцип действия (турбинные и крыльчатые, ультразвуковые и вихревые). Передаточные функции датчиков расхода.</p> <p>27. Датчики и расходомеры электромагнитного типа.</p> <p>28. Интеллектуальные приборы для измерения тепловой энергии и их классификация. Особенности применяемых датчиков в составе этих приборов.</p> <p>29. Электромагнитные теплосчётчики и их особенности.</p> <p>30. Датчики и приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. Датчики уровня на базе гидростатических датчиков давления, их особенности и принцип действия.</p> <p>31. Емкостные и акустические датчики уровня, их особенности и принцип действия.</p> <p>32. Структура аналоговых и цифровых датчиков напряжения и тока. Передаточные функции, ВАХ и ЛАЧХ типовых датчиков тока и напряжения.</p> <p>33. Конструкция датчика тока на основе элемента Холла. Функциональная схема датчика тока на основе элемента Холла.</p> <p>34. Полупроводниковые ключи с датчиком тока. Принцип работы датчика тока, встроенного в MOSFET транзистор.</p> <p>35. Схема датчиков ЭДС на базе датчиков тока и напряжения. Передаточная функция датчика ЭДС.</p> <p>36. Принципиальная схема аналогового тахогенератора. Статическая и динамическая характеристика тахогенератора.</p> <p>37. Типы импульсных датчиков скорости и принцип их работы. Основные характеристики и показатели импульсных датчиков скорости.</p> <p>38. Разновидности датчиков положения ротора вентильного двигателя. Принципиальная схема ДПП на базе датчиков Холла.</p>
3	<p>Регулирующие устройства автоматических систем. Локальные регуляторы и контроллеры различного функционального назначения</p>	<p>39. Особенности регуляторов прямого и непрямого действия. Состав регуляторов.</p> <p>40. Применение РПД в системах теплоснабжения.</p> <p>41. Классификация контроллеров.</p> <p>42. Основные особенности специализированных контроллеров.</p> <p>43. Основные особенности контроллеров для выполнения логических зависимостей.</p> <p>44. Основные особенности универсальных контроллеров.</p> <p>45. Основные законы управления и идеальные регуляторы.</p> <p>46. Особенности идеальных П-регуляторов, их структура, передаточные функции и временные характеристики.</p>

		<p>47. Особенности идеальных ПИ-регуляторов, их структура, передаточные функции и временные характеристики.</p> <p>48. Особенности идеальных ПИД-регуляторов, их структура, передаточные функции и временные характеристики.</p> <p>49. Сравнительный анализ П-, ПИ- и ПИД-регуляторов.</p> <p>50. Особенности регулирующих устройств при реализации пропорционального закона регулирования.</p> <p>51. Типовой контроллер из класса специализированных. Особенности и характеристики контроллера типа ТРМ32.</p> <p>52. Возможности применения контроллера типа ТРМ32 в системах теплоснабжения. Функциональная схема локальной САР.</p> <p>53. Типовой контроллер из класса специализированных. Особенности и характеристики контроллера типа ТРМ32.</p> <p>54. Типовой контроллер из класса программно-логических. Особенности и характеристики контроллера типа САУ-МП.</p> <p>55. Особенности схемы управления и контроля блоком циркуляционных насосов.</p> <p>56. Возможности применения контроллеров типа ТРМ32 и типа САУ-МП в системах теплоснабжения. Функциональная схема локальной САР.</p> <p>57. Типовой контроллер из класса специализированных. Особенности и характеристики контроллера типа ECL Comfort 300.</p> <p>58. Автоматизация распределенных объектов управления. Особенности автоматизации системы теплоснабжения здания на базе контроллера типа ECL Comfort 300.</p> <p>59. Особенности ПИД-закона регулирования в цифровой форме.</p> <p>60. Особенности реализации ПИ-закона регулирования в цифровой форме без учета датчика положения ИМ.</p> <p>61. Определение переходной характеристики «ОУ- датчик технологического параметра».</p> <p>62. Особенности определения настроечных параметров регулятора (ОНПР).</p> <p>63. Особенности методики ОНПР на основе применения переходной характеристики «ОУ- датчик технологического параметра».</p>
--	--	---

## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

### 5.3. Расчётно-графическое задание

Учебным планом предусмотрено выполнение расчётно-графического задания объемом самостоятельной работы студента (СРС) 18 часов.

Расчётно-графическое задание выполняется с целью проверки умений студента применять полученные знания для проектирования автоматических систем регулирования объектами теплоэнергетики на базе микроконтроллеров различного типа, расчета и анализа математической модели объекта управления, подбора оборудования и настройки регуляторов.

ТЕМА: «Автоматизация объектов управления в виде систем электротеплоснабжения».

Расчётно-графическое задание по дисциплине «Датчики и регуляторы в электроприводе» состоит из следующих пунктов:

- а) построение и описание блок-схемы автоматизации объекта управления;
- б) построение и описание функциональной схемы автоматизации ОУ;
- в) выбор датчиков и микропроцессорных измерительных приборов для контроля основных параметров ОУ, контроллеров;
- г) расчет и построение переходной характеристики «датчик – объект управления»;
- д) расчет параметров настройки регуляторов;

Исходные данные для РГЗ следующие:

1. Уравнение движения ОУ:

$$T_{oy} \frac{d X(t)}{d t} + X(t) = k_{oy} \cdot Y(t - \tau),$$

где  $X(t)$  – регулируемая величина ОУ;  $Y(t)$  – регулирующая величина ОУ;  $T_{oy}$  – постоянная времени ОУ;  $\tau$  – время запаздывания;  $k_{oy}$  – коэффициент передачи ОУ по заданному каналу регулирования.

2. Уравнение движения датчика технологического параметра:

$$T_d \frac{d D(t)}{d t} + F(t) = k_d X(t),$$

где  $D(t)$  – выходная величина датчика технологического параметра;  $T_d$  – постоянная времени датчика;  $k_d$  – чувствительность датчика ( $T_d$  и  $k_d$  определяются с учетом выбранного датчика).

Варианты тем РГЗ.

Тема РГЗ	
Объект управления (ОУ)	$X(t)$ – регулируемая величина ОУ; $Y(t)$ – регулирующая величина ОУ.

Уравнение движения ОУ	$T_{oy} \frac{d X(t)}{d t} + X(t) = k_{oy} \cdot Y(t - \tau),$ <p>где <math>T_{oy}</math> – постоянная времени ОУ; <math>\tau</math> – время запаздывания; <math>k_{oy}</math> – коэффициент передачи ОУ по заданному каналу регулирования (задан в относительных величинах, %/%).</p>
-----------------------	--

Исходные параметры соответственно для ОУ:

- |                       |                      |                 |
|-----------------------|----------------------|-----------------|
| 1. $T_{oy} = 30,0$ с  | $k_{oy} = 1,2$ %/%,  | $\tau = 10$ с   |
| 2. $T_{oy} = 32,0$ с  | $k_{oy} = 1,21$ %/%, | $\tau = 11$ с   |
| 3. $T_{oy} = 34,0$ с  | $k_{oy} = 1,22$ %/%, | $\tau = 12$ с   |
| 4. $T_{oy} = 36,0$ с  | $k_{oy} = 1,23$ %/%, | $\tau = 13$ с   |
| 5. $T_{oy} = 37,0$ с  | $k_{oy} = 1,24$ %/%, | $\tau = 14$ с   |
| 6. $T_{oy} = 38,0$ с  | $k_{oy} = 1,25$ %/%, | $\tau = 15$ с   |
| 7. $T_{oy} = 39,0$ с  | $k_{oy} = 1,26$ %/%, | $\tau = 16$ с   |
| 8. $T_{oy} = 40,0$ с  | $k_{oy} = 1,27$ %/%, | $\tau = 17$ с   |
| 9. $T_{oy} = 40,5$ с  | $k_{oy} = 1,28$ %/%, | $\tau = 18$ с   |
| 10. $T_{oy} = 41,0$ с | $k_{oy} = 1,29$ %/%, | $\tau = 18,5$ с |
| 11. $T_{oy} = 41,5$ с | $k_{oy} = 1,3$ %/%,  | $\tau = 19$ с   |
| 12. $T_{oy} = 42,0$ с | $k_{oy} = 1,31$ %/%, | $\tau = 19,5$ с |
| 13. $T_{oy} = 42,5$ с | $k_{oy} = 1,32$ %/%, | $\tau = 19,6$ с |
| 14. $T_{oy} = 43,0$ с | $k_{oy} = 1,33$ %/%, | $\tau = 19,7$ с |
| 15. $T_{oy} = 43,5$ с | $k_{oy} = 1,34$ %/%, | $\tau = 19,8$ с |
| 16. $T_{oy} = 44,0$ с | $k_{oy} = 1,35$ %/%, | $\tau = 19,9$ с |
| 17. $T_{oy} = 44,5$ с | $k_{oy} = 1,36$ %/%, | $\tau = 20$ с   |
| 18. $T_{oy} = 45,0$ с | $k_{oy} = 1,37$ %/%, | $\tau = 20,1$ с |
| 19. $T_{oy} = 45,5$ с | $k_{oy} = 1,38$ %/%, | $\tau = 20,2$ с |
| 20. $T_{oy} = 46,0$ с | $k_{oy} = 1,39$ %/%, | $\tau = 20,3$ с |
| 21. $T_{oy} = 46,5$ с | $k_{oy} = 1,40$ %/%, | $\tau = 20,4$ с |
| 22. $T_{oy} = 47,0$ с | $k_{oy} = 1,41$ %/%, | $\tau = 20,5$ с |
| 23. $T_{oy} = 47,5$ с | $k_{oy} = 1,42$ %/%, | $\tau = 20,6$ с |

#### 5.4. Перечень контрольных работ

Контрольные работы не предусмотрены.

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Древис, Ю.Г. Технические и программные средства систем реального времени [Электронный ресурс] : учебник / Ю.Г. Древис. — Электрон. дан. — Москва :

Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 337 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70691>. — Загл. с экрана.

2. Шарапов, В.М. Датчики [Электронный ресурс] : справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой, Г.Г. Ишанин. — Электрон. дан. — Москва : Техносфера, 2012. — 624 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73560>. — Загл. с экрана.

3. Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ю. Ощепков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5848>. — Загл. с экрана.

4. Потапенко, А.Н. Основы автоматизации процессов централизованного теплоснабжения зданий: учебное пособие/ А.Н. Потапенко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 206 с. .— Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040920510613432800006174> . — Загл. с экрана.

## 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Авдеева, Д.К. Преобразование измерительных сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.К. Авдеева. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2011. — 128 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10292>. — Загл. с экрана.

2. Новожилов, Б.М. Исследование динамических свойств датчика температуры [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.М. Новожилов. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 23 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52230>. — Загл. с экрана.

3. Шидловский С. В. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный учебник]: учебное пособие / Шидловский С. В., 2005, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 100 с. — Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/13918>— Загл. с экрана.

4. Посашков, М.В. Энергосбережение в системах теплоснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Посашков, В.И. Немченко, Г.И. Титов. — Электрон. дан. — Самара : АСИ СамГТУ, 2014. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73928>. — Загл. с экрана.

## 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Журнал “Современные технологии автоматизации” с 2012 г. [Электронный ресурс]. – электрон. текст. дан. - Режим доступа: <http://www.cta.ru>.

2. Для научных и прикладных исследований с применением интеллектуальных приборов. [Электронный ресурс]. – электрон. текст. дан. - Режим доступа: [http://www.beta.ru/mobile\\_labs](http://www.beta.ru/mobile_labs) .

3. Промышленная автоматика Danfoss [Электронный ресурс]. – электрон. текст. дан. - Режим доступа: <http://danfoss.com>. — Заглавие с экрана. Каталог оборудования для автоматизации компании ОВЕН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog> . — Заглавие с экрана.

4. MATLAB. Exponenta. Simulink: Инструмент моделирования динамических

систем. Содержание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php>.— Заглавие с экрана.

5. Портативные и стационарные расходомеры фирмы Portaflow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portaflo.ru/> . — Заглавие с экрана.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия – аудитории МК 211 и МК 215, оснащенная доской и презентационной техникой (ноутбук, проектор, экран), комплектом электронных презентаций.

Практические занятия – аудитория МК 212, оснащенная доской, наглядными материалами и плакатами;

Лабораторные занятия – аудитория МК 215, оснащенная информационными стендами; демонстрационная зона по энергосбережению при БГТУ им. В.Г. Шухова (автоматизированные ИТП механического, главного, аудиторного и лабораторного корпусов). Автоматизированные ИТП содержат следующее оборудование для выполнения лабораторных работ:

- Измерительные приборы: портативный электроанализатор количества и качества энергии AR 5M Circutor, ультразвуковой толщиномер Sonage, Sonatest, ультразвуковой расходомер жидкости Portaflow, люксметр RS 180-7133, инфракрасный электронный термометр (пирометр) RayHx4P Raytek, тахометр KM 6002, тепловизор TVS-110, термоанемометр Testo 425, теплосчётчик KM-5M;
- Регулятор перепада давления типа IVD/IVF;
- Седельный регулирующий клапан типа VB2;
- Исполнительный механизм типа AMV;
- Электронный регулятор температуры (контроллер) типа ECL Comfort 300;
- Циркуляционные насосы фирмы “Грундфос”, в том числе, и моноблоки этих насосов;
- Датчики температуры в системах теплоснабжения: ESM 10 – датчик применяется для измерения температуры наружного и внутреннего воздуха в зданиях, ESMU – погружной датчик температуры, ESM 11 – датчик температуры накладного типа.

Для лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов предусмотрен компьютерный класс МК 424, оснащенный презентационной техникой (проектор Acer Projector P1165) и персональными компьютерами (IntelCore i3-8100 CPU 3.60 ГГц/ Gigabyte Z370 HD3/ RAM 8192 Мб/ HDD 1 Тб/ NVIDIA GeForce GTX 750/ AOC 23,8"/ ASUS DRW-24D5MT/ Wi-Fi/ LAN100Mb/ CyberPower BS850E), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же с участием в программах Microsoft Office 365 для образования (студенческий) (№ дог. E04002C51M) с возможностью



бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft Для практических занятий используется предустановленное лицензионное программное обеспечение Microsoft: Windows 10 Корпоративная (Enterprise) (№ дог. E04002C51M), Microsoft Office Professional Plus 2016 (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633/ Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01), специализированное программное обеспечение для расчета и моделирования электрических схем в установившемся и переходном режимах: Matlab 2013b № договора 362444, математический редактор Mathcad Express (бесплатная версия).

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2017 /2018 учебный год.

Протокол № 15 заседания кафедры от «10» 06 2017 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО

**Список изменений и дополнений в рабочей программе, утвержденной на 2017/2018 учебный год.**

В пункт 6.3 добавлены следующие интернет-источники:

Организация телемеханики пункта секционирования воздушных сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen-energy.ru/15>— Заглавие с экрана.

**Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2018 /2019 учебный год.**

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» 05 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО.



Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



**Список изменений и дополнений в рабочей программе, утвержденной на 2018/2019 учебный год.**

В пункт 6.3 добавлены следующие интернет-источники:

Двухконтурные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teplo.owen.ru/solution/2>— Заглавие с экрана.

### **Методические рекомендации для преподавания по дисциплине «ДАТЧИКИ И РЕГУЛЯТОРЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ»**

Преподавание дисциплины «Датчики и регуляторы в электроприводе» должно проводиться в соответствии с внутривузовским образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 13.03.02. – Электроэнергетика и электротехника.

Основные изучаемые разделы перечислены в пункте 5.1 рабочей программы. Базовой основой лекционных, практических и лабораторных занятий является учебная литература (пункт 6.1).

При чтении лекций применяются интерактивные средства обучения, которые позволяют демонстрировать электронные презентации изучаемого материала.

Для лабораторных работ предусмотрена следующая структура: допуск, выполнение, защита. Допуск к выполнению лабораторной работы проводится в виде экспресс-опроса. Защита лабораторных работ проходит в виде индивидуального диалога студента с преподавателем.

Промежуточная аттестация проставляется по результатам лабораторного практикума и посещения лекционных и практических занятий.

Контрольной точкой при освоении дисциплины является экзамен, положительная оценка на котором ставится студенту только при наличии выполненных и защищенных всех лабораторных работ, выполненного и защищенного расчетно-графического задания, и демонстрации знания теоретического материала изучаемого в течение семестра.

### **Методические рекомендации студентам по самостоятельному изучению дисциплины «ДАТЧИКИ И РЕГУЛЯТОРЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ»**

Самостоятельное изучение дисциплины основывается на освоении теоретического материала по преподаваемым в рамках лекционного курса разделам, выполнении лабораторных и практических работ, выполнении расчетно-графического задания. Изучение теоретических вопросов можно проводить по книгам основной и дополнительной литературы (см. пункт 6.1, 6.2). Для выполнения лабораторных работ используются электронные раздаточные материалы, а также рекомендуется использование справочной литературы и методических указаний (см. пункт 6.2).

Для эффективного изучения теоретической части дисциплины «Датчики и регуляторы в электроприводе» необходимо:

- построить работу по освоению дисциплины в порядке, отвечающем изучению основных разделов (см. пункт 4.1);
- ориентируясь на количество отводимых для самостоятельного изучения часов (см. пункт 3), распланировать работу и систематически проверять уровень полученных знаний, отвечая на контрольные вопросы (см. пункт 5.1);
- работать с основной и дополнительной литературой по соответствующим темам.

Для эффективного изучения практической части дисциплины «Датчики и регуляторы в электроприводе» настоятельно рекомендуется:

- систематически выполнять подготовку к лабораторным работам по предложенным темам (см. пункт 4.3);
- своевременно защищать выполненные и оформленные в соответствии с требованиями работы задания.

Непременным условием допуска к экзамену по дисциплине является наличие всех выполненных и защищенных лабораторных работ, выполненное и защищенное расчетно-графическое задание. Для успешной сдачи экзамена рекомендуется посещение всех лекций и выполнение методических рекомендаций по самостоятельному изучению дисциплины.