



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
27.03.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль/специализация) программы  
Системы и средства автоматизации технологических процессов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	4

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 31.07.2020 г. № 871)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления  
25.01.2023, протокол № 7

Зав. кафедрой  С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры АСУ,  И.Г. Самарина

Рецензент:  
зам. директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук

  
Ю.Н. Волшуков



## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

усвоение основных сведений по теории, принципам построения и работы типовых элементов автоматических систем управления, способность производить расчёты и проектирование отдельных элементов и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Технические средства автоматизации и управления входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Электроника в управляющих устройствах

Метрология и средства измерений

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

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Технические средства автоматизации и управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-8	Способен выполнять наладку измерительных и управляющих средств и комплексов, осуществлять их регламентное обслуживание
ОПК-8.1	Выполняет наладку измерительных и управляющих средств и комплексов с целью приведения их характеристик к проектным значениям
ОПК-8.2	Осуществляет регламентное обслуживание измерительных и управляющих средств и комплексов с целью стабилизации их характеристик

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 17,2 акад. часов;
- аудиторная – 14 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 154,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Технические средства автоматизированных систем регулирования (АСР)								
1.1 Основные элементы АСР. ГСП	4	0,25			10	Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекции	Конспект	ОПК-8.1, ОПК-8.2
1.2 Принципы управления. Классификация АСР		0,25			10	Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекции	Конспект	ОПК-8.1, ОПК-8.2
Итого по разделу		0,5			20			
2. Измерители рассогласования (ИР) АСР и								
2.1 Функции, характеристики, варианты исполнения ИР. Параметры сигналов	4	0,25			10	Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекции,	Конспект	ОПК-8.1, ОПК-8.2
2.2 Выпрямители и усилители. Интерфейсные устройства		0,25			10	Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекции	Конспект	ОПК-8.1, ОПК-8.2
Итого по разделу		0,5			20			
3. Исполнительные механизмы (ИМ) АСР								

3.1 Классификация, стандартные параметры, характеристики, конструкции	4	0,5			15	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос, лабораторная работа	ОПК-8.1, ОПК-8.2
3.2 Электрические, пневматические, гидравлические ИМ. Динамические характеристики ИМ		0,5	2/ИИ		15	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос, лабораторные работы	ОПК-8.1, ОПК-8.2
Итого по разделу		1	2/ИИ		30			
4. Исполнительные устройства								
4.1 Дроссельные регулирующие органы (РО)	4	1			15	Самостоятельное изучение учебной литературы	Конспект	ОПК-8.1, ОПК-8.2
4.2 Расходные характеристики РО. Конструкции РО		1	2/1,2И		15	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Тест, лабораторные работы, контрольная	ОПК-8.1, ОПК-8.2
4.3 Выбор РО. Сочленение РО и ИМ			2/ИИ		15	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Конспект, лабораторные работы	ОПК-8.1, ОПК-8.2
Итого по разделу		2	4/2,2И		45			
5. Автоматические регуляторы и регулирующие устройства								
5.1 Реализация законов И-, П-, ПИ-, ПИД-регулирования с ИМ пропорциональной и постоянной скорости	4	1	2		15	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос, лабораторные работы, тест	ОПК-8.1, ОПК-8.2
5.2 Экспериментальное определение динамических параметров регуляторов. Принципы построения средств регулирования и управления		1			14	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос, лабораторные работы	ОПК-8.1, ОПК-8.2
5.3 Микропроцессорные средства автоматизации					10,1	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос, лабораторные работы	ОПК-8.1, ОПК-8.2
Итого по разделу		2	2		39,1			
6. Экзамен								
6.1 Экзамен	4						Теоретические вопросы, задача	ОПК-8.1, ОПК-8.2

Итого по разделу							
Итого за семестр	6	8/3,2И		154,1		экзамен	
Итого по дисциплине	6	8/3,2И		154,1		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Технические средства автоматизации и управления» 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.

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

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

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

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе выполнения контрольных работ, 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;

- встречи с представителями проектных и обслуживающих предприятий: ООО «ОСК», ООО «Информсервис ММК», ООО «КонсОМ»; предполагаемые темы встреч: «Инновации в области контрольно-измерительной техники», «Интеллектуальные мехатронные системы», «Диагностика и поверка средств измерений».

- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, контрольная работа, тестовый опрос, индивидуальная «защита»

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления : учеб. пособие / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2017. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://new.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010325-9 . - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/600381> (дата обращения: 18.09.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Артамонов, Ю. С. Технические средства автоматизации: лабораторный практикум / Ю. С. Артамонов; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:



<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1334.pdf&show=dcatalogues/1/1123638/1334.pdf&view=true> (дата обращения: 14.09.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM

**б) Дополнительная литература:**

1. Смирнов, Ю. А. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие / Ю. А. Смирнов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 456 с. — ISBN 978-5-8114-5413-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140779> (дата обращения: 18.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей

2. Артамонов, Ю. С. Электрические измерения : учебно-методическое пособие / Ю. С. Артамонов, В. В. Гребенникова. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1000.pdf&show=dcatalogues/1/1119172/1000.pdf&view=true> (дата обращения: 14.09.2022). - Макрообъект. - Текст: электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Страшун, Ю. П. Технические средства автоматизации и управления : учебно-методическое пособие / Ю. П. Страшун. — Москва : МИСИС, 2015. — 154 с. — ISBN 978-5-87623-910-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116695> (дата обращения: 18.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Захachatнов, В. Г. Технические средства автоматизации : учебное пособие / В. Г. Захachatнов, В. М. Попов, В. А. Афонькина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-4111-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130159> (дата обращения: 18.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Смирнов, Ю. А. Управление техническими системами : учебное пособие / Ю. А. Смирнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 264 с. — ISBN 978-5-8114-3899-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126913> (дата обращения: 18.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**в) Методические указания:**

1. Артамонов, Ю. С. Технические средства автоматизации: лабораторный практикум / Ю. С. Артамонов; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1334.pdf&show=dcatalogues/1/1123638/1334.pdf&view=true> (дата обращения: 14.09.2022). - Макрообъект. - Текст: электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Аполлонский, С. М. Электрические аппараты автоматики : учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-3728-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121463> (дата обращения: 18.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей

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

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
-----------------	------------	------------------------

MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа - Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ (лаборатория технических средств автоматизации)

Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ ауд. 435:

- лабораторная установка «Динамические свойства исполнительных механизмов»;
- лабораторная установка «Определение расходных характеристик РО»;
- лабораторная установка «Динамич. парам. ПИ-регулятора»;
- лабораторная установка «Определение параметров П-регулятора»;
- лабораторная установка «Определение параметров И- регулятора».

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

**6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Технические средства автоматизации и управления» 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
<p>Исследование измерителей рассогласования</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислить основные принципы управления.</li> <li>2. Структурная схема системы автоматического управления.</li> <li>3. Нарисовать переходную характеристику релейного измерителя рассогласования.</li> <li>4. Нарисовать конструкцию (упрощённую) и принципиальную схему включения потенциометрического резистивного датчика.</li> <li>5. Нарисовать переходную характеристику потенциометрического резистивного датчика с линейным потенциометром.</li> <li>6. Нарисовать упрощённую принципиальную схему измерителя рассогласования с резистивными датчиком и задатчиком.</li> <li>7. Нарисовать мостовой измеритель рассогласования с резистивным датчиком и медным терморезистором в качестве датчика температуры объекта.</li> <li>8. Как понимать, что для равновесного состояния объекта коэффициент передачи мостового измерителя рассогласования по каналу задания составляет 0,006 В/Ом?</li> </ol>
<p>Изучение динамических свойств электрических исполнительных механизмов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Из каких основных частей состоит электрический исполнительный механизм?</li> <li>2. Эскизно нарисовать мембранный пневматический исполнительный механизм.</li> <li>3. Назвать пределы изменения давления воздуха, соответствующие началу и концу перемещения штока мембранного пневматического исполнительного механизма.</li> <li>4. Какими основными параметрами характеризуется электрический исполнительный механизм?</li> <li>5. Перечислить стандартные углы поворота электрических механизмов.</li> <li>6. Перечислить стандартные времена полного хода электрических исполнительных механизмов.</li> <li>7. Нарисовать схему дистанционного указателя положения выходного вала электрического исполнительного механизма с резистивным датчиком положения.</li> <li>8. Нарисовать схему дистанционного указателя положения выходного вала электрического исполнительного механизма с дифференциально-трансформаторным датчиком положения.</li> <li>9. Нарисовать схему дистанционного указателя положения выходного вала электрического исполнительного механизма с индуктивным датчиком положения</li> </ol>
<p>Определение расходных</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дать определение пропускной способности дроссельного регулирующего органа.</li> </ol>

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
<p>характеристик дроссельных регулирующих органов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Дать определение пропускной характеристики дроссельного регулирующего органа.</li> <li>3. Дать определение конструктивной характеристики дроссельного регулирующего органа.</li> <li>4. Дать определение расходной характеристики (идеальной) дроссельного регулирующего органа.</li> <li>5. Дать определение условного коэффициента сопротивления дроссельного регулирующего органа.</li> <li>6. Дать определение условного коэффициента сопротивления линии.</li> <li>7. Объяснить, почему при преимущественно внутренних возмущениях, идущих по каналу регулирующего воздействия, предпочтительна равнопроцентная расходная характеристика регулирующего органа.</li> <li>8. Объяснить, почему при преимущественно внешних возмущениях, идущих, например, по каналу задания, предпочтительна линейная расходная характеристика регулирующего органа.</li> <li>9. Перечислить наиболее распространённые виды дроссельных регулирующих органов.</li> <li>10. Перечислить виды сочленений дроссельных регулирующих органов и исполнительных механизмов</li> </ol>
<p>Автоматическое двухпозиционное регулирование</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем отличаются между собой непрерывные и прерывистые САР?</li> <li>2. . Что такое релейная САР?</li> <li>3. Нарисовать статическую характеристику релейного элемента и объяснить её работу.</li> <li>4. Что такое двухпозиционное автоматическое регулирование?</li> <li>5. Придумать и нарисовать эскиз двухпозиционной САР уровня жидкости в баке.</li> <li>6. Нарисовать график двухпозиционного регулирования температуры одноёмкостного объекта без самовыравнивания с чистым запаздыванием.</li> <li>7. Объяснить, почему средняя температура на участке автоколебательного режима отличается от температуры задания.</li> <li>8. Объяснить, как изменится период колебаний на участке автоколебательного режима с изменением нагрузки.</li> <li>9. В каком соотношении между собой должны находиться величины притока и оттока для осуществления двухпозиционного автоматического регулирования?</li> </ol>
<p>Исследование САУ с пропорциональным регулятором</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какими параметрами характеризуется объект управления?</li> <li>2. Как экспериментально получить статическую и динамические характеристики объекта управления?</li> <li>3. Определить, что такое П-регулятор, написать формулу закона П-регулирования и дать определение величин, входящих в эту формулу.</li> <li>4. Нарисовать функциональную структуру П-регулятора.</li> <li>5. Назвать основные прямые показатели качества процесса управления.</li> <li>6. Какой прямой показатель характеризует точность системы в</li> </ol>

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
	<p>установившемся режиме?</p> <p>7. Какие из прямых показателей характеризуют колебательность системы, а какие – её быстодействие?</p> <p>8. Нарисовать график переходного процесса по каналу задания, соответствующий перерегулированию 30%.</p> <p>9. Как влияет коэффициент передачи регулятора на статическую ошибку регулирования?</p> <p>10. Как влияет нагрузка объекта на статическую ошибку регулирования?</p> <p>11. Как влияет величина задания на статическую ошибку регулирования?</p>
Исследование САУ с интегральным регулятором	<p>1. Написать формулу закона И-регулирования и определить входящие в неё величины.</p> <p>2. Перечислить и пояснить ход типовых переходных процессов при автоматическом регулировании.</p> <p>3. Определить показатели качества процесса регулирования.</p> <p>4. Как найти передаточную функцию регулятора?</p> <p>5. Как опытным путём найти коэффициент передачи <math>kp1</math>?</p> <p>6. Как повлияет на <math>kp1</math> изменение глубины дифференцирующей обратной связи?</p> <p>7. Как экспериментально найти возмущение ув, эквивалентное изменению нагрузки?</p> <p>8. Как найти оптимальные настройки И-регулятора?</p> <p>9. Как определить и реализовать уставки И-регулятора?</p>
Определение динамических характеристик ПИ-регулятора	<p>1. Аппроксимировать переходную характеристику реального объекта с S-образной переходной характеристикой моделью второго порядка.</p> <p>2. Написать передаточную функцию модели первого порядка.</p> <p>3. Как определить оптимальные параметры настройки ПИ-регулятора, если использована модель первого порядка?</p> <p>4. Как по годографу АФЧХ объекта определить критическое значение коэффициента передачи П-регулятора? б</p> <p>5. Как построить АФЧХ разомкнутой системы с ПИ-регулятором по АФЧХ объекта?</p> <p>6. Изложить алгоритм определения оптимальных динамических настроек ПИ-регулятора по АФЧХ объекта.</p> <p>7. Определить прямые показатели качества переходного процесса по каналу задания.</p> <p>8. Изложить алгоритм Циглера и Никольса для определения параметров динамической настройки П- и ПИ-регуляторов</p>

#### Контрольные задачи

1. Для лабораторной установки с гладким трубопроводом с внутренним диаметром  $D = 36$  мм, по которому протекает воздух со скоростью  $2$  м/с, рассчитать потери давления на участке длиной  $28D$ , плотность воздуха  $1,29$  кг/м<sup>3</sup>, динамическая вязкость воздуха  $1,87 \cdot 10^{-6}$  кгс·с/м<sup>2</sup>, коэффициент трения определить по формуле Блазиуса

2. Проверить, обеспечивает ли двухседельный регулирующий клапан с диаметром  $D = 80$  мм при полном его открытии расход воды  $140 \text{ м}^3/\text{ч}$ , при температуре  $20^\circ\text{C}$ , ожидаемый перепад давления на РО  $0,5$  Мпа

3. Определить максимальный расход газа для режима  $\Delta P_{\text{po}} \geq P_1/2$ , если его плотность газа  $1,25 \text{ кг}/\text{м}^3$ , перед давления на регулирующем органе  $0,8$  МПа и условная пропускная способность  $31 \text{ м}^3/\text{ч}$ , температура перед РО  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $k=1$ )

4. Расчет и сочленение электрического исполнительного механизма с поворотной заслонкой со следующими параметрами: абсолютное давление газа перед РО ( $P_1$ )  $2,1 \text{ кгс}/\text{см}^2$  и после ( $P_2$ )  $1,2 \text{ кгс}/\text{см}^2$  при максимальном расходе, условный (присоединительный) диаметр регулирующего органа  $400$  мм, радиус шейки вала заслоночного регулирующего органа ( $r_{ш}$ )  $35$  мм, коэффициент трения в опорах ( $f$ )  $0,15$ , время запаздывания объекта ( $\tau_3$ )  $36$  с, отношение пускового крутящего момента ЭИМ к номинальному  $k = 1,7$ . Закон регулирования ПИ и необходимая характеристика сочленения – вогнутая

Построить характеристику перемещения МЭО 40/63-0,25 постоянной скорости при поступлении на его вход серии импульсов, период следования импульсов  $2$  с. Время импульса взять равным контрольной длительности управляющих импульсов. По характеристике определить постоянную и среднюю скорость перемещения РО

## Индивидуальная расчетная работа

### Пример расчета сочленение РО с ИМ

В этом примере производится расчет ЭИМ к регулирующему органу, расчет пропускной способности которого приведен в разделе 22 руководящего материала [РМ 4-163-77](#).

Данные для расчета

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1. Абсолютное давление газа перед регулирующим органом                          | $P_1 = 2,1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ |
| 2. Абсолютное давление газа после регулирующего органа при максимальном расходе | $P_2 = 1,2 \text{ кгс}/\text{см}^2$ |
| 3. Присоединительный (условный) диаметр регулирующего органа                    | $d = 0,4 \text{ м}$                 |
| 4. Радиус шейки вала заслоночного регулирующего органа                          | $r_{ш} = 0,035 \text{ м}$           |
| 5. Коэффициент трения в опорах  | $f = 0,15$                          |
| 6. Время запаздывания объекта   | $\tau = 36 \text{ с}$               |
| 7. Закон регулирования  | ПИ                                  |
| 8. Отношение пускового крутящего момента ЭИМ к номинальному                     | $k = 1,7$                           |
| 9. Необходимая характеристика сочленения - вогнутая                             |                                     |

Расчет

1. Данный регулирующий орган работает при критическом истечении газа через него при всех значениях протекающего через него расхода. При максимальном расходе перепад давления равен

$$\Delta P'_m = P_1 - P_2 = 2,1 - 1,2 = 0,9 \text{ кгс}/\text{см}^2.$$

В положении «закрыто» перепад давления будет равен избыточному давлению перед регулирующим органом

$$\Delta P'_o = P_1 - P_{атм} = 2,1 - 1,0 = 1,1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 1,1 \cdot 10^4 \text{ кгс}/\text{м}^2.$$

Поскольку перепад давления на регулирующем органе изменяется сравнительно немного, то не будет чрезмерной ошибкой, если в качестве перепада давления, соответствующего максимуму гидродинамического момента, принять  $\Delta P'_o$ .

2. Оценим максимальный гидродинамический момент на валу регулирующего органа

$$M_g = 0,654d^3 \Delta P_o = 0,0654 \cdot 0,4^3 \cdot 1,1 \cdot 10^4 = 46 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

3. Определим максимальный момент трения в опорах вала регулирующего органа

$$M_{mp} = 0,785d^2 r_{uf} \Delta P = 0,785 \cdot 0,4^2 \cdot 0,035 \cdot 0,15 \cdot 1,1 \cdot 10^4 = 6,6 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

4. Определим необходимые крутящий момент на валу регулирующего органа

$$M = n(M_g + 1,2M_{mp}) = 2(46 + 1,2 \cdot 6,6) = 108 \text{ кгс} \cdot \text{м},$$

где  $n = 2$ , коэффициент запаса, учитывающий условия и режим работы регулирующего органа, затяжку сальников и т.п. (см. табл. 1).

5. Определим необходимый крутящий момент на выходном органе ЭИМ

$$M_c = \frac{n_e}{k} M = \frac{4 \cdot 108}{1,7} = 254 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

По [ГОСТ 7192-74](#) примем номинальный момент исполнительного механизма

$$M_H = 400 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

6. Определим необходимое время полного хода ЭИМ

$$T_c \approx (1 \div 4)\tau = 36 \div 144 \text{ с}.$$

По [ГОСТ 7192-74](#) примем  $T_c = 63 \text{ с}$ .

Длина выходного рычага этого исполнительного механизма  $R = 360 \text{ мм}$ .

7. Из конструктивных (компоновочных) соображений примем расстояние по вертикали между уровнем оси заслончатого регулирующего органа и уровнем, на котором находится ось вала ЭИМ, равным  $H = 2 \text{ м}$ .

Тогда из рис. 3 следует, что длина тяги  $l$  будет равна  $l = H + R = 2 + 0,36 = 2,36 \text{ м}$ .

8. Определим необходимую длину рычага заслончатого регулирующего органа

$$r = -\frac{l}{2} + \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + R(l - R)} = \frac{2,36}{2} + \sqrt{\frac{2,36^2}{4} + 0,36(2,36 - 0,36)} = 0,274 \text{ м} = 274 \text{ мм}.$$

Схема сочленения аналогична показанной на рис. 3.

Длину рычага  $r$  целесообразно округлить до  $r = 280 \text{ мм}$ . Округление делаем в сторону увеличения длины рычага, так как этому соответствует уменьшение угла полного хода регулирующего органа.

Этот угол будет немного меньше  $90^\circ$ , что приемлемо, так как необходимая максимальная пропускная способность регулирующего органа обеспечена его расчетом при  $\varphi \approx 60^\circ$  (раздел 22 [РМ 4-163-77](#)).

9. Определим получившееся значение коэффициента ослабления крутящего момента

$$n_o = \frac{l}{R + r} = \frac{2,36}{0,36 + 0,274} = 3,7,$$

ЭИМ сочленением

что меньше исходного значения  $n_o = 4$  и, следовательно, допустимо.

Из этого примера видно, что ориентировочное значение  $n_o = 4$  не является чрезмерно завышенной величиной. Можно убедиться расчетом, что при  $l = 3 \text{ м}$   $n_o = 4,6$ , что вынудит уменьшить  $l$  м, приблизив ЭИМ к регулирующему органу.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-8: Способен выполнять наладку измерительных и управляющих средств и комплексов, осуществлять их регламентное обслуживание</b>		
ОПК-8.1	Выполняет наладку измерительных и управляющих средств и комплексов с целью приведения их характеристик к проектным значениям	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислить основные принципы управления.</li> <li>2. Нарисовать структурную схему системы автоматического управления</li> <li>3. Промышленные регуляторы, основные понятия и схемы</li> <li>4. Структурная схема П-регулятора. Передаточная функция регулятора. Балластное звено. Влияние балластного звена на переходный процесс.</li> <li>5. Структурная схема, передаточная функция, понятие балластного звена и влияние его параметров на переходный процесс в ПИ-регуляторе, построенном на основе идеального ПИ-регулятора</li> <li>6. Регулирующие органы, классификация, основные параметры</li> <li>7. Регулирующие клапаны, их конструкции, характеристики</li> <li>8. Поворотные заслонки, их конструкции и характеристики</li> <li>9. Шиберы и их конструктивные характеристики</li> <li>10. Влияние внутренних и внешних возмущений на ход характеристик РО, выбор целесообразного вида расходных характеристик</li> <li>11. Влияние гидравлических сопротивлений в трубопроводах на вид расходных характеристик РО</li> <li>12. Работа дроссельного РО в системе</li> <li>13. Динамические характеристики электрических ИМ и их влияние на параметры регуляторов</li> <li>14. Контактные пусковые устройства для двух- и трёхфазных исполнительных механизмов, их включение</li> <li>15. Безконтактные пусковые устройства для двух- и трёхфазных исполнительных механизмов, их включение</li> </ol>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>16. Однооборотный ИМ МЭО, параметры МЭО, конструкция. ИМ МЭОК, МЭОБ, схемы управления</p> <p>17. Блок сигнализации положения токовый БСПТ-10, конструкция, блок датчика БД-10, функциональные возможности, принципиальная электрическая схема, работа с блоком</p> <p><b>Перечень лабораторных работ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Автоматическое двухпозиционное регулирование <ul style="list-style-type: none"> <li>– снять и построить статическую характеристику релейного элемента и объяснить её работу;</li> <li>– график двухпозиционного регулирования температуры одноёмкостного объекта без самовыравнивания с чистым запаздыванием.</li> </ul> </li> <li>2. Исследование САУ с пропорциональным регулятором <ul style="list-style-type: none"> <li>– экспериментально получить статическую и динамические характеристики объекта управления;</li> <li>– нарисовать график переходного процесса по каналу задания, соответствующий перерегулированию 30%.</li> </ul> </li> <li>3. Исследование САУ с интегральным регулятором <ul style="list-style-type: none"> <li>– опытным путём найти коэффициент передачи <math>k_{p1}</math>;</li> <li>– экспериментально найти возмущение <math>u_v</math>, эквивалентное изменению нагрузки;</li> <li>– найти оптимальные настройки И-регулятора;</li> <li>– определить и реализовать уставки И-регулятора</li> </ul> </li> </ol>
ОПК-8.2	Осуществляет регламентное обслуживание измерительных и управляющих средств и комплексов с целью стабилизации их характеристик	<p><b>Примеры практических заданий для экзамена и лабораторных работ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Спроектировать контактную двухпозиционную схему управления электродвигателем М</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1182 300 1870 774" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="943 778 2098 997">На рисунке САР уровня в резервуаре от минимально допустимой отметки НУ (нижний уровень) до максимально допустимой ВУ(верхний уровень). Вода подаётся насосом Q, приводимом от трёхфазного двигателя М. Чувствительный элемент системы – поплавок – тросовой связью соединён с нажимными планками конечных выключателей нижнего уровня КВНУ (SQ1) и верхнего уровня КВВУ (SQ2), замыкающих свои контакты при нажатии планкой</p> <ol data-bbox="943 1002 2098 1439" style="list-style-type: none"> <li>2. Выбор РО при известном диапазоне изменения нагрузки</li> <li>3. Определение количества вещества, проходящего через систему «линия – РО»</li> <li>4. Экспериментальное определение условного коэффициента сопротивления дросельного РО</li> <li>5. Определение условного коэффициента сопротивления линии расчётным путём</li> <li>6. Экспериментальное определение условного коэффициента сопротивления линии на действующей установке</li> <li>7. Определить максимальный расход газа для режима <math>\Delta P_{po} \geq P_1/2</math>, если его плотность газа <math>1,25 \text{ кг/м}^3</math>, перед давления на регулирующем органе <math>0,8 \text{ МПа}</math> и условная пропускная способность <math>31 \text{ м}^3/\text{ч}</math>, температура перед РО <math>15 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><b>Перечень лабораторных работ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Автоматическое двухпозиционное регулирование <ul style="list-style-type: none"> <li>– снять и построить статическую характеристику релейного элемента и объяснить её работу;</li> <li>– график двухпозиционного регулирования температуры одноёмкостного объекта без самовыравнивания с чистым запаздыванием.</li> </ul> </li> <li>2. Исследование САУ с пропорциональным регулятором <ul style="list-style-type: none"> <li>– экспериментально получить статическую и динамические характеристики объекта управления;</li> <li>– нарисовать график переходного процесса по каналу задания, соответствующий перерегулированию 30%.</li> </ul> </li> <li>3. Исследование САУ с интегральным регулятором <ul style="list-style-type: none"> <li>– опытным путём найти коэффициент передачи <math>k_{p1}</math>;</li> <li>– экспериментально найти возмущение <math>u_v</math>, эквивалентное изменению нагрузки;</li> <li>– найти оптимальные настройки И-регулятора;</li> </ul> </li> </ol> <p>определить и реализовать уставки И-регулятора</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «**Технические средства автоматизации и управления**» 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 задачам.

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

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

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

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

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

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