



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)

СИСТЕМЫ 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
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	3
Семестр	5, 6

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,  Т.Г. Сухоносова

Рецензент:

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

 Ю.Н. Волшуков



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, _____ Т.Г. Сухоносова

Рецензент:

зам. директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук
_____ Ю.Н. Волщук

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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины является:

- формирование у обучающихся способности проводить натурные и вычислительные эксперименты для определения характеристик объекта автоматизации при предпроектном обследовании объектов и процессов автоматизации;
- формирование у обучающихся способности осуществлять анализ полученных экспериментальных данных и подготавливать научно-технические отчеты по результатам обследования объектов автоматизации.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Системы автоматизации и управления входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Цифровые технологии обработки информации в автоматизированных системах управления

Учебная - практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности

Учебная - ознакомительная практика

Метрология и средства измерений

Физические основы получения информации

Производственная - технологическая (производственно-технологическая) практика

Теория автоматического управления

Моделирование систем управления

Теория эксперимента и наука о данных

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

Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

Производственная – преддипломная практика

Производственная - проектная практика

Автоматизация технологических процессов и производств

Комплексы технических средств в САУ

Проектирование автоматизированных систем

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

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен проводить исследование автоматизируемого объекта и разрабатывать эскизный проект автоматизированной системы управления технологическими процессами
ПК-1.1	Выполняет сбор, обработку и анализ исходных данных об объекте управления, включая сбор сведений о зарубежных и отечественных аналогах

ПК-1.2	Выполняет расчеты, необходимые для проектирования автоматизированной системы управления технологическими процессами
ПК-1.3	Выполняет подготовку материалов для отчета по результатам обследования объекта автоматизации

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц 360 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 149,6 акад. часов;
- аудиторная – 140 акад. часов;
- внеаудиторная – 9,6 акад. часов;
- самостоятельная работа – 139 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 71,4 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек. зан.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. История развития систем автоматизации и управления. Классификация САиУ								
1.1 Стабилизирующие САУ. Системы связанного регулирования. Системы программного управления.	5	2			4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме.	Устный опрос	ПК-1.3
1.2 Системы экстремального регулирования или системы автоматической оптимизации управления		2			4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме.	Устный опрос	ПК-1.3
Итого по разделу		4			8			
2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) и производством (АСУП)								

2.1 Математические модели технологических процессов	2			4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	
2.2 Структура современной промышленной автоматизированной системы управления технологическими процессами. Структура современных автоматизированных систем управления промышленным производством	5			4	8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу	6			12				
3. Динамические характеристики и параметры типовых звеньев, составляющих локальный контур регулирования								
3.1 Пропорциональное звено. Инерционное звено первого порядка. Инерционное звено второго порядка.	5			4	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме. Подготовка к контрольной работе	Устный опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
3.2 Звено запаздывания. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено.	5			2	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме. Подготовка к контрольной работе	Устный опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу	6			10				
4. Типовые законы регулирования и их техническая реализация								
4.1 Общие сведения. Интегральные регуляторы. Пропорциональные регуляторы. Пропорционально-интегральные регуляторы (ПИ-регуляторы). Регуляторы пропорционально-интегрально-дифференциального действия (ПИД-регуляторы).	5			4	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

4.2 Двухпозиционные регуляторы. Трехпозиционный регулятор		2			3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		6			9			
5. Статические и динамические характеристики объекта управления								
5.1 Общие сведения о статических характеристиках объекта управления. Метод наименьших квадратов и его применение при описании статических характеристик объектов управления	5	2	6		3,2	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение лабораторных работ	Устный опрос по лабораторным работам	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
5.2 Общие сведения о динамических свойствах объекта управления. Классификация объектов и определение динамических параметров объекта по кривой разгона		4	30		10	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение лабораторных работ	Устный опрос по лабораторным работам	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		6	36		13,			
6. Синтез и настройка контуров управления технологическими процессами								
6.1 Принципы оптимизации контуров управления технологическим параметром. Математическое обоснование оптимизации контура регулирования. Метод динамической оптимизации контуров управления объектами с самовыравниванием – оптимум по модулю передаточной функции.	5	4			8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
6.2 Метод динамической оптимизации контуров управления объектами без самовыравнивания - симметричный оптимум. Сравнение методов оптимума по модулю и симметричного оптимума. Введение корректирующих звеньев для сглаживания задающего сигнала – этап структурной оптимизации		4			8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительных материалов по теме	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		8			16			

Итого за семестр	36	36		68,		экзамен	
7. Системы автоматической оптимизации управления (САОУ) технологическими параметрами							
7.1 САО с запоминанием экстремума выходного параметра. САО с запоминанием производной выходного параметра. САО дискретного принципа действия	4		4/ИИ	8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение практических работ, разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
7.2 САО с принудительной модуляцией. САО с интегральной оценкой отклика оптимизируемого процесса на тестирующее воздействие. Математическое описание траекторий дрейфа статических характеристик оптимизируемого процесса под действием технологических возмущений	4	6	4/ИИ	8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение практических работ, разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу	8		8/ИИ	16			
8. Использование нейросетевого метода для определения экспериментально-статистических моделей и нейросетевого управления технологическими процессами							
8.1 Общие сведения о нейронных сетях. Архитектура искусственных нейронных сетей. Обучение искусственных нейронных сетей. Использование ИНС для решения задач управления и создания экспериментально статистических моделей управления технологическими процессами	4	6	4/ИИ	8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение практических работ, разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
8.2 Применение нейронного метода для определения уравнения линии регрессии экспериментально статической зависимости	4		4/ИИ	8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение практических работ, разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу	8		8/ИИ	16			

9. Использование принципов теории нечетких множеств и нечетких логических выводов при синтезе математических моделей производственных процессов и реализации нечеткого управления технологическими параметрами								
9.1 Общие особенности управления на базе теории нечетких множеств. Функциональная схема системы управления на базе нечеткой логики. Принцип работы нечеткого регулятора. Алгоритмы нечеткого вывода.	6	4			10	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
9.2 Применение принципа нечеткого управления при синтезе цифровых контуров стабилизации технологических параметров производственных процессов		4		6/4И	12	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение практических работ, разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		8		6/4И	22			
10. Программная реализация локальных микропроцессорных контуров управления в процессе свободного программирования регулирующих контуров								
10.1 Программная реализация типовых законов управления при использовании свободно программируемых микропроцессорных контроллеров. Моделирование работы локальных контуров цифрового регулирования технологическим параметром производственного процесса	6	6		6/2И	8,8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение практических работ, выполнение практических работ, разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
10.2 Исследование цифровых контуров регулирования технологических параметров производственных процессов с целью оптимизации параметров переходного процесса		4		6/1,9И	8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка курсового проекта	Устный опрос, выполнение практических работ, разделов курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		10		12/3,9И	16,8			
Итого за семестр		34		34/11,9И	70,8		экзамен, кп	
Итого по дисциплине		70	36	34/11,9И	139		экзамен, курсовой	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Системы 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; практические работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; практические занятия с использованием проблемного обучение, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы. Практическое занятие на основе кейс-метода – обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия научной, производственной, общественной деятельности. Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них.

Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Студенты в выполняют исследовательский курсовой проект, в котором производят научные исследования по заданной теме в рамках изучаемых в дисциплине. Результаты исследования представляют в форме устного доклада по презентации и курсового проекта.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных ответов и проверки самостоятельных решений.

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. Современные системы автоматизации и управления : учебное пособие / С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова, Е. Ю. Мухина, Т. Г. Сухонослова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=71.pdf&show=dcatalogues/1/1123963/71.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии : учебное пособие для вузов / В. В. Троценко, В. К. Федоров, А. И. Забудский, В. В. Комендантов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 136 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09938-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454172> (дата обращения: 02.05.2023).

б) Дополнительная литература:

1. Системы автоматизации и управления : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Т. Г. Сухонослова, Е. С. Рябчикова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2015. - 326 с. : ил., схемы. - ISBN 978-5-9967-0629-7. – Текст: непосредственный.

2. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления процессом выплавки чугуна в доменных печах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Т. Г. Сухонослова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 215 с. : ил., табл., схемы, граф., диагр., номогр., эскизы. - ISBN 978-5-9967-1208-3. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3635.pdf&show=dcatalogues/1/1524803/3635.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

3. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления тепловым режимом работы блока воздухонагревателей доменной печи : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, М. Ю. Рябчиков ; МГТУ, [каф. ПКиСУ] . - Магнитогорск, 2009. - 148 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=269.pdf&show=dcatalogues/1/1060896/269.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

4. Парсункин, Б. Н. Автоматизация технологических процессов и производств в металлургии : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова ; под ред. Б. Н. Парсункина ; МГТУ, [каф. ПКиСУ]. - Магнитогорск, 2011. - 151 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=482.pdf&show=dcatalogues/1/1087745/482.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

5. Парсункин, Б. Н. Автоматизация технологических процессов и производств. Производство стали в мартеновских печах, двухванных агрегатах и кислородных конвертерах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, Т. Г. Сухонослова, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 264 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2913.pdf&show=dcatalogues/1/1134463/2913.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

6. Парсункин, Б. Н. Использование экспериментально-статистических методов моделирования для управления технологическими процессами : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2012. - 177 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=597.pdf&show=dcatalogues/1/1103150/597.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0292-3. - Имеется печатный аналог.

в) Методические указания:

1. Системы автоматизации и управления. Лабораторный практикум : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова, Т. Г. Обухова. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1061.pdf&show=dcatalogues/1/1119471/1061.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Оптимизация управления технологическими процессами : практикум / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова, Т. Г. Обухова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 177 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=638.pdf&show=dcatalogues/1/1109486/638.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN

978-5-9967-0393-7. - Имеется печатный аналог.

3. Парсункин, Б. Н. Задачи по синтезу автоматизированных систем управления технологическими процессами и производством : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, Т. Г. Сухоносова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 54 с. : ил., табл., схем. - URL:

<https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=2248.pdf&show=dcatalogues/1/1129743/2248.pdf&view=true> (дата обращения: 02.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

4. Парсункин, Б.Н. Расчет САУ с типовым регулятором : метод. указания / Б.Н. Парсункин, Т.Г. Обухова; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2014. – 11 с. – Текст: непосредственный.

5. Методические указания по выполнению практических работ приведены в Приложении 3.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое	бессрочно
MS Office 2003	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Виртуальный стенд системы автоматического управления технологическим	свидетельство №2013612340	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsistema.ru/Marc.html?locale=ru
Информационная система - Банк данных угроз безопасности	https://bdu.fstec.ru/
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические документы и	https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	https://www.nature.com/siteindex

Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП НЭИКОН)	https://archive.neicon.ru/xmlui/
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	http://ecsocman.hse.ru/
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 437, 450)
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий и лабораторных работ:
лаборатория автоматизации технологических процессов и производств (ауд. 450)
Лабораторные установки и приборы для выполнения лабораторных и практических работ:
 - лабораторный стенд «Промышленные датчики», ПД-МАКС;
 - лабораторный стенд «Датчики технологической информации», ДТИ;
 - лабораторный стенд «Промышленные датчики расхода», ПДР-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя.
 - лабораторный стенд «Промышленные датчики температуры», ПДТ-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя.
 - лабораторный стенд «Промышленные датчики давления», ПДД-СК + компьютер с предустановленным ПО от изготовителя;
 - программируемый логический контроллер ПЛК-Siemens + ноутбук с предустановленным ПО от изготовителя;
 - лабораторный стенд «Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции», АТГСВ-09-11ЛР-01 + ноутбук с предустановленным ПО от изготовителя;
 - лабораторный стенд «Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения», АВИВ-У-01-12;
 - лабораторный стенд «ПЛК-Omron-4ОА-НН#»
 - лабораторный стенд «Основы автоматизики», ОА-МР
3. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 448)
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом

в электронную информационно-образовательную среду университета

4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций (ауд. 448, 450)

Доска, мультимедийный проектор, экран

5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (ауд.445)

Стеллажи для хранения учебно-методической документации

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине
«Системы автоматизации и управления»**

По дисциплине «Системы автоматизации и управления» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся предполагает выполнение лабораторных и практических работ и доклад по полученным результатам, а также устный опрос о порядке выполнения лабораторной и практической работы, полученным умениям и навыкам.

Примерные вопросы для устного опроса по выполненным лабораторным работам

Тема лабораторной работы	Вопросы для устного опроса
Экстраполяция экспериментальной кривой разгона	<ol style="list-style-type: none"> 1. Почему при экстраполяции кривой разгона предполагается, что переходный процесс закончится за время равное $(3...4)T_0$? 2. Как физически реализован объект управления? 3. Постройте кривую разгона ОУ со следующими параметрами $T_0=10c$, $\tau_3=2c$. 4. В чем заключается недостатки метода экстраполяции?
Определение коэффициентов дифференциального уравнения по экспериментальной кривой разгона для объектов управления с самовыравниванием	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие количественные оценки динамических свойств ОУ используются? Какие формулы существуют для их определения? 2. Запишите уравнение динамики для объектов I и II порядков. 3. Запишите формулы для расчета коэффициентов дифференциальных уравнений. 4. Постройте кривую разгона, по известному уравнению динамики объекта: $0,1Y'(t) + Y(t) = 2,5X(t)$. 5. Что такое переходная характеристика? Как определить уравнение переходной характеристики объекта?
Преобразование импульсной характеристики объекта в кривую разгона	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется импульсной характеристикой? 2. Что такое передаточная функция? Как ее получить из уравнения динамики? 3. Опишите методику снятия экспериментальной импульсной характеристики. Как правильно выбрать время импульса? 4. Определите весовую функцию, по известному уравнению динамики объекта: $0,1Y'(t) + Y(t) = 2,5X(t)$.

Тема лабораторной работы	Вопросы для устного опроса
	5. Опишите метод перестроения импульсной характеристики в кривую разгона. На чем он основывается?
<p>Определение динамических параметров объекта по экспериментальной импульсной характеристике</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется импульсной характеристикой? 2. Какие параметры объекта можно определить по импульсной характеристике? Напишите формулы. 3. Опишите методику снятия экспериментальной импульсной характеристики. Как правильно выбрать время импульса? 4. Какие свойства характеризует коэффициент самовыравнивания? В чем физический смысл этого параметра? 5. Какие свойства характеризует скорость разгона? В чем физический смысл этого параметра?
<p>Построение годографа АФЧХ по экспериментальной кривой разгона для объектов первого порядка с запаздыванием</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назовите известные частотные характеристики объектов. 2. Как получить частотные характеристики опытным путем? 3. Как получить АФЧХ, если известна ПФ объекта? 4. Как построить годограф АФЧХ по кривой разгона объекта? 5. Назовите типовые входные воздействия. Для чего они нужны?
<p>Определение коэффициентов дифференциального уравнения по экспериментальной кривой разгона для объектов без самовыравнивания</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чем отличаются дифференциальные уравнения объектов с самовыравниванием и без самовыравнивания? 2. Как определить тангенс угла α и что он характеризует? 3. Если скорость разливки не измениться, через какой промежуток времени произойдет авария (для расчета воспользоваться исходными данными)? 4. В каких единицах измеряется J_0 и какой физический смысл имеет этот параметр? 5. Придумайте примеры объектов без самовыравнивания I и II порядков.
<p>Построение годографа АФЧХ по экспериментальной кривой</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запишите передаточную функцию модели объекта.

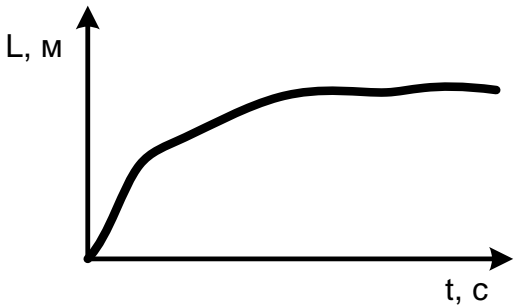
Тема лабораторной работы	Вопросы для устного опроса
<p>разгона для объектов II и III порядков с запаздыванием</p>	<p>2. На чем основывается метод разбиения кривой разгона на ступенчатые сигналы?</p> <p>3. Как построить на комплексной плоскости годограф АФЧХ объекта? Какой необходимо для этого провести эксперимент?</p> <p>4. Чем объясняется выбор диапазона частот для построения годографа в формуле $\omega_k \in \left(\frac{\pi}{3T_o}; \omega_1 = \frac{\pi}{\tau_3} \right)$?</p> <p>5. Опишите методику построения годографа на комплексной плоскости для многоинерционных объектов.</p>

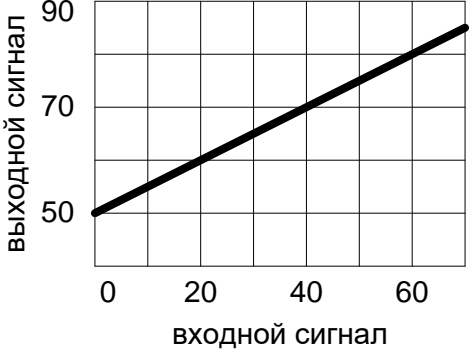
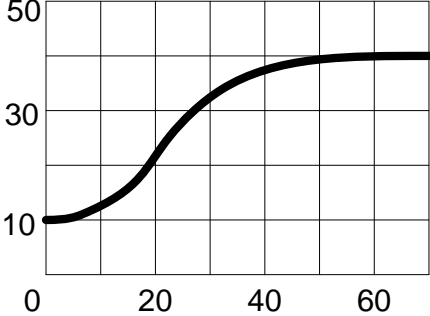
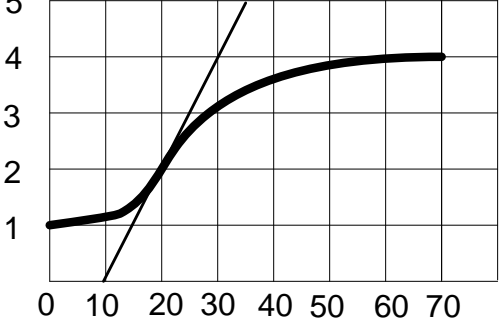
Перечень практических работ

1. Составление математической модели объекта управления и расчет кривой разгона и определение динамических параметров объекта.
2. Разработка структурной схемы САУ технологического параметра.
3. Разработка блок-схемы алгоритма и расчет контура управления в соответствии со структурной схемой.
4. Оптимизация контура управления и анализ влияния параметров настройки регулятора на качество переходных процессов в САУ.
5. Исследование САУ при действии на систему возмущений: однократного возмущения, дрейфа статической характеристики, периодических помех.

Тест

Пример теста. Вариант 1:

<p>1. Как называется график, представленный на рисунке?</p> <p>А) статическая характеристика;</p> <p>Б) переходная характеристика;</p> <p>В) кривая разгона;</p> <p>Г) переходный процесс.</p>	
--	--

<p>2. Чему равен коэффициент передачи объекта?</p> <p>А) 1,75 Б) 0,50 В) 1,20 Г) -0,57</p>	
<p>3. На рисунке представлена траектория изменения выходной величины при изменении положения вала на 10%. Чему равен коэффициент передачи объекта?</p> <p>А) 4; Б) 3; В) 0,7 Г) 0,5 Д) 0,3</p>	<p>Кривая разгона ОУ</p> 
<p>4. По предыдущему рисунку рассчитать скорость разгона объекта управления.</p>	<p>Ответ: _____</p>
<p>5. На рисунке представлена траектория изменения выходной величины при изменении положения вала на 15%. Чему равна постоянная времени объекта?</p> <p>А) 30; Б) 15; В) 70; Г) 35.</p>	

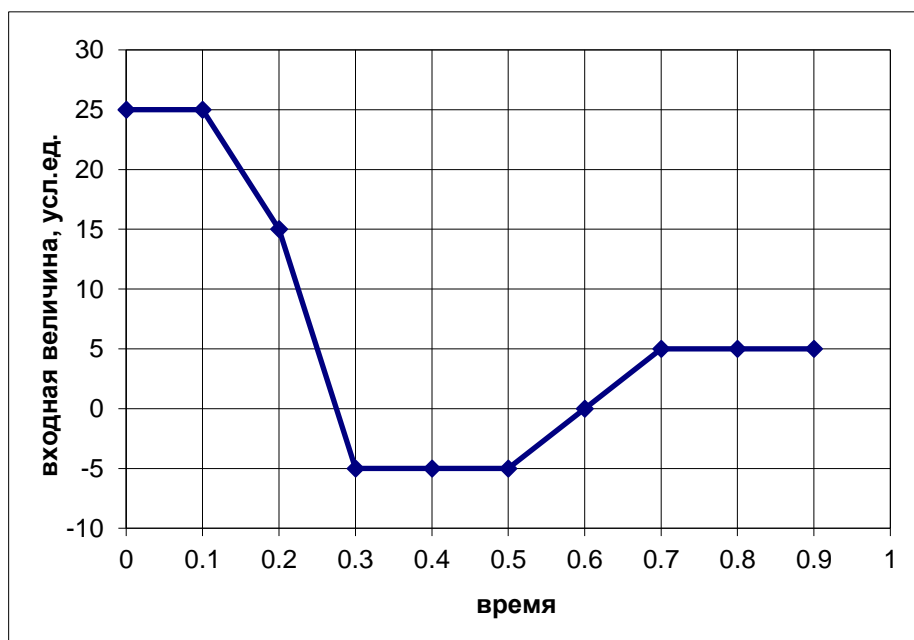
Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся предполагает выполнение контрольной работы и разделов курсового проекта.

Контрольная работа

Пример контрольной работы. Вариант 1:

Дано: инерционное звено первого порядка с постоянной времени $T=0,3$ с.

1. Запишите уравнение динамики и передаточную функцию звена.
2. Методом Эйлера рассчитайте траекторию изменения выходного сигнала, если входной сигнал изображен на рисунке. Начальное значение выходной величины $Y(0)=20$.



3. Рассчитайте траекторию импульсной характеристики звена, если продолжительность входного импульса 0,2 с, амплитуда импульса 25 у.е. Начальное значение выходной величины $Y(0)=0$.

Методические рекомендации по выбору темы курсового проекта и порядок защиты

Цели выполнения курсового проекта: получить практические навыки по синтезу локальных систем автоматического управления теплотехнических процессов с использованием современных информационных технических средств, применять различные методы динамической и структурной оптимизации параметров настройки контуров управления.

Написание курсового проекта является важным звеном в выработке у студентов навыков к самостоятельной научной работе с учебной литературой и справочниками по конкретной тематике, закреплении основных теоретических знаний по дисциплине, а также приобретении опыта оформления текстового и графического материала в соответствии с действующими стандартами.

В ходе выполнения курсового проекта изучаются технологические режимы работы объекта управления, составляется литературный обзор по системам автоматизации изучаемого объекта. На основании изученного материала и данных, полученных при прохождении производственной практики, разрабатывается структурная схема локальной САУ, математическая модель объекта управления, расчет переходных процессов в САУ и динамическая и структурная оптимизация настройки контура управления для определения оптимальных настроек регулятора, производится анализ разработанной САУ. Студент

учится математическому моделированию САУ, составлять пояснительную записку, выполнять структурные схемы автоматизации выбранного технологического объекта,

Навыки и умения, полученные в процессе проектирования, используются при выполнении одной из глав выпускной квалификационной работы.

Курсовой проект состоит из текстовой части (пояснительной записки) на 35 – 45 страниц и графической части – 3 листа формата А1-А2. Основная часть работы состоит из двух разделов: теоретического и расчетного и должна отражать результаты, полученные студентом при выполнении этапов курсового проекта.

Раздел 1 – от 15 до 20 стр. Содержит краткое описание особенностей автоматизируемого технологического процесса (участка, агрегата – Вашего ОУ); литературный обзор существующих способов автоматического управления этим процессом. В разделе выделить 2-4 подраздела.

Раздел 2 – от 20 до 35 стр. Расчет контура автоматического управления. Раздел должен содержать следующие подразделы:

- 2.1 Математическая модель <ОУ>
 - 2.1.1 Расчёт статической характеристики
 - 2.1.2 Расчет динамических параметров
- 2.2 Структурная схема САУ <технологического параметра>
- 2.3 Расчет переходного процесса в контуре управления
- 2.4 Динамическая оптимизация контура управления
- 2.5 Исследование САУ

Защищенный курсовой проект остается на кафедре. Лучшие работы могут быть рекомендованы для докладов на научных студенческих конференциях, к публикации тезисов в студенческих сборниках. К сдаче экзамена по дисциплине допускаются лишь те студенты, которые имеют положительные оценки по курсовому проекту.

Примеры тем курсовых проектов по металлургическим переделам

Агломерационное производство

1. Контур оптимизации управления процессом мелкого дробления материала в шаровых или стержневых мельницах.
2. Контур регулирования влажности агломерационной шихты.
3. Контур регулирования температуры в рабочем пространстве зажигательного горна.
4. Контур управления процессом сжигания топлива в рабочем пространстве зажигательного горна.
5. Контур регулирования скорости агломашины по законченности процесса спекания в заданном участке (активном) аглоленты.

Доменное производство

6. Контур регулирования расхода горячего дутья.
7. Контур регулирования температуры горячего дутья.
8. Контур регулирования влажности горячего дутья.
9. Контур регулирования давления в рабочем пространстве (на колошнике) доменной печи.
10. Контур регулирования температуры купола воздухонагревателя доменной печи.

11. САО управления процессом сжигания топлива в воздухонагревателе с целью обеспечения максимально возможной скорости нагрева купола.

Коксохимическое производство

12. Контур регулирования расхода отопительного газа на коксовую сторону батареи.
13. Контур регулирования температуры отопительного газа.
14. Оптимизация процесса выделения бензола с целью обеспечения максимального выделения бензола.

Выплавка стали в конвертерах

15. Контур регулирования расхода кислорода на продувку.
16. Контур регулирования положения продувочной кислородной фурмы.
17. Контур регулирования давления на выходе конвертера.
18. Система прогнозирования текущего содержания углерода в металле.
19. Система непрерывного косвенного метода измерения температуры металла.

Выплавка стали в электродуговых печах

20. Схема регулирования расхода природного газа в комбинированных фурмах-горелках.
21. Контур регулирования расхода кислорода в рабочем пространстве ДСП.
22. Контур регулирования подачи коксовой мелочи для вспенивания шлака.
23. Контур регулирования рабочего тока дуги по дифференциальной схеме.
24. Оптимизация энергетического режима ДСП с целью обеспечения максимальной производительности ДСП.

Внепечная обработка стали в установках Печь-ковш и вакууммирование стали.

25. Контур регулирования расхода кислорода на продувку металла.
26. Контур регулирования подачи сыпучих в АПК.
27. Контур регулирования рабочего тока дуги фазы.
28. Контур регулирования расхода природного газа на разогрев вакуумкамеры.
29. Контур оптимизации расхода транспортирующего газа (аргона) с целью достижения максимальной производительности УВС по измерению массы в циркулирующем контуре.
30. Контур оптимизации расхода транспортирующего газа (аргона) для достижения максимальной производительности УВС по измерению массы стали в ковше.

Разливка стали на машинах непрерывной разливки стали

31. Контур регулирования уровня металла в промежуточном ковше.
32. Контур регулирования уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ.
33. Контур регулирования температуры в секции зоны вторичного охлаждения.
34. Контур регулирования расхода кислорода на газокислородный резак.
35. Контур регулирования теплового режима кристаллизатора с целью получения заданной толщины слоя затвердевшего металла на выходе (скоростью разливки).

Нагрев металла перед прокаткой

36. Контур регулирования температуры рабочего пространства нагревательной печи.
37. Контур регулирования температуры поверхности нагреваемой заготовки в печах проходного типа.
38. Контур регулирования давления в рабочем пространстве нагревательных печей.
39. Оптимизация процесса сжигания топлива в рабочем пространстве печей с целью снижения удельного расхода топлива.
40. Контур регулирования соотношения газ-воздух по анализу отходящих продуктов сгорания.

41. Контур регулирования температуры стенда в колпаковой печи для светлого отжига металла.
42. Контур регулирования температуры рабочего пространства колпака печи для термического светлого отжига металла.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Системы автоматизации и управления»

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1 Способен проводить натурные и вычислительные эксперименты с целью определения характеристик объекта автоматизации при предпроектном обследовании технологического процесса или объекта		
ПК-1.1	– Выполняет натурные и вычислительные эксперименты при предпроектном обследовании процесса или объекта по существующим методикам	<p>Перечень теоретических вопросов:</p> <p><i>Вопросы для подготовки к экзамену 1:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. История развития автоматических систем регулирования. Социальный эффект влияния САУ на технологический персонал. 2. Роль автоматизации в развитии промышленного производства. 3. Структура автоматизированной системы управления металлургическим производством, принципы иерархического построения, классификация уровня принятия решений. 4. Классификация систем управления по видам выполняемых функций. 5. Программное и алгоритмическое обеспечение адаптивной системы управления. 6. Определение динамических параметров объекта управления по результирующей кривой разгона, полученной в ходе эксперимента. 7. Статические и динамические характеристики инерционного с запаздыванием объекта управления статического типа. 8. Динамические характеристики инерционного с запаздыванием астатического объекта управления. 9. Адаптация САУ к информационной структуре технологического процесса. 10. Адаптация САУ к динамическим параметрам объекта управления в режиме

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>автоматизированной настройки.</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. Методики формирования градуировочных и рабочих характеристик в системах адаптивного типа. 12. Динамические характеристики пропорционального и интегрирующего звеньев, физический смысл параметров. 13. Динамические характеристики дифференцирующего и инерционного звеньев. Физический смысл параметров. 14. Формирование тестирующих входных воздействий при автоматическом определении динамических параметров. 15. Причина появления переходного (динамического) запаздывания в контуре управления. 16. Причина появления статической установившейся погрешности П-регулятора (доказать на конкретной схеме). 17. Классификация математических моделей технологического процесса, виды, достоинства и недостатки (кратко, только принципиальные моменты). 18. Детерминированные модели технологического процесса, достоинства и недостатки. 19. Экспериментально-статистическая модель технологического процесса. Способ математического представления, достоинства и недостатки. 20. Эмпирические математические модели технологических процессов, физическая суть, способ формирования, достоинства и недостатки. 21. Динамические модели технологических процессов, физическая сущность, способ формирования, достоинства и недостатки. 22. Математические модели технологического процесса детерминированного типа, достоинства и недостатки. 23. Необходимые условия пригонки модуля передаточной функции замкнутого контура первого вида к единице. 24. Необходимые условия пригонки модуля передаточной функции контура второго вида к единице.

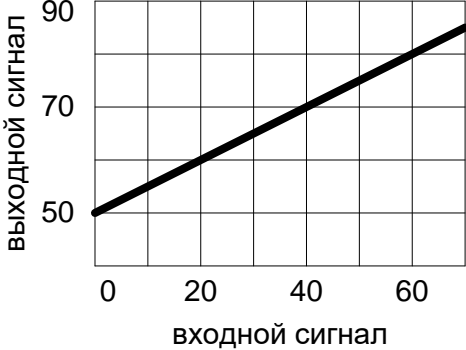
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>25. Оптимизация настройки контура управления по методу «ОМ», физическое обоснование метода и формулы для определения параметров.</p> <p>26. Оптимизация настройки динамических параметров контура управления по методу «СО». Физическое обоснование, область применения, рабочие формулы для определения параметров.</p> <p>27. Оптимизация настройки контура управления по методу «ЛЮ». Физическая сущность, достоинства и недостатки, рекомендации для использования.</p> <p>28. Способы улучшения параметров переходного процесса в контуре управления, оптимизированного по методу «СО».</p> <p>29. Каскадная система управления. Достоинства. Способ регулирования на реальном примере.</p> <p>30. Система связанного регулирования. Пример организации реального варианта.</p> <p>31. Обосновать физическую возможность компенсации инерционности объекта управления в контуре с использованием ПИ-регулятора.</p> <p>32. Программная реализация ПИ-закона регулирования при математическом моделировании переходных процессов в контуре регулирования.</p> <p>33. Типы релейных характеристик. Формирование управляющего воздействия при наличии релейного элемента с зоной нечувствительности и гистерезисом.</p> <p>34. Технологические особенности, задачи, решаемые АСУ ТП, общая структура, выбор критерия управления.</p> <p>35. Структура информационного обеспечения АСУ ТП на примере структурной схемы реализации АСУ ТП.</p> <p>36. Виды критериев эффективности управления процессами в АСУ ТП.</p> <p>37. Назначение, функции и структурные схемы АСУП металлургического производства.</p> <p>38. Иерархический принцип построения АСУП, подсистема поддержки принятия решений, классификация информационных технологий.</p> <p>39. Системы программного управления, принцип действия, рекомендации к применению, достоинства и недостатки.</p>

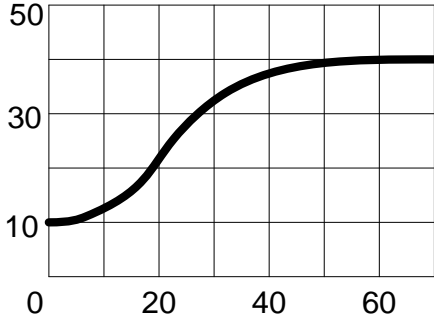
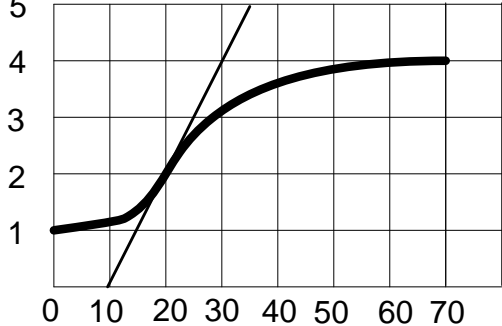
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>40. Основные понятия интеллектуальных систем, область применения, структурная схема.</p> <p>Вопросы для подготовки к экзамену 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Принципы адаптации самоприспосабливающейся системы управления к динамическим свойствам объекта управления. 2. Интеллектуальные системы автоматического управления, область применения, структурная схема, назначение отдельных элементов. 3. Принцип действия САО с принудительной модуляцией, математическая модель, структурная схема, достоинства и недостатки. 4. Принцип действия САО с запоминанием экстремума выходного параметра, математическая модель контура оптимизации, структурная схема, достоинства и недостатки. 5. Принцип действия САО с запоминанием экстремума скорости изменения выходного параметра, математическая модель контура оптимизации, структурная схема, достоинства и недостатки 6. Принцип работы шаговой САО, математическая модель, структурная схема, достоинства и недостатки. 7. Принцип работы САО с интегральной оценкой реакции процесса на пробное тестирующее воздействие, математическая модель, достоинства и недостатки. 8. Динамика САО, рекомендации по улучшению показателей эффективности функционирования САО. 9. Повышение устойчивости работы САО в условиях интенсивного действия технологических возмущений и помех. 10. Общее понятие искусственных нейронных сетей ИНС. Архитектура ИНС, входные, скрытые, выходные слои, условное обозначение. 11. Основные принципы и методы организации процесса обучения нейрорегулятора,

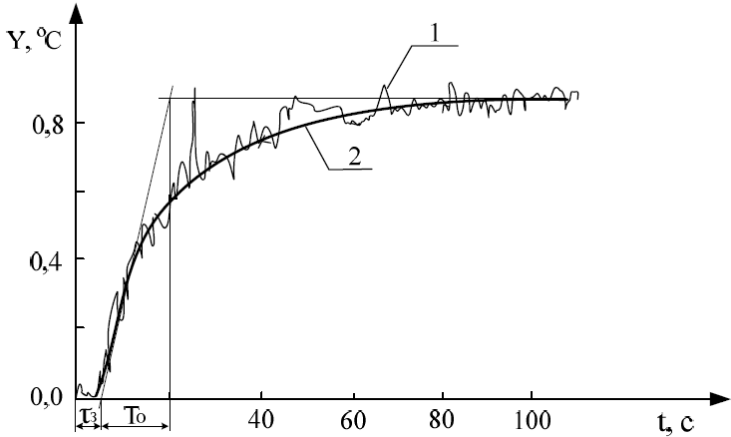
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>структурные схемы, достоинства и недостатки.</p> <p>12. Необходимые и достаточные условия эффективного применения САУ управления технологическими процессами.</p> <p>13. Процедуры обучения нейросетевой системы автоматического регулирования. Общие принципы корректировки синаптических весов нейронов.</p> <p>14. Основные понятия предукционных моделей симантических сетей и логических моделей.</p> <p>15. Структурная схема реализации нейросетевого регулятора технологического процесса.</p> <p>16. Общие особенности управления на базе теории нечетких множеств.</p> <p>17. Функциональная схема системы управления на базе нечеткой логики.</p> <p>18. Принцип работы нечеткого регулятора.</p> <p>19. Алгоритм нечеткого вывода Мамдани.</p> <p>20. Алгоритм нечеткого вывода Сугено.</p> <p>21. Особенности практической реализации нечеткого регулятора.</p> <p>22. Применение принципа нечеткого управления при синтезе цифровых контуров стабилизации технологических параметров производственных процессов.</p> <p>23. Особенности программной реализации типовых законов управления при использовании свободно программируемых микропроцессорных контроллеров.</p> <p>24. Особенности моделирования работы локальных контуров цифрового регулирования технологическим параметром производственного процесса.</p> <p>25. Исследование цифровых контуров регулирования технологических параметров производственных процессов с целью оптимизации параметров переходного процесса.</p> <p>Перечень вопросов практикума:</p> <p>1. Составить план для экспериментального определения статической</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>характеристики объекта управления, провести эксперимент на лабораторной установке.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Составить план для экспериментального определения динамических характеристик объекта управления, провести эксперимент на лабораторной установке. 3. Составить план для экспериментального определения частотных характеристик объекта управления, провести эксперимент на лабораторной установке. 4. Составить план для экспериментального определения влияния возмущающих величин на характеристики объекта управления, провести вычислительные эксперименты на модели. 5. Составить план для экспериментального определения влияния параметров настройки регулятора на качество работы системы управления, провести вычислительные эксперименты на модели. 6. Составить план для экспериментального определения влияния характеристик исполнительного устройства на качество работы системы управления, провести вычислительные эксперименты на модели.
ПК-1.2	<p>Определяет характеристики объекта автоматизации по результатам эксперимента</p>	<p>Перечень теоретических вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Почему при экстраполяции кривой разгона предполагается, что переходный процесс закончится за время равное $(3...4)T_0$? 2. Как физически реализован объект управления? 3. В чем заключается недостатки метода экстраполяции? 4. Какие количественные оценки динамических свойств ОУ используются? Какие формулы существуют для их определения? 5. Что такое переходная характеристика? Как определить уравнение переходной характеристики объекта? 6. Что называется импульсной характеристикой?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> 7. Что такое передаточная функция? Как ее получить из уравнения динамики? 8. Опишите методику снятия экспериментальной импульсной характеристики. Как правильно выбрать время импульса? 9. Опишите метод перестроения импульсной характеристики в кривую разгона. На чем он основывается? 10. Что называется импульсной характеристикой? 11. Какие параметры объекта можно определить по импульсной характеристике? Напишите формулы. 12. Опишите методику снятия экспериментальной импульсной характеристики. Как правильно выбрать время импульса? 13. Какие свойства характеризует коэффициент самовыравнивания? В чем физический смысл этого параметра? 14. Какие свойства характеризует скорость разгона? В чем физический смысл этого параметра? 15. Назовите известные частотные характеристики объектов. 16. Как получить частотные характеристики опытным путем? 17. Как получить АФЧХ, если известна ПФ объекта? 18. Как построить годограф АФЧХ по кривой разгона объекта? 19. Назовите типовые входные воздействия. Для чего они нужны? 20. Чем отличаются дифференциальные уравнения объектов с самовыравниванием и без самовыравнивания? 21. Как определить тангенс угла α и что он характеризует? 22. В каких единицах измеряется J_0 и какой физический смысл имеет этот параметр? 23. На чем основывается метод разбиения кривой разгона на ступенчатые сигналы? 24. Как построить на комплексной плоскости годограф АФЧХ объекта? Какой необходимо для этого провести эксперимент? 25. Чем объясняется выбор диапазона частот для построения годографа в формуле

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;"> $\omega_k \in \left(\frac{\pi}{3T_0}; \omega_1 = \frac{\pi}{\tau_3} \right)?$ </p> <p>26. Опишите методику построения годографа на комплексной плоскости для многоинерционных объектов.</p> <p>Перечень вопросов практикума:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. Постройте кривую разгона ОУ со следующими параметрами $T_0=10\text{с}$, $\tau_3=2\text{с}$. 2. Рассчитайте траекторию импульсной характеристики звена, если продолжительность входного импульса $0,2\text{ с}$, амплитуда импульса 25 у.е.. Начальное значение выходной величины $Y(0)=0$. 3. На рисунке представлена траектория изменения выходной величины при изменении положения вала на 10%. Чему равен коэффициент передачи объекта?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p data-bbox="1444 400 1727 432" style="text-align: center;">Кривая разгона ОУ</p>  <p data-bbox="972 799 2085 871">4. На рисунке представлена траектория изменения выходной величины при изменении положения вала на 15%. Чему равна постоянная времени объекта?</p>  <p data-bbox="972 1278 2085 1343">5. По кривой разгона определите коэффициенты дифференциального уравнения объекта:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="974 885 2094 1220"> 6. Постройте кривую разгона, по известному уравнению динамики объекта: $0,1Y'(t) + Y(t) = 2,5X(t)$. 7. Определите весовую функцию, по известному уравнению динамики объекта: $0,1Y'(t) + Y(t) = 2,5X(t)$. 8. Придумайте примеры объектов без самовыравнивания I и II порядков. 9. По экспериментальной кривой разгона статического объекта управления построить годограф АФЧХ. 10. По экспериментальной кривой разгона астатического объекта управления построить годограф АФЧХ. </p>
ПК-1.3	Выполняет подготовку материалов для отчета по результатам обследования объекта автоматизации	<p data-bbox="929 1292 1433 1332">Перечень теоретических вопросов:</p> <ol data-bbox="974 1364 1758 1468" style="list-style-type: none"> 1. Виды научных публикаций 2. Этапы подготовки научно-исследовательского отчета 3. Структура научно-исследовательского отчета

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Культура цитирования и основные требования к использованию источников, цитированию и составлению списков литературы</p> <p>5. Как оформляется текстовая и графическая части курсового проекта в соответствии с требованиями стандартов и методического указания.</p> <p>6. Как составить аннотацию к курсовому проекту? Что такое ключевые слова?</p> <p>Общее задание на курсовой проект (темы КП в Приложении 1):</p> <p>1. Провести информационный поиск научных источников по заданной теме курсового проекта. Подобрать необходимую литературу, прочитать и проанализировать ее, подготовить аналитический обзор по системам автоматизации выбранного технологического процесса или объекта автоматизации.</p> <p>2. Составление математической модели объекта управления (ОУ). Выбор статистических данных, расчет статической характеристики ОУ методом наименьших квадратов по экспериментальным данным. Расчет кривой разгона и определение динамических параметров объекта. Составление уравнения динамики и передаточной функции ОУ.</p> <p>3. Разработка структурной схемы САУ технологического параметра. Обоснованный выбор закона регулирования с учетом параметров ОУ и вида исполнительного устройства. Указание применяемых технических средств: датчики, вторичные приборы, регуляторы (контроллеры), усилители, исполнительные механизмы, регулирующие органы и т.п.</p> <p>4. Расчет контура управления в соответствии с выбранной структурной схемой, включая блок-схему алгоритма, расчетные формулы и выбор начальных условий,</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ручной подробный расчет 5-8 точек и сравнение их с компьютерным вариантом.</p> <p>5. Оптимизация контура управления и анализ влияния параметров настройки регулятора на качество переходных процессов в САУ. Определение оптимальных настроек регулятора. Исследование переходных процессов в системе при разных скоростях исполнительного механизма, при разных значениях коэффициента передачи регулятора, времени изодрома и др. Исследование САУ при действии на систему различных возмущений: однократного возмущения, дрейфа статической характеристики, периодических высокочастотных помех и т.п.</p> <p>6. Оформить текстовую и графическую части курсового проекта в соответствии с требованиями стандартов и методическими указаниями, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Составить аннотацию курсового проекта; – Составить список ключевых слов; – Оформить результаты исследования по требованиям стандартов; – Составить список цитируемых источников; – Проверить курсовой проект на антиплагиат.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Системы 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 (5 и 6 семестр) и в форме выполнения и защиты курсового проекта.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

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

Показатели и критерии оценивания курсового проекта:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

**Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине
«Системы автоматизации и управления»**

Цель проведения практических работ: приобретение практических навыков расчета систем и контуров автоматизации, подготовка к выполнению курсового проекта. После разбора поставленной задачи студенты самостоятельно выполняют задания. Результаты работы оформляют в виде отчета. В отчете приводятся схемы и графики, результаты расчётов, таблицы экспериментальных данных.

Схемы и графики вычерчиваются с использованием стандартных изображений с применением чертёжных инструментов. Графики и схемы могут выполняться с помощью графических компьютерных программ, распечатываться и вклеиваться по всему контуру в отчёт.

Перечень практических работ

1. Составление математической модели объекта управления и расчет кривой разгона и определение динамических параметров объекта.
2. Разработка структурной схемы САУ технологического параметра.
3. Разработка блок-схемы алгоритма и расчет контура управления в соответствии со структурной схемой.
4. Оптимизация контура управления и анализ влияния параметров настройки регулятора на качество переходных процессов в САУ.
5. Исследование САУ при действии на систему возмущений: однократного возмущения, дрейфа статической характеристики, периодических помех.

Пример оформления практической работы №1:

Составление математической модели объекта управления и расчет кривой разгона и определение динамических параметров объекта.

Для обеспечения эффективного управления процессом необходимо иметь информацию о характерных особенностях объекта управления (ОУ), которую можно получить при анализе статических и динамических характеристик.

Зависимость выходной величины Y (температура в зоне подогрева) от входного параметра X (положение РО в газопроводе) в установившемся режиме называется статической характеристикой процесса и имеет вид статической зависимости. Статическая характеристика позволяет определить границы управляемости ОУ, т.е. в каких пределах может изменяться выходной параметр при изменении входного параметра от минимального до максимального значения. Статическая характеристика вращающейся печи при различной производительности печи представлена на рис.1.

Для определения статической характеристики технологического процесса использованы экспериментальные данные, которые получены в результате пассивного наблюдения за исследуемым процессом, с помощью регистрации в определенные моменты

времени текущих значений входных и выходных переменных технологического процесса (хронометраж процесса).

Функциональная зависимость $Y = f(X)$, определяющая с определенной достоверностью наличие статистической связи между переменными X и Y , называется теоретической линией регрессии. Определение вида уравнения теоретической линии регрессии является основной целью регрессионного анализа. Линия регрессии решает вопрос интерполяции, т.е. нахождения значений функции внутри некоторого интервала значений аргумента и не оценивает течение процесса вне этого интервала, т.е. не решает проблему экстраполяции.

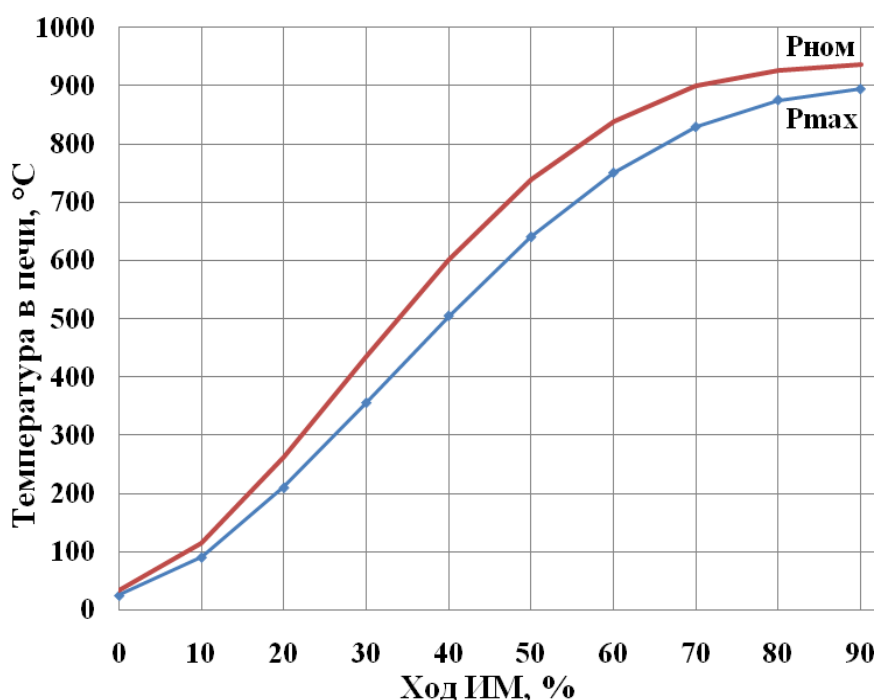


Рис.1 Статическая характеристика вращающейся печи

Расчёт теоретической линии регрессии выполним методом наименьших квадратов, суть которого заключается в минимизации функции условие (2.1):

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}(x_i))^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где n – число экспериментальных точек $n=1,2,3,\dots$;

Y_i – экспериментальное значение при $X=X_i$;

$\bar{Y}(X_i)$ – ордината линии регрессии при $X=X_i$.

Для получения линии регрессии нелинейных объектов, используются полиномы второй и более высоких степеней. Расчет коэффициентов полинома приведен в приложении А. Для аппроксимации статической характеристики был выбран полином четвертой степени. Полученные линии регрессии для номинальной производительности печи описывается уравнением (2.2), а для максимальной производительности печи уравнением (2.3):

$$Y = 26,80 + 4,81 \cdot x + 0,50 \cdot x^2 - 0,01 \cdot x^3 + 3,28 \cdot 10^{-5} \cdot x^4, \quad (2)$$

$$Y = 25,45 + 2,76 \cdot x + 0,44 \cdot x^2 - 0,01 \cdot x^3 + 2,28 \cdot 10^{-5} \cdot x^4. \quad (3)$$

В производственных условиях технологические процессы обладают инерционностью и запаздыванием. Это означает, что после изменения какого-либо фактора (параметра) контролируемая переменная изменяется не мгновенно, а по некоторой траектории. В этом случае зависимость между входными и выходными параметрами исследуемого процесса определяется дифференциальными уравнениями, учитывающими динамику изменения выходного параметра. Состояние и поведение системы управления в переходных режимах определяет её динамические свойства. Динамические системы могут быть описаны линейными дифференциальными уравнениями, выражающими функциональную связь между входами и выходами.

На рис.2 изображена динамическая характеристика ОУ снятая экспериментально при изменении положения регулирующего органа на 10% (с 50% на 60%) для номинальной производительности печи (точки на графике), и расчетная кривая разгона (сплошная линия на графике). По полученным опытным данным видно, что кривая разгона имеет S-образный вид, следовательно, для определения траектории кривой разгона модели расчет ведем с помощью дифференциального уравнения второго порядка формула (2.4):

$$\epsilon_0 \frac{d^2 Y(\tau)}{d\tau^2} + \epsilon_1 \frac{dY(\tau)}{d\tau} + \epsilon_2 Y_n(\tau) = f[X(\tau)], \quad (4)$$

где $\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2$ – коэффициенты дифференциального уравнения.

Решение дифференциального уравнения (2.4) имеет вид формула (2.5):

$$Y(\tau) = \left(1 + \frac{\tau_3}{T_{об} - \tau_3} \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau_3}} + \frac{T_{об}}{\tau_3 - T_{об}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{об}}} \right) \cdot K_{об} \Delta X + Y_n(\tau), \quad (5)$$

где τ_3 – время запаздывания ОУ, мин;

$T_{об}$ – постоянная времени ОУ, мин;

$K_{об}$ – коэффициент передачи ОУ, °C/%;

ΔX – изменение положения регулирующего органа, %;

Y_n – начальная температура в ОУ, °C.

При подстановке экспериментальных значений в формулу (2.5) получим уравнение (2.6) для определения расчетной траектории кривой разгона:

$$Y(\tau) = \left(1 + 0,14 \cdot e^{-\frac{\tau}{2,5}} - 1,14 \cdot e^{-\frac{\tau}{20,5}} \right) \cdot 12,50 \cdot 10 + 725. \quad (6)$$

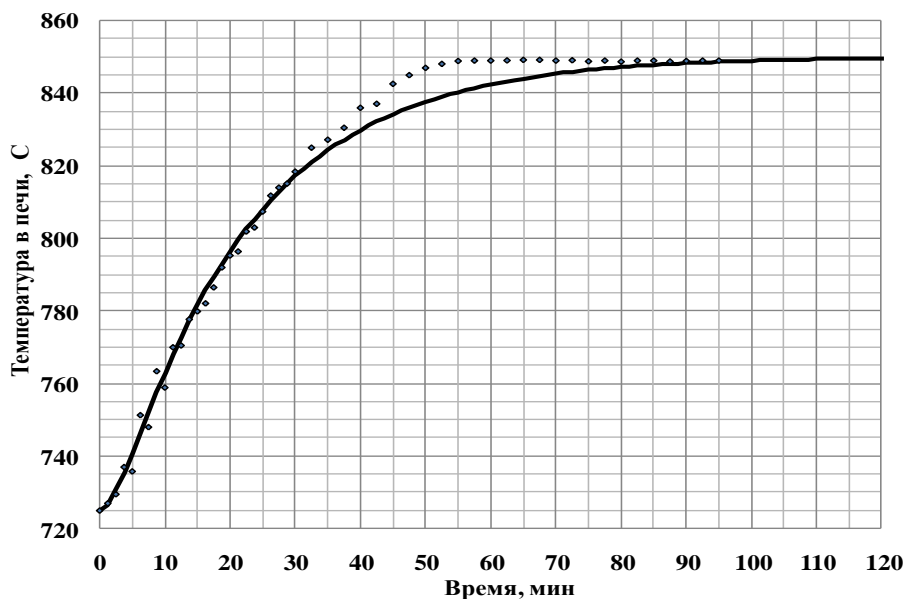


Рис.2 Кривая разгона вращающейся печи

Варьируя время (τ) в формуле (6) при неизменных: постоянной времени объекта ($T_{об}$), времени запаздывания объекта (τ_3), и коэффициенте передачи объекта ($K_{об}$) получили расчетную траекторию кривой разгона.

По динамической характеристике объекта управления определены время запаздывания объекта (τ_3), постоянная времени объекта (T_o) и коэффициент передачи объекта ($K_{об}$): $\tau_3 = 2,50$ мин; $T_{об} = 20,50$ мин; $K_{об} = 12,50$ °С/%ИМ.

Пример оформления практической работы №2:

Разработка структурной схемы САУ технологического параметра

САУ соотношением расходов топливо - воздух в зоне нагревательной печи представлена. Расход топлива ведущий параметр (и является возмущением для САУ соотношения), расход газа ведомый параметр. Для управления соотношением топливо – воздух введем параметр коэффициент расхода воздуха α

$$\alpha = \frac{V_B}{V_{Г}L}, \quad (1)$$

где $V_{Г}$ – для исследования поведения САУ расход газа необходимо произвольно выбирать или рассчитывать, для упрощения расчетов расход газа примем постоянным $V_{Г}=5530$, м³/ч;

$V_{В}= -19071,43+3416,41X_{им} -53,07(X_{им})^2+0,29(X_{им})^3$ – расход воздуха будем определять по уравнению, м³/ч;

$L=10$ – стехиометрический коэффициент соответствующий объемному количеству необходимого воздуха для сжигания одного объема природного газа

Для управления соотношением топливо – воздух необходимо поддерживать $\alpha=const$, что достигается изменением положения заслонки на воздухопроводе.

Структурная схема САУ содержит 6 звеньев и 2 элемента сравнения. ОУ (зона нагревательной печи) состоит из трех звеньев, на рис.1 выделен пунктиром. Первое звено – функциональное $Y=f(X_{им})$ в котором осуществляется расчет статического значения α по формуле (2). Второе звено $W_1(p)$ – инерционное звено первого порядка моделирует инерцию в самом технологическом объекте связанную с длиной и конструкцией воздухопровода между расходомером и заслонкой а также скоростью движения воздуха в трубопроводе. Инерционность звена первого порядка $W_1(p)$ примем равной постоянной

времени $T_{об}$. Третье звено ОУ с передаточной функцией $W_2(p)$ моделирует инерцию при передаче измерительной информации: сигнала о расходе воздуха по пневматическим трубкам, инерционностью датчика, вторичного прибора, линий связи. Инерционность звена $W_2(p)$ примем равной времени запаздывания τ_3 в ОУ.

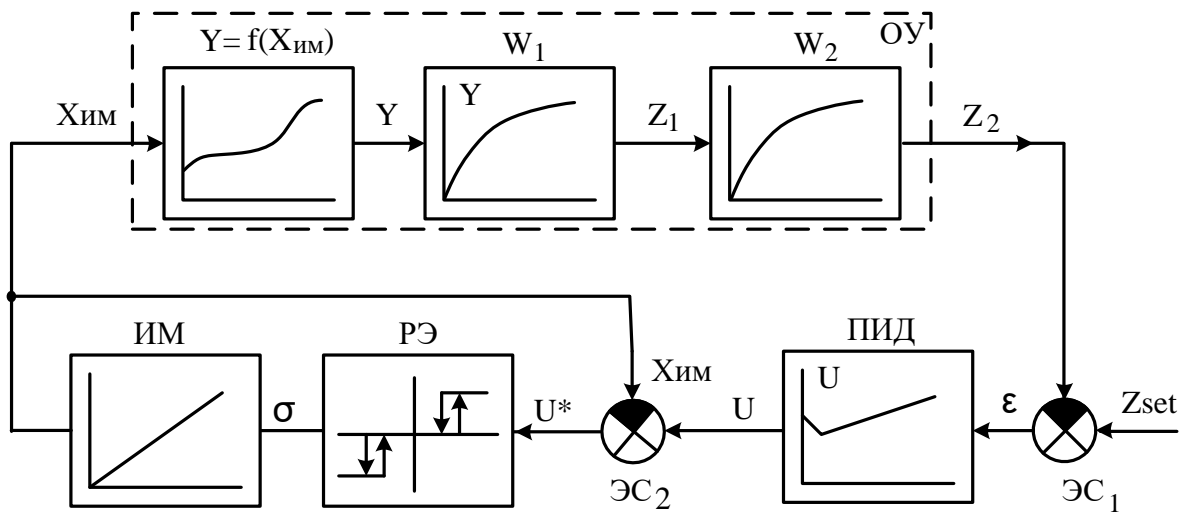


Рис.1 Структурная схема для расчета контура управления с типовым регулятором и ИМ постоянной скорости

Для управления соотношением топливо – воздух необходимо поддерживать $\alpha = \text{const}$, что достигается изменением положения заслонки на воздухопроводе. На рис.1 введены следующие обозначения (частные значения для примера указаны в скобках):

- $X_{им}$ – положение вала ИМ (условное положение заслонки на воздухопроводе), %;
- Y – установившееся значение регулируемой величины ОУ по статической характеристике (коэффициент расхода воздуха α);
- Z_1 – промежуточная величина, °С;
- Z_2 – расчетное значение регулируемой величины ОУ (действительное значение α в текущий момент времени t);
- Z_{set} – заданное значение регулируемой величины ОУ (заданное значение коэффициента расхода воздуха);
- $\varepsilon = Z_{set} - Z_2$ – сигнал рассогласования (ошибки);
- U – управляющее воздействие на выходе регулятора, %;
- $U^* = U - X_{им}$ управляющее воздействие с учетом обратной связи по положению вала ИМ, %;
- σ – знаковая переключающая функция, определяющая направление движения ИМ, $\sigma = [1; 0; -1]$.
-

Пример оформления практической работы №3:

Разработка блок-схемы алгоритма и расчет контура управления в соответствии со структурной схемой

Блок-схема алгоритма программы приведена на рис.1. Данный вариант блок-схемы подходит для контура регулирования температуры в нагревательной газовой печи.

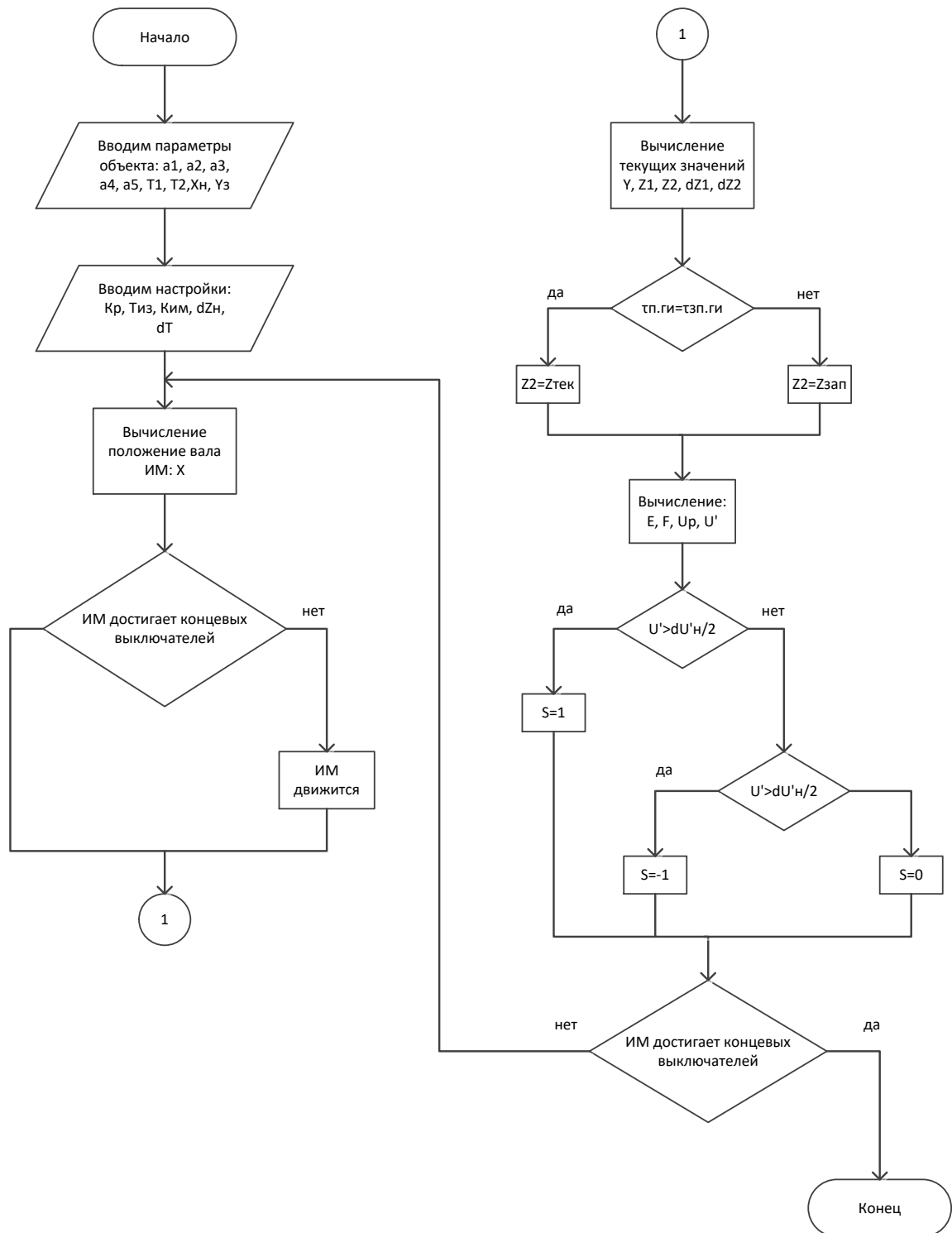


Рис.1 Блок-схема программы расчета переходных процессов в контуре регулирования температуры

При последовательном соединении двух элементарных звеньев первого порядка можно получить удовлетворительную модель реального объекта и произвести расчет с приемлемой точностью.

$$W_1(p) = \frac{1}{T_{об} \cdot p + 1} \quad W_2(p) = \frac{1}{\tau_3 \cdot p + 1} \quad (1)$$

Для расчета инерционностей применим метод Эйлера, формулы (4). Зададим шаг дискретизации по времени Δt , так чтобы он был как минимум в 10 раз меньше времени запаздывания ОУ τ_3 . Затем выбрать начальные условия $Z_1(0) = Z_2(0) = Y = f(X_0)$ и $\Delta Z_1(0) = \Delta Z_2(0) = 0$. Выбрать заданное значение Z_{set} . По шагам через интервал времени Δt рассчитывать последовательно значения величин ΔZ_1 , Z_1 , $\Delta Z_2(t)$, Z_2 до тех пор пока не закончится переходный процесс в контуре.

$$\begin{aligned} \Delta Z_1(t) &= [Y(t) - Z_1(t)] \frac{\Delta t}{T_{об}} & \Delta Z_2(t) &= [Z_1(t) - Z_2(t)] \frac{\Delta t}{\tau_3} \\ Z_1(t + \Delta t) &= Z_1(t) + \Delta Z_1(t) & Z_2(t + \Delta t) &= Z_2(t) + \Delta Z_2(t) \end{aligned} \quad (2)$$

В производственных условиях кривую разгона сложно получить, так как не всегда удается выделить момент внесения скачкообразного задающего сигнала или отфильтровать реакции объекта на технологические возмущения. Поэтому для создания модели динамических свойств объекта необходимо в инструкции по эксплуатации или паспорте измерительного прибора найти среди прочих характеристик инерционность датчика.

Сигнал с выхода ОУ $Z_2(t)$ поступает на вход элемента сравнения ЭС₁, туда же подается сигнал задания $Z_{SET}(t)$. На выходе элемента сравнения формируется сигнал рассогласования $\varepsilon(t)$, равный разности между текущим значением коэффициента расхода воздуха и заданным значением.

Закон регулирования в общем виде представлен формулой:

$$\begin{aligned} U(t) &= K_p \left[\varepsilon(t) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int \varepsilon(t) dt + T_{II} D(t) \right] + U_0, \text{ где} \\ F(t) &= \int \varepsilon(t) dt & D(t) &= \frac{\varepsilon(t) - \varepsilon(t - \Delta t)}{\Delta t} \end{aligned} \quad (3)$$

где $U_0 = X_0$ – начальное положение выходного вала исполнительного механизма;
 K_p – коэффициент передачи регулятора рассчитаем по формуле (1);

$T_{ИЗ}$ – время изодрома, определяющее величину интегральной части $F(t)$ по отношению к пропорциональной части, примем $F(0) = 0$ и $T_{ИЗ} = T_{об}$;

T_{II} – время предварения, характеризует степень влияния дифференцирующей части $D(t)$, примем $D(0) = \varepsilon(0)/\Delta t$ и $T_{II} = \tau_3$.

Сигнал управляющего воздействия $U(t)$ поступает на вход ЭС₂, где сравнивается с текущим положением вала ИМ: $U^*(t) = U(t) - X_{ИМ}$. Скорректированный сигнал управляющего воздействия $U^*(t)$ поступает на вход релейного элемента РЭ, где определяется направление движения ИМ. Знак переключающей функции $\sigma(t)$ определяется по условию:

$$\sigma(\tau) = \begin{cases} +1, & \text{при } U'(\tau) \geq dZ_H; \\ 0, & \text{при } -dZ_H < U'(\tau) < dZ_H; \\ -1, & \text{при } U'(\tau) \leq -dZ_H, \end{cases} \quad (4)$$

где dZ_n – зона нечувствительности переключающего реле.

В промышленности используются ИМ постоянной скорости

$K_{ИМ} = \text{const}$. Если $\sigma(t)=1$ ИМ движется в сторону «больше», $\sigma(t)=0$ ИМ неподвижен, $\sigma(t)=-1$ ИМ движется в сторону «меньше». Поэтому положение выходного вала ИМ на следующем шаге определяется по формуле:

$$X_{ИМ}(t + \Delta t) = X_{ИМ}(t) + \sigma K_{ИМ} \Delta t, \quad (5)$$

где Δt – шаг дискретизации, $K_{ИМ}$ – скорость ИМ.

По формулам (2)-(5) были рассчитаны все сигналы, обозначенные на рис.1 и контур управления замкнулся. Теперь необходимо перейти на следующий шаг по времени и произвести расчет в том же порядке до тех пор пока переходный процесс в контуре не закончится.

Таблица 1

Расчет первых 10 точек переходного процесса для контура регулирования температуры

T	X	Y	Z ₁	Z ₂	ΔZ_1	ΔZ_2	Z _{2зап}	E	F	U _{пр}	U'	σ
0	70,00	1 225,4	1 225,4	1 225,4	0,00	0,00	1 225,4	49,6	49,62	3,75	3,75	1
1	71,59	1 247,4	1 225,4	1 225,4	0,09	0,00	1 225,4	49,6	99,25	3,78	2,19	1
2	73,17	1 269,3	1 225,5	1 225,4	0,18	0,00	1 225,4	49,6	148,87	3,80	0,62	1
3	74,76	1 291,2	1 225,7	1 225,4	0,27	0,00	1 225,4	49,6	198,49	3,81	-0,95	-1
4	73,17	1 269,3	1 225,9	1 225,4	0,18	0,00	1 225,4	49,6	248,12	3,83	0,65	1
5	74,76	1 291,2	1 226,1	1 225,4	0,27	0,00	1 225,4	49,6	297,74	3,84	-0,92	-1
6	73,17	1 269,3	1 226,4	1 225,4	0,18	0,00	1 225,4	49,6	347,36	3,86	0,69	1
7	74,76	1 291,2	1 226,6	1 225,4	0,27	0,00	1 225,4	49,6	396,99	3,88	-0,89	-1
8	73,17	1 269,3	1 226,8	1 225,4	0,18	0,00	1 225,4	49,6	446,61	3,89	0,72	1
9	74,76	1 291,2	1 227,0	1 225,4	0,27	0,00	1 225,4	49,6	496,23	3,91	-0,86	-1
10	73,17	1 269,3	1 227,3	1 225,4	0,18	0,00	1 225,4	49,6	545,86	3,92	0,75	1

Пример оформления практической работы №4:

Оптимизация контура управления и анализ влияния параметров настройки регулятора на качество переходных процессов в САУ

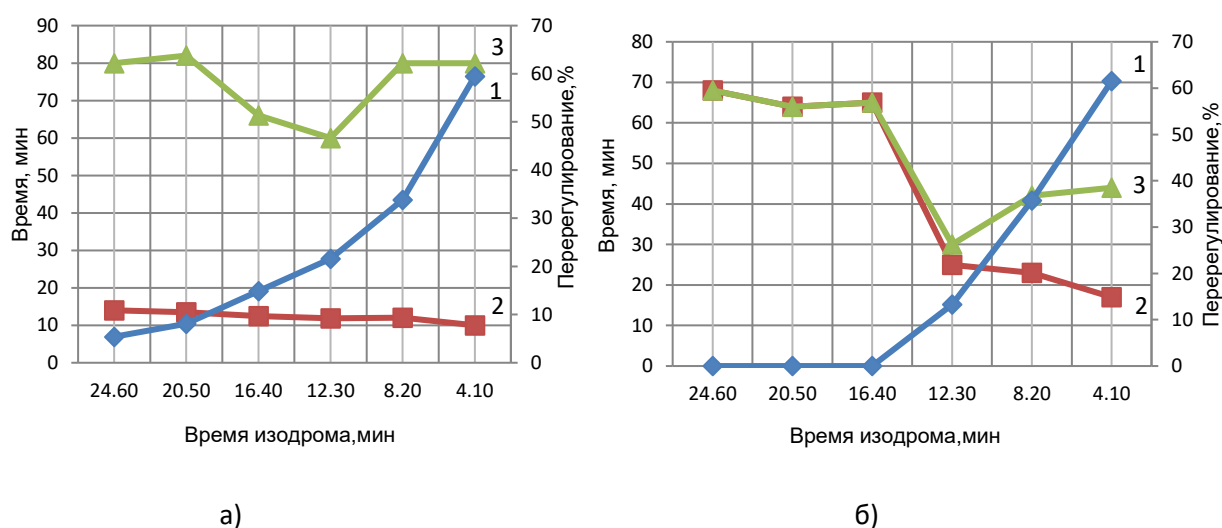
С помощью математической модели были получены переходные процессы системы регулирования температуры в зоне подогрева печи при изменении задания и нагрузки печи, по которым были определены показатели качества.

В процессе исследования системы автоматического регулирования температуры в зоне подогрева печи изменялось время изодрома регулятора, коэффициент регулятора, время предварения и скорость исполнительного механизма.

Таблица 1

Показатели качества при различном времени изодрома

Т _{из} , МИН	Изменение задания			Изменение нагрузки		
	σ, %	τ ₁ , МИН	τ ₂ , МИН	σ, %	τ ₁ , МИН	τ ₂ , МИН
24,60	5,40	14,00	более 80,00	—	68,00	68,00
20,50	8,10	13,50	более 80,00	—	64,00	64,00
16,40	14,90	12,50	66,00	—	65,00	65,00
12,30	21,60	11,90	60,00	13,30	25,00	30,00
8,20	33,80	12,00	80,00	35,70	23,00	42,00
4,10	59,50	10,00	80,00	61,50	17,00	44,00



1 – перерегулирование, σ; 2 – время достижения заданного значения температуры, τ₁;
3 – время окончания регулирования, τ₂.

Рисунок 1 – Показатели качества при различном времени изодрома:

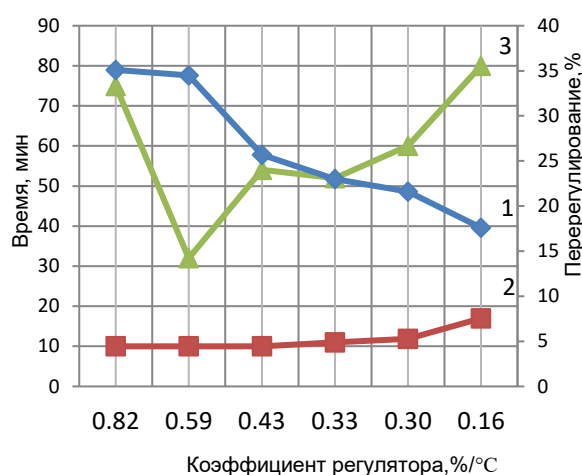
а) регулирование по заданию; б) регулирование по нагрузке

С увеличением времени изодрома уменьшается перерегулирование для обоих вариантов работы системы. Время полного регулирования уменьшается, до значения времени изодрома равного Т_{из}=12,30 мин, а потом резко возрастает в обоих случаях. Время, за которое температура в печи достигает первый раз заданного значения остается практически неизменным для регулирования по заданию, а по изменению нагрузки увеличивается с увеличением времени изодрома. Также с уменьшением времени изодрома появляются колебания в системе регулирования. Наиболее оптимальное время изодрома Т_{из}=14,35мин.

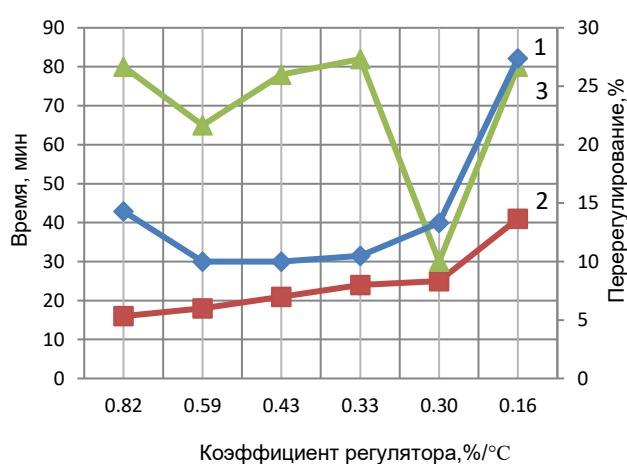
Таблица 2

Показатели качества при различном коэффициенте регулятора

$K_p, \%/^{\circ}\text{C}$	Изменение задания			Изменение нагрузки		
	$\sigma, \%$	$\tau_1, \text{мин}$	$\tau_2, \text{мин}$	$\sigma, \%$	$\tau_1, \text{мин}$	$\tau_2, \text{мин}$
0,82	35,00	10,00	75,00	14,00	16,00	80,00
0,59	35,00	10,00	32,00	10,00	18,00	65,00
0,43	26,00	10,00	54,00	10,00	21,00	78,00
0,33	23,00	11,00	52,00	11,00	24,00	82,00
0,30	22,00	12,00	60,00	13,00	25,00	30,00
0,16	17,60	17,00	более 80,00	27,40	41,00	более 80,00



а)



б)

1 – перегуливание, σ ; 2 – время достижения заданного значения температуры, τ_1 ;
3 – время окончания регулирования, τ_2 .

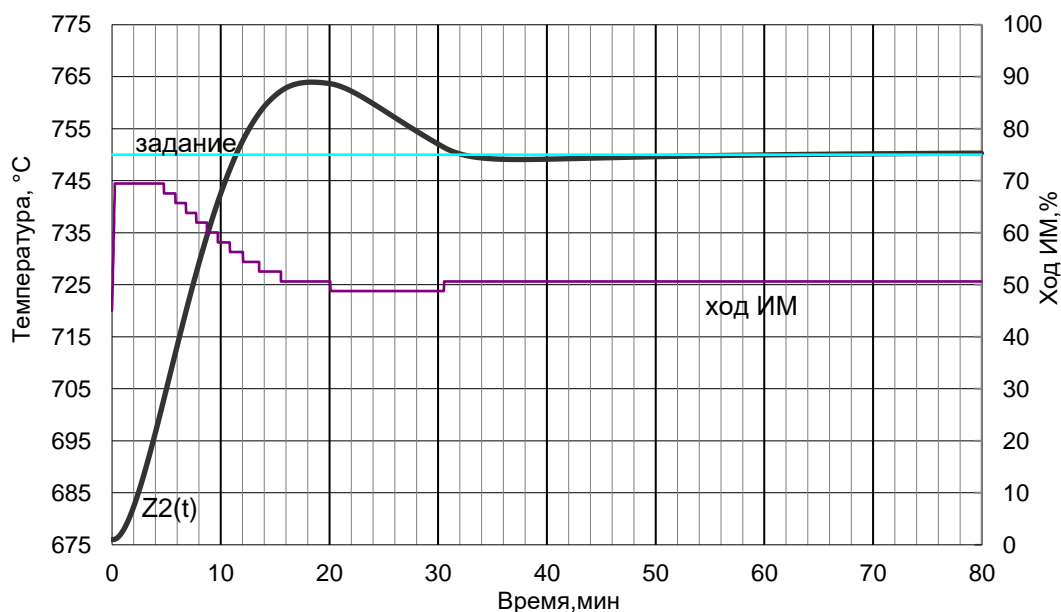
Рис.2. Показатели качества при различном коэффициенте регулятора: а) регулирование по заданию; б) регулирование по нагрузке

С уменьшением значения коэффициента регулятора уменьшается перегуливание в системе, после значения коэффициента регулирования $K_p=0,33\%/^{\circ}\text{C}$ перегуливание резко возрастает только при увеличении нагрузки. Время достижения заданного значения температуры увеличивается в обоих случаях, а время полного регулирования сначала уменьшается, а потом начинает возрастать. Наиболее оптимальный коэффициент регулятора равен $K_p=0,33\%/^{\circ}\text{C}$.

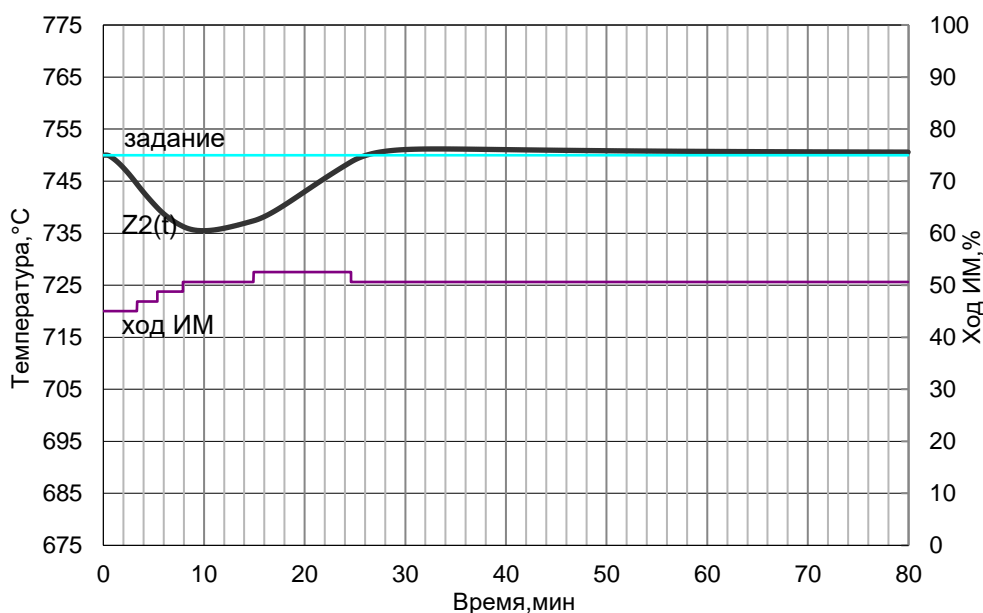
С увеличением скорости исполнительного механизма перегуливание и время достижения заданного значения температуры в системе остаются практически неизменными при регулировании по заданию. Для регулирования по нагрузке перегуливание и время τ_1 уменьшаются до $K_{\text{нм}}=95,24\%/мин$, а после этой скорости увеличивают свое значение. Время полного регулирования уменьшается с уменьшением

скорости ИМ до значения $K_{ИМ}=95,24\%/мин$, а при дальнейшем уменьшении скорости увеличивается для обоих случаев регулирования. Наиболее оптимальная скорость исполнительного механизма $K_{ИМ}=94,10\%/мин$.

С уменьшением значения времени предварения, значения показателей качества системы для регулирования по заданию практически не изменяются. Для регулирования по нагрузке с увеличением времени предварения растет перерегулирование, время t_1 сначала уменьшается, а потом увеличивается и при $T_{п}=2,00мин$ уже не изменяется. Время полного регулирования в интервале времени от $T_{п}=2,50мин$ до $T_{п}=1,00мин$ изменяется не значительно, а за пределами этого интервала процесс переходит в колебательный режим. Наиболее оптимальное время предварения равно $T_{п}=1,50мин$.



а) регулирование по заданию



б) регулирование по нагрузке

Рис.3. Переходные процессы при оптимальных настройках системы

По полученным графикам показателей качества системы можно сделать вывод, что наиболее благоприятное течение переходного процесса при регулировании по нагрузке и

заданию обеспечивается при времени изодрома $T_{из}=14,35$ мин, коэффициенте регулятора $K_p=0,33\%/^{\circ}C$, времени предварения $T_p=1,50$ мин и скорости исполнительного механизма $K_{им}=94,10\%/мин$.

Для оптимальных настроек построен переходный процесс в системе регулирования по изменению задания и изменению нагрузки печи рисунок 3, и определены показатели качества системы регулирования.

Показатели качества системы для регулирования по заданию:

$$\sigma = 18,20\%; \quad \tau_1 = 11,50 \text{ мин}; \quad \tau_2 = 60,00 \text{ мин}.$$

Показатели качества системы для регулирования по нагрузке:

$$\sigma = 10,30\%; \quad \tau_1 = 26,00 \text{ мин}; \quad \tau_2 = 75,00 \text{ мин}.$$

Пример оформления практической работы №5:

Исследование САУ при действии на систему возмущений: однократного возмущения, дрейфа статической характеристики, периодических помех

Моделирование работы САОУ в условиях дрейфа статической характеристики. Далее рассмотрим работу САОУ основанной на нечеткой логике, при работе в условиях дрейфа статической характеристики.

Моделируем работу САОУ с прежними настройками. Вводим искусственный дрейф статической характеристики. Допустим в момент установившегося переходного процесса, в момент времени восемьсот пятьдесят секунд, точка максимума производительности изменяет свое положение в соответствии с формулой (1).

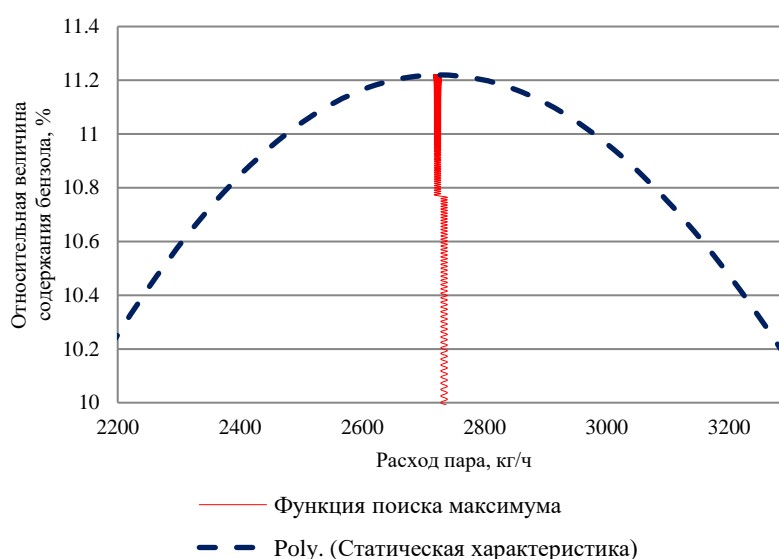


Рис.1 Увеличенный фазовый портрет работы САОУ основанной на нечеткой логике

Дрейф статической характеристики присутствует в производственных условиях, это связано с различным химическим составом каменноугольной смолы, температуры окружающей среды, влажности воздуха, и другими воздействиями со стороны:

$$Y[x_{вх}(\tau), \tau] = a_0 + a_1[x_{вх}(\tau) \pm \alpha\tau] + a_2[x_{вх}(\tau) \pm \alpha\tau]^2 + a_3[x_{вх}(\tau) \pm \alpha\tau]^3 \pm \beta\tau \quad (1)$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 – постоянные коэффициенты уравнения статической характеристики оптимизируемого процесса; α, β – соответственно скорости горизонтального и вертикального смещения (дрейфа) статической характеристики; τ – время прошедшее с начала дрейфа статической характеристики.

В нашем случае: $\alpha = -0,1$; $\beta = 0,001$.

Результат моделирования работы САОУ в условиях дрейфа статической характеристики представлен на рис.2. Фазовый портрет работы системы поиска оптимума представлен на рис. 3. Увеличенный фазовый портрет работы системы поиска оптимума представлен на рис. 4.

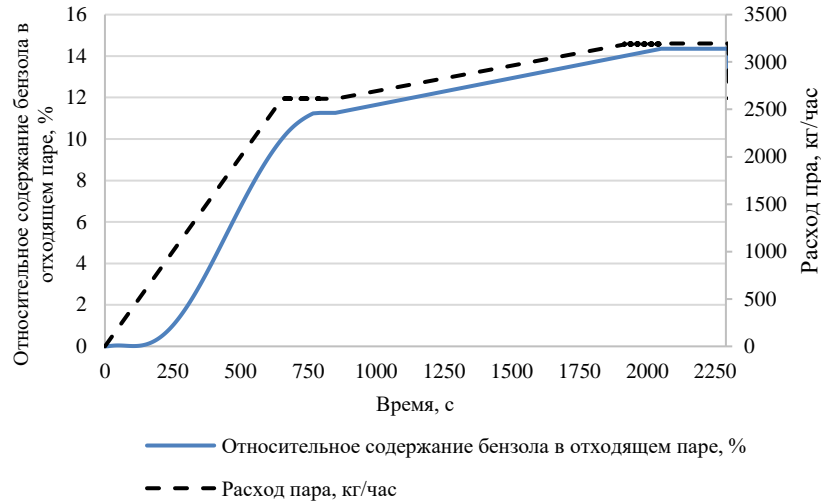


Рис.2 Процесс поиска оптимума САОУ основанной на нечеткой логике в условиях дрейфа статической характеристики

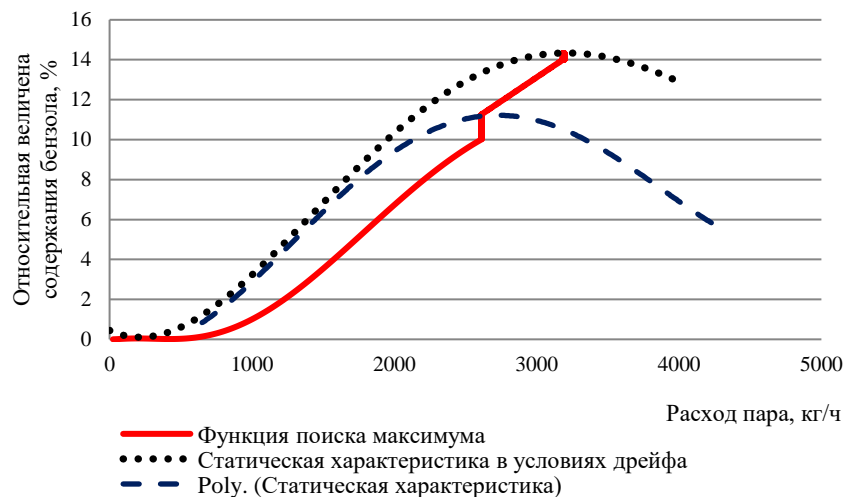


Рис. 3 Фазовый портрет работы САОУ основанной на нечеткой логике в условиях дрейфа статической характеристики

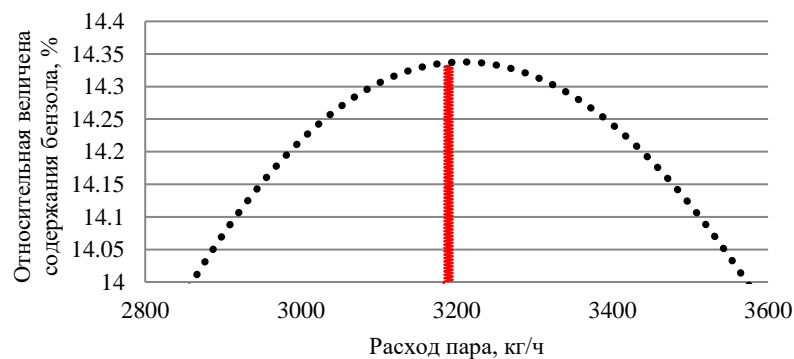


Рис. 4 Увеличенный фазовый портрет работы САОУ основанной на нечеткой логике в условиях дрейфа статической характеристики

Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что разработанная САОУ основанная на нечеткой логике устойчива к дрейфу статической характеристики, а следовательно устойчива к внешним воздействиями и может применяться на различных производствах, в любых метеоусловиях.

Из полученных данных, см. рис.2-4, видно, что дрейф недостаточно велик для включения блока БПР, и за оптимумом статической характеристики устремляется поиск блока ЭР, подавая выходной логический сигнал «большое положительное» до момента достижения окрестности оптимума. При более сильном дрейфе, когда ошибка будет больше порога работы ЭР в работу задействуется блок БПР.

Анализ полученных расчетных зависимостей показывает, что при функционировании синтезированной САОУ процессом улавливания бензола из каменноугольной смолы обеспечивается устойчивый поиск максимальной производительности бензольной колонны.