



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



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
2025 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
29.01.2025, протокол № 6

Зав. кафедрой



С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры кафедры АСУ,



И.Г. Самарина

Рецензент:

Технический директор ЗАО «КонсОМ СКС»



Е.Ю. Васильев

Лист актуализации рабочей программы

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 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 2030 - 2031 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:

Технологические контроллеры
Технические измерения и приборы
Электрические измерения
Электроника в управляющих устройствах
Метрология и средства измерений

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 усилители								
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,	4	0,5			15	Самостоятельное изучение	Устный опрос, лабораторная	ОПК-8.1, ОПК-8.2

характеристики, конструкции						учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	работа	
3.2 Электрические, пневматические, гидравлические ИМ. Динамические характеристики ИМ	4	0,5	2		15	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос, лабораторные работы	ОПК-8.1, ОПК-8.2
Итого по разделу		1	2		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		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		15	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Конспект, лабораторные работы	ОПК-8.1, ОПК-8.2
Итого по разделу		2	4		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	ОПК-8.1,

							вопросы, задача	ОПК-8.2
Итого по разделу								
Итого за семестр		6	8		154,1		экзамен	
Итого по дисциплине		6	8		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 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, 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» лабораторных работ и т.д.

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

а) Основная литература:

1. Смирнов, Ю. А. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие для вузов / Ю. А. Смирнов. — 4-е изд. стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 456 с. — ISBN 978-5-8114-8290-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/174286> (дата обращения: 26.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Артамонов Ю. С. Технические средства автоматизации : лабораторный практикум / Ю. С. Артамонов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/358>.

- Текст : электронный.

б) Дополнительная литература:

1. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015283-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2126820> (дата обращения: 26.04.2024). — Режим доступа: по подписке.

2. Бондарева А. Р. Электрические измерения : практикум [для вузов] / А. Р. Бондарева ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2022. - 95 с. - Библиогр.: с. 95. - Текст : непосредственный.

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: 26.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Захахатнов, В. Г. Технические средства автоматизации : учебное пособие / В. Г. Захахатнов, 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: 26.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Шишов, О. В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации : учебник / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 365 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/17505. - ISBN 978-5-16-019101-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2086790> (дата обращения: 26.04.2024). — Режим доступа: по подписке.

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). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/358>. - Текст : электронный.

2. Аполлонский, С. М. Электрические аппараты автоматики : учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-3728-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206732> (дата обращения: 26.04.2024). — 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»	https://dlib.eastview.com/

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

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 (ауд. 448 или 450 или 437)

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

Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ ауд. 439:

- 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 ауд. 448

Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций - Доска, мультимедийный проектор, экран ауд. 450. 448

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - Стеллажи для хранения учебно-методической документации ауд. 445

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
Исследование измерителей рассогласования	1. Перечислить основные принципы управления. 2. Структурная схема системы автоматического управления. 3. Нарисовать переходную характеристику релейного измерителя рассогласования. 4. Нарисовать конструкцию (упрощённую) и принципиальную схему включения потенциометрического резистивного датчика. 5. Нарисовать переходную характеристику потенциометрического резистивного датчика с линейным потенциометром. 6. Нарисовать упрощённую принципиальную схему измерителя рассогласования с резистивными датчиком и задатчиком. 7. Нарисовать мостовой измеритель рассогласования с резистивным датчиком и медным терморезистором в качестве датчика температуры объекта. 8. Как понимать, что для равновесного состояния объекта коэффициент передачи мостового измерителя рассогласования по каналу задания составляет 0,006 В/Ом?
Изучение динамических свойств электрических исполнительных механизмов	1. Из каких основных частей состоит электрический исполнительный механизм? 2. Эскизно нарисовать мембранный пневматический исполнительный механизм. 3. Назвать пределы изменения давления воздуха, соответствующие началу и концу перемещения штока мембранного пневматического исполнительного механизма. 4. Какими основными параметрами характеризуется электрический исполнительный механизм? 5. Перечислить стандартные углы поворота электрических механизмов. 6. Перечислить стандартные времена полного хода электрических исполнительных механизмов. 7. Нарисовать схему дистанционного указателя положения выходного вала электрического исполнительного механизма с резистивным датчиком положения. 8. Нарисовать схему дистанционного указателя положения выходного вала электрического исполнительного механизма с дифференциально-трансформаторным датчиком положения. 9. Нарисовать схему дистанционного указателя положения выходного вала электрического исполнительного механизма с индуктивным датчиком положения
Определение расходных	1. Дать определение пропускной способности дроссельного регулирующего органа.

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
характеристик дроссельных регулирующих органов	2. Дать определение пропускной характеристики дроссельного регулирующего органа. 3. Дать определение конструктивной характеристики дроссельного регулирующего органа. 4. Дать определение расходной характеристики (идеальной) дроссельного регулирующего органа. 5. Дать определение условного коэффициента сопротивления дроссельного регулирующего органа. 6. Дать определение условного коэффициента сопротивления линии. 7. Объяснить, почему при преимущественно внутренних возмущениях, идущих по каналу регулирующего воздействия, предпочтительна равнопроцентная расходная характеристика регулирующего органа. 8. Объяснить, почему при преимущественно внешних возмущениях, идущих, например, по каналу задания, предпочтительна линейная расходная характеристика регулирующего органа. 9. Перечислить наиболее распространённые виды дроссельных регулирующих органов. 10. Перечислить виды сочленений дроссельных регулирующих органов и исполнительных механизмов
Автоматическое двухпозиционное регулирование	1. Чем отличаются между собой непрерывные и прерывистые САР? 2. . Что такое релейная САР? 3. Нарисовать статическую характеристику релейного элемента и объяснить её работу. 4. Что такое двухпозиционное автоматическое регулирование? 5. Придумать и нарисовать эскиз двухпозиционной САР уровня жидкости в баке. 6. Нарисовать график двухпозиционного регулирования температуры одноёмкостного объекта без самовыравнивания с чистым запаздыванием. 7. Объяснить, почему средняя температура на участке автоколебательного режима отличается от температуры задания. 8. Объяснить, как изменится период колебаний на участке автоколебательного режима с изменением нагрузки. 9. В каком соотношении между собой должны находиться величины притока и оттока для осуществления двухпозиционного автоматического регулирования?
Исследование САУ с пропорциональным регулятором	1. Какими параметрами характеризуется объект управления? 2. Как экспериментально получить статическую и динамические характеристики объекта управления? 3. Определить, что такое П-регулятор, написать формулу закона П-регулирования и дать определение величин, входящих в эту формулу. 4. Нарисовать функциональную структуру П-регулятора. 5. Назвать основные прямые показатели качества процесса управления. 6. Какой прямой показатель характеризует точность системы в

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

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/м³, динамическая вязкость воздуха $1,87 \cdot 10^{-6}$ кгс·с/м², 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°C , ожидаемый перепад давления на РО $0,5 \text{ МПа}$

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

4. Расчет и сочленение электрического исполнительного механизма с поворотной заслонкой со следующими параметрами: абсолютное давление газа перед РО (P_1) $2,1 \text{ кгс/см}^2$ и после (P_2) $1,2 \text{ кгс/см}^2$ при максимальном расходе, условный (присоединительный) диаметр регулирующего органа 400 мм , радиус шейки вала заслоночного регулирующего органа ($r_{\text{ш}}$) 35 мм , коэффициент трения в опорах (f) $0,15$, время запаздывания объекта (τ_3) 36 с , отношение пускового крутящего момента ЭИМ к номинальному $k = 1,7$. Закон регулирования ПИ и необходимая характеристика сочленения – вогнутая

5. 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 | $P_1 = 2,1 \text{ кгс/см}^2$ |
| 2. Абсолютное давление газа после регулирующего органа при максимальном расходе | $P_2 = 1,2 \text{ кгс/см}^2$ |
| 3. Присоединительный (условный) диаметр регулирующего органа | $d = 0,4 \text{ м}$ |
| 4. Радиус шейки вала заслоночного регулирующего органа | $r_{\text{ш}} = 0,035 \text{ м}$ |
| 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

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

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

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

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

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

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° , 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.

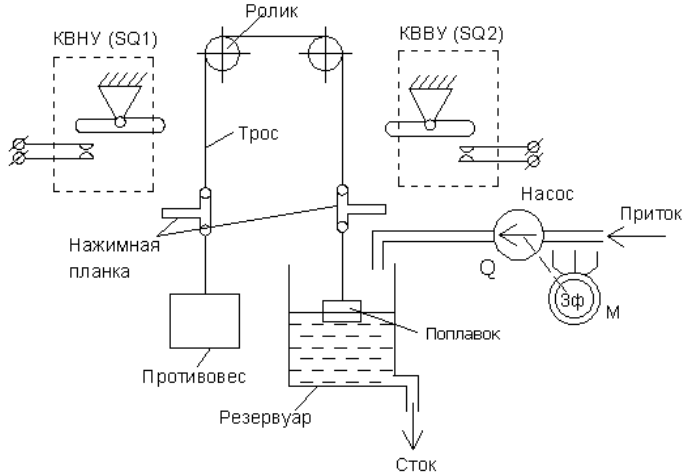
Из этого примера видно, что ориентировочное значение $n_o = 4$ не является чрезмерно завышенной величиной. Можно убедиться расчетом, что при $l = 3 \text{ м}$ $n_o = 4,6$, что вынудит уменьшить l м, приблизив ЭИМ к регулирующему органу.

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
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	Перечень теоретических вопросов к экзамену: 1. Перечислить основные принципы управления. 2. Нарисовать структурную схему системы автоматического управления 3. Промышленные регуляторы, основные понятия и схемы 4. Структурная схема П-регулятора. Передаточная функция регулятора. Балластное звено. Влияние балластного звена на переходный процесс. 5. Структурная схема, передаточная функция, понятие балластного звена и влияние его параметров на переходный процесс в ПИ-регуляторе, построенном на основе идеального ПИ-регулятора 6. Регулирующие органы, классификация, основные параметры 7. Регулирующие клапаны, их конструкции, характеристики 8. Поворотные заслонки, их конструкции и характеристики 9. Шиберы и их конструктивные характеристики 10. Влияние внутренних и внешних возмущений на ход характеристик РО, выбор целесообразного вида расходных характеристик 11. Влияние гидравлических сопротивлений в трубопроводах на вид расходных характеристик РО 12. Работа дроссельного РО в системе 13. Динамические характеристики электрических ИМ и их влияние на параметры регуляторов 14. Контактные пусковые устройства для двух- и трёхфазных исполнительных механизмов, их включение 15. Безконтактные пусковые устройства для двух- и трёхфазных исполнительных механизмов, их включение

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		16. Однооборотный ИМ МЭО, параметры МЭО, конструкция. ИМ МЭОК, МЭОБ, схемы управления 17. Блок сигнализации положения токовый БСПТ-10, конструкция, блок датчика БД-10, функциональные возможности, принципиальная электрическая схема, работа с блоком Перечень лабораторных работ: 1. Автоматическое двухпозиционное регулирование – снять и построить статическую характеристику релейного элемента и объяснить её работу; – график двухпозиционного регулирования температуры одноёмкостного объекта без самовыравнивания с чистым запаздыванием. 2. Исследование САУ с пропорциональным регулятором – экспериментально получить статическую и динамические характеристики объекта управления; – нарисовать график переходного процесса по каналу задания, соответствующий перерегулированию 30%. 3. Исследование САУ с интегральным регулятором – опытным путём найти коэффициент передачи k_{p1}; – экспериментально найти возмущение u_v, эквивалентное изменению нагрузки; – найти оптимальные настройки И-регулятора; – определить и реализовать уставки И-регулятора
ОПК-8.2	Осуществляет регламентное обслуживание измерительных и управляющих средств и комплексов с целью стабилизации их характеристик	Примеры практических заданий для экзамена и лабораторных работ: 1. Спроектировать контактную двухпозиционную схему управления электродвигателем М

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 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 KBHY (SQ1) и верхнего уровня KBVY (SQ2), замыкающих свои контакты при нажатии планкой - Выбор РО при известном диапазоне изменения нагрузки - Определение количества вещества, проходящего через систему «линия – РО» - Экспериментальное определение условного коэффициента сопротивления дросельного РО - Определение условного коэффициента сопротивления линии расчётным путём - Экспериментальное определение условного коэффициента сопротивления линии на действующей установке - Определить максимальный расход газа для режима $\Delta P_{po} \geq P_1/2$, если его плотность газа $1,25 \text{ кг/м}^3$, перед давления на регулирующем органе $0,8 \text{ МПа}$ и условная пропускная способность $31 \text{ м}^3/\text{ч}$, температура перед РО 15°C

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<i>Перечень лабораторных работ:</i> 1. Автоматическое двухпозиционное регулирование – снять и построить статическую характеристику релейного элемента и объяснить её работу; – график двухпозиционного регулирования температуры одноёмкостного объекта без самовыравнивания с чистым запаздыванием. 2. Исследование САУ с пропорциональным регулятором – экспериментально получить статическую и динамические характеристики объекта управления; – нарисовать график переходного процесса по каналу задания, соответствующий перерегулированию 30%. 3. Исследование САУ с интегральным регулятором – опытным путём найти коэффициент передачи k_{p1}; – экспериментально найти возмущение u_v, эквивалентное изменению нагрузки; – найти оптимальные настройки И-регулятора; определить и реализовать уставки И-регулятора

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 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 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.