

Документ подписан простой электронной подписью

Информация об информации

ФИО: Клочков Юрий Сергеевич

Должность: и.о. ректора

Дата подписания: 09.04.2024 12:09:18

Уникальный программный ключ:

4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УМР

_____ Н.В. Зонова
«_____» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины: **Теория автоматического управления**

направление подготовки: **15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

направленность (профиль): **Автоматизация технологических процессов и производств в нефтяной и газовой промышленности**

форма обучения: **очная, заочная**

Рабочая программа разработана для обучающихся направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, направленность (профиль) Автоматизация технологических процессов и производств в нефтяной и газовой промышленности

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры кибернетических систем

Заведующий кафедрой кибернетических систем
_____ О.Н. Кузяков
(подпись)

Рабочую программу разработал:

Л.Н. Макарова, доцент кафедры кибернетических систем, к.т.н. _____

1. Цели и задачи освоения дисциплины/модуля

Цель освоения дисциплины - обучение студентов основам приемов автоматического управления в системах, приемам анализа и синтеза систем управления.

Задачи дисциплины:

- усвоение студентами основ анализа и синтеза линейных непрерывных систем,
- усвоение студентами основ анализа и синтеза линейных дискретных систем,
- изучение свойства нелинейных систем,
- изучение случайных процессов в автоматических системах управления,
- изучение методов теории оптимальных систем управления,
- применение полученной информации для расчета систем управления (регуляторов) для конкретных объектов нефтегазового комплекса.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание: математики, физики, электротехники, электроники, программирования и алгоритмизации,

умение: анализировать причинно-следственные связи в системах, применять закономерности и приемы высшей математики, работать в прикладных математических программах,

владение: приемами системного анализа для организации управления в технологических устройствах.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Физика», «Математика», «Средства автоматизации и управления» и служит основой для освоения дисциплины «Автоматизация технологических процессов и производств» и подготовки выпускной квалификационной работы.

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)
ПКС-5. Способность выполнять работы по обеспечению производственного процесса эксплуатации технических средств	ПКС-5.4. Способен настраивать автоматические регуляторы	Знать(3.1) – методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов автоматизации и управления; (3.2) – классификацию систем управления, структурные схемы, методы преобразования структурных схем, исследование устойчивости и качества управления; (3.3) – методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ);

АСУТП нефтегазовой отрасли	(3.4) – основные методы анализа САУ во временной и частотных областях, способы синтеза САУ, возможности использования типовых пакетов прикладных программ для анализа динамических систем.
	Уметь (У1): разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления; (У2) работать с каким либо из основных типов программных систем, предназначенных для математического и имитационного моделирования Mathcad, Matlab и др (У3) проводить расчет настроек регуляторов различного типа и различными методами.
	Владеть (В.1) – методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использования их для решения конкретных задач; (В.2) – навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования; (В.3) – методами оценки устойчивости и качества сложных систем; (В.4) – методами расчета настроек регуляторов для контуров регулирования технологических объектов.

4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Контроль	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
очная	3/5	18	16	18	20	36	экзамен
очная	3/6	14	14	14	102	36	экзамен
заочная	3/летняя сессия	8	4	6	81	9	экзамен
заочная	4/зимняя сессия	8	4	6	153	9	экзамен

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
3 курс 5 семестр									
1	1	Предмет ТАУ	1	-	-	2	3	ПКС-5.4	Тест, домашняя расчетная работа Отчет по лабораторной работе
2	2	Математическое описание автоматических систем управления	4	2	4	6	16		

3	3	Устойчивость линейных систем автоматического управления	5	6	8	6	25		Тест, домашняя расчетная работа Отчет по лабораторной работе
4	4	Методы оценки качества процесса управления	4	4	6	4	18		Тест, домашняя расчетная работа Отчет по лабораторной работе
5	5	Случайные процессы в автоматических системах управления	4	4	-	2	10		Тест
7	Экзамен						36		Вопросы к письменному опросу
Итого:			18	16	18	20	108		
3 курс 6 семестр									
1	6	Синтез систем управления.	1	-		8	9	ПКС-5.4	Тест
2	7	Расчет настроек непрерывных регуляторов	5	8	8	30	51		Тест, домашняя расчетная работа Отчет по лабораторной работе
3	8	Дискретные САУ	1	-	-	8	9		Тест
4	9	Расчет настроек дискретных регуляторов	5	4	6	16	31		Тест, домашняя расчетная работа Отчет по лабораторной работе
5	10	Нелинейные системы управления	2	2		10	14		Тест, расчетная работа
7	Экзамен						36		Вопросы к письменному опросу
Курсовой проект						30	30		
Итого:			14	14	14	102	180		

заочная форма обучения (ЗФО)

Таблица 5.1.2

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства ¹
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
3 курс летний семестр									
1	1	Предмет ТАУ	1	-	-	6	7	ПКС-5.4	Тест
2	2	Математическое описание автоматических систем управления	2	2	2	14	20		Тест, отчет по лабораторной работе
3	3	Устойчивость линейных систем	3	1	2	10	16		Тест, отчет по

		автоматического управления							лабораторной работе
4	4	Методы оценки качества процесса управления	1	1	2	10	14		Тест, отчет по лабораторной работе
5	5	Случайные процессы в автоматических системах управления	1	-	-	11	12		Тест
	Экзамен						9		Вопросы к письменному опросу
Контрольная работа						30	30		
Итого:			8	4	6	81	108		
4 курс зимний семестр									
6	6	Синтез систем управления.	1	-		9	10		Тест
7	7	Расчет настроек непрерывных регуляторов	3	2	4	41	50		Тест, домашняя расчетная работа отчет по лабораторной работе
8	8	Дискретные САУ	1	-	-	9	10	ПКС-5.4	Тест
9	9	Расчет настроек дискретных регуляторов	2	2	2	44	50		Тест, домашняя расчетная работа отчет по лабораторной работе
10	10	Нелинейные системы управления	1	-		10	11		Тест
	Экзамен						9		Вопросы к письменному опросу
Курсовой проект						40	40		
Итого:			8	4	6	153	180		

очно-заочная форма обучения (ОЗФО) - не реализуется

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. «Предмет ТАУ».

Предмет и место ТАУ, связь её с кибернетикой и теорией информации. Теория развития. Роль русских учёных. Содержание курса, его место в подготовке специалистов.

Общие сведения об автоматическом управлении. Основные термины и определения.

Классификация систем АУ по принципам управления; по видам управления, основные законы управления..

Раздел 2. «Математическое описание автоматических систем управления».

Составление уравнений динамики систем. Линеаризация уравнений и приведение их к форме в отклонениях.

Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотная передаточная функция. Частотные характеристики линейных систем. Временные характеристики.

Типовые динамические звенья и их характеристики. Пропорциональное звено, форсирующее звено первого порядка, апериодическое звено первого порядка, апериодическое звено второго порядка, колебательное, консервативное звенья и примеры. Идеально интегрирующее и идеально дифференцирующее звенья, неминимально-фазовые звенья: звено чистого запаздывания, неустойчивое звено первого порядка, пример.

Структурные схемы, передаточные и частотные функции стационарных линейных систем. Передаточные функции замкнутой САУ. Характеристическое уравнение замкнутой системы.

Раздел 3. «Устойчивость линейных систем автоматического управления».

Понятие устойчивости. Общая постановка задачи устойчивости по А.М. Ляпунову. Условия устойчивости линейных систем автоматического управления.

Алгебраические критерии устойчивости. Критерий устойчивости Гауса. Критерий устойчивости Гурвица.

Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста для систем устойчивых, нейтрально-устойчивых и неустойчивых в разомкнутом состоянии. Запас устойчивости по фазе и запасы устойчивости по амплитуде. Устойчивость систем с запаздыванием.

Раздел 4. «Методы оценки качества процесса управления».

Классификация внешних воздействий. Типовые воздействия на систему. Оценка качества регулирования в установившемся режиме. Понятие о коэффициентах ошибок и их определение. Статическое и астатическое регулирование.

Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции. Характер затухания переходного процесса. Прямые показатели качества: время регулирования t_p , перерегулирование в %, точность управления.

Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях. Анализ качества переходного процесса по амплитудно-фазовой, амплитудно-частотной, фазо-частотной характеристикам. Показатель колебательности. Приближенная оценка качества переходного процесса по распределению нулей и полюсов. Степень устойчивости. Корневой показатель колебательности.

Интегральные оценки качества регулирования. Виды интегральных ошибок. Области их применения.

Раздел 5. «Случайные процессы в автоматических системах управления».

Случайные процессы и их основные статистические характеристики.

Стационарные случайные процессы. Стационарность в узком и широком смысле. Эргодическое свойство стационарных случайных процессов.

Корреляционная функция стационарного случайного процесса. Основные свойства корреляционной функции. Взаимные корреляционные функции

Спектральная плотность случайного процесса. Связь между спектральной плотностью и корреляционной функцией. Спектральные плотности и корреляционные функции некоторых случайных процессов: белого шума периодического процесса и др.

Прохождение случайного сигнала через линейное звено, линейную систему. Вычисление дисперсии сигнала на выходе звена, системы. Расчет оптимальных параметров типовых регуляторов по критерию минимума среднеквадратического отклонения.

Раздел 6. «Синтез систем управления».

Основные положения раздела синтеза систем управления. Каноническая структурная схема, основной алгоритм синтеза систем управления.

Раздел 7. «Расчет настроек непрерывных регуляторов».

Оптимальные настройки аналоговых регуляторов. Метод Зиглера-Никольса. Расчет настроек регуляторов для объекта, заданного кривой отклика. Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на частотный показатель колебательности.

Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на корневой показатель колебательности.

Многоконтурные системы регулирования. Расчет оптимальных параметров многоконтурных систем регулирования.

Раздел 8. «Дискретные САУ».

Классификация дискретных систем, преобразование структурной схемы к дискретному виду, выбор периода квантования. Устойчивость цифровых систем управления. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Анализ качества дискретных систем. Методы построения переходных процессов в замкнутой дискретной системе.

Раздел 9. «Расчет настроек дискретных регуляторов».

Постановка задачи синтеза оптимального управления.

Определение цели управления. Формулировка условий, при которых проводится решение, выбор критерия качества (оптимальности), обоснование математической модели объекта. Выбор метода расчета, выполнение расчета настроек регулятора.

Раздел 10. «Нелинейные системы управления».

Понятия и определения нелинейных систем. Процессы в нелинейных системах. Типовые нелинейности. Расчетная структурная схема нелинейной системы. Примеры нелинейной САУ.

Методы исследования нелинейных систем. Метод гармонической линеаризации. Общая характеристика метода. Гипотеза фильтра. Комплексный коэффициент усиления нелинейного звена. Комплексные коэффициенты усиления типовых нелинейностей.

Приближенное исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации. Частотный способ определения автоколебаний в нелинейных замкнутых системах. Метод Гольдфарба. Построение кривых периодических режимов в плоскости параметров системы, содержащей существенно нелинейное звено.

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1.	1	1	1	-	Предмет и место ТАУ, связь её с кибернетикой и теорией информации. Теория развития. Роль русских учёных. Содержание курса, его место в подготовке специалистов. Общие сведения об автоматическом управлении. Основные термины и определения. Классификация систем АУ по принципам управления; по видам управления, основные законы управления..
2.	2	4	2	-	Составление уравнений динамики систем. Линеаризация уравнений

					<p>и приведение их к форме в отклонениях.</p> <p>Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотная передаточная функция. Частотные характеристики линейных систем. Временные характеристики.</p> <p>Типовые динамические звенья и их характеристики. Пропорциональное звено, форсирующее звено первого порядка, аperiodическое звено первого порядка, аperiodическое звено второго порядка, колебательное, консервативное звенья и примеры. Идеально интегрирующее и идеально дифференцирующее звенья, неминимально-фазовые звенья: звено чистого запаздывания, неустойчивое звено первого порядка, пример.</p> <p>Структурные схемы, передаточные и частотные функции стационарных линейных систем. Передаточные функции замкнутой САУ. Характеристическое уравнение замкнутой системы.</p>
3.	3	5	3	-	<p>Понятие устойчивости. Общая постановка задачи устойчивости по А.М. Ляпунову. Условия устойчивости линейных систем автоматического управления.</p> <p>Алгебраические критерии устойчивости. Критерий устойчивости Гауса. Критерий устойчивости Гурвица.</p> <p>Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста для систем устойчивых, нейтрально-устойчивых и неустойчивых в разомкнутом состоянии. Запас устойчивости по фазе и запасы устойчивости по амплитуде. Устойчивость систем с запаздыванием.</p>
4.	4	4	1	-	<p>Классификация внешних воздействий. Типовые воздействия на систему. Оценка качества регулирования в установившемся режиме. Понятие о коэффициентах ошибок и их определение. Статическое и астатическое регулирование.</p> <p>Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции. Характер затухания переходного процесса. Прямые показатели качества: время регулирования t_p, перерегулирование в %, точность управления.</p> <p>Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях. Анализ качества переходного процесса по амплитудно-фазовой, амплитудно-частотной, фазо-частотной характеристикам. Показатель колебательности. Приближенная оценка качества переходного процесса по распределению нулей и полюсов. Степень устойчивости. Корневой показатель колебательности.</p> <p>Интегральные оценки качества регулирования. Виды интегральных ошибок. Области их применения.</p>
5.	5	4	1	-	<p>Случайные процессы и их основные статистические характеристики.</p> <p>Стационарные случайные процессы. Стационарность в узком и широком смысле. Эргодическое свойство стационарных случайных процессов.</p> <p>Корреляционная функция стационарного случайного процесса. Основные свойства корреляционной функции. Взаимные корреляционные функции</p> <p>Спектральная плотность случайного процесса. Связь между спектральной плотностью и корреляционной функцией. Спектральные плотности и корреляционные функции некоторых случайных процессов: белого шума периодического процесса и др.</p> <p>Прохождение случайного сигнала через линейное звено, линейную систему. Вычисление дисперсии сигнала на выходе звена, системы. Расчет оптимальных параметров типовых регуляторов по критерию минимума среднеквадратического отклонения.</p>
6.	6	1	1	-	<p>Основные положения раздела синтеза систем управления.</p> <p>Каноническая структурная схема, основной алгоритм синтеза систем управления.</p>

7.	7	5	3	-	<p>Оптимальные настройки аналоговых регуляторов. Метод Зиглера-Никольса. Расчет настроек регуляторов для объекта, заданного кривой отклика. Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на частотный показатель колебательности.</p> <p>Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на корневой показатель колебательности.</p> <p>Многоконтурные системы регулирования. Расчет оптимальных параметров многоконтурных систем регулирования.</p>
8.	8	1	1	-	<p>Классификация дискретных систем, преобразование структурной схемы к дискретному виду, выбор периода квантования. Устойчивость цифровых систем управления. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Анализ качества дискретных систем. Методы построения переходных процессов в замкнутой дискретной системе.</p>
9.	9	5	2	-	<p>Постановка задачи синтеза оптимального управления.</p> <p>Определение цели управления. Формулировка условий, при которых проводится решение, выбор критерия качества (оптимальности), обоснование математической модели объекта. Выбор метода расчета, выполнение расчета настроек регулятора.</p>
10.	10	2	1	-	<p>Понятия и определения нелинейных систем. Процессы в нелинейных системах. Типовые нелинейности. Расчетная структурная схема нелинейной системы. Примеры нелинейной САУ.</p> <p>Методы исследования нелинейных систем. Метод гармонической линеаризации. Общая характеристика метода. Гипотеза фильтра. Комплексный коэффициент усиления нелинейного звена. Комплексные коэффициенты усиления типовых нелинейностей.</p> <p>Приближенное исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации. Частотный способ определения автоколебаний в нелинейных замкнутых системах. Метод Гольдфарба. Построение кривых периодических режимов в плоскости параметров системы, содержащей существенно нелинейное звено.</p>
Итого:		32	16	-	

Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Наименование лабораторной работы
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	2	2	2	-	<p>Составление уравнений динамики систем. Линеаризация уравнений и приведение их к форме в отклонениях.</p> <p>Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотная передаточная функция. Частотные характеристики линейных систем. Временные характеристики.</p> <p>Типовые динамические звенья и их характеристики. Пропорциональное звено, форсирующее звено первого порядка, аperiodическое звено первого порядка, аperiodическое звено второго порядка, колебательное, консервативное звенья и примеры. Идеально интегрирующее и идеально дифференцирующее звенья, неминимально-фазовые звенья: звено чистого запаздывания, неустойчивое звено первого порядка, пример.</p> <p>Структурные схемы, передаточные и частотные функции стационарных линейных систем. Передаточные функции замкнутой САУ.</p> <p>Характеристическое уравнение замкнутой системы.</p>
2	3	6	1	-	<p>Понятие устойчивости. Общая постановка задачи устойчивости по А.М. Ляпунову. Условия устойчивости линейных систем автоматического управления.</p>

					<p>Алгебраические критерии устойчивости. Критерий устойчивости Гауса. Критерий устойчивости Гурвица.</p> <p>Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста для систем устойчивых, нейтрально-устойчивых и неустойчивых в разомкнутом состоянии. Запас устойчивости по фазе и запасы устойчивости по амплитуде. Устойчивость систем с запаздыванием</p>
3	4	4	1	-	<p>Классификация внешних воздействий. Типовые воздействия на систему. Оценка качества регулирования в установившемся режиме. Понятие о коэффициентах ошибок и их определение. Статическое и астатическое регулирование.</p> <p>Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции. Характер затухания переходного процесса. Прямые показатели качества: время регулирования t_p, перерегулирование в %, точность управления.</p> <p>Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях. Анализ качества переходного процесса по амплитудно-фазовой, амплитудно-частотной, фазо-частотной характеристикам. Показатель колебательности. Приближенная оценка качества переходного процесса по распределению нулей и полюсов. Степень устойчивости. Корневой показатель колебательности.</p> <p>Интегральные оценки качества регулирования. Виды интегральных ошибок. Области их применения.</p>
4	5	4	-	-	<p>Случайные процессы и их основные статистические характеристики. Корреляционная функция стационарного случайного процесса. Основные свойства корреляционной функции.</p> <p>Связь между спектральной плотностью и корреляционной функцией. Прохождение случайного сигнала через линейное звено, линейную систему. Вычисление дисперсии сигнала на выходе звена, системы.</p>
4	7	8	2	-	<p>Оптимальные настройки аналоговых регуляторов. Метод Зиглера-Никольса. Расчет настроек регуляторов для объекта, заданного кривой отклика. Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на частотный показатель колебательности.</p> <p>Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на корневой показатель колебательности.</p> <p>Многоконтурные системы регулирования. Расчет оптимальных параметров многоконтурных систем регулирования.</p>
5	9	4	2		<p>Постановка задачи синтеза оптимального управления.</p> <p>Определение цели управления. Формулировка условий, при которых проводится решение, выбор критерия качества(оптимальности), обоснование математической модели объекта. Выбор метода расчета, выполнение расчета настроек дискретного регулятора .</p>
6	10	2	-	-	<p>Понятия и определения нелинейных систем. Процессы в нелинейных системах. Типовые нелинейности. Расчетная структурная схема нелинейной системы. Примеры нелинейной САУ.</p> <p>Частотный способ определения автоколебаний в нелинейных замкнутых системах. Метод Гольдфарба.</p>
Итого:		30	8	-	

Лабораторные работы

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Наименование лабораторной работы
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	2	4	2	-	<p>Составление уравнений динамики систем. Линеаризация уравнений и приведение их к форме в отклонениях.</p> <p>Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотная передаточная функция. Частотные</p>

					характеристики линейных систем. Временные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики. Структурные схемы, передаточные и частотные функции стационарных линейных систем. Передаточные функции замкнутой САУ. Характеристическое уравнение замкнутой системы (л.р1,2).
2	3	8	2	-	Алгебраические критерии устойчивости. Критерий устойчивости Гауса. Критерий устойчивости Гурвица. Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста для систем устойчивых, нейтрально-устойчивых и неустойчивых в разомкнутом состоянии. Запас устойчивости по фазе и запасы устойчивости по амплитуде. Устойчивость систем с запаздыванием. (л.р.3,4).
3	4	6	2		Оценка качества регулирования в установившемся режиме. Статическое и астатическое регулирование. Прямые показатели качества: время регулирования t_p , перерегулирование в %, точность управления. Косвенные показатели качества. Корневой показатель колебательности. Интегральные оценки качества регулирования. (л.р.5,6)
4	7	8	4	-	Метод Зиглера-Никольса. (л.р.7). Расчет настроек регуляторов для объекта, заданного кривой отклика (л.р.8). Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на частотный показатель колебательности (л.р.9). Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на корневой показатель колебательности (л.р.10).
5	9	6	2	-	Выбор метода расчета, выполнение расчета настроек дискретного регулятора .
Итого:		32	12	-	

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1.	1	2	6	-	Предмет и место ТАУ, связь её с кибернетикой и теорией информации. Теория развития. Роль русских учёных. Содержание курса, его место в подготовке специалистов. Общие сведения об автоматическом управлении. Основные термины и определения. Классификация систем АУ по принципам управления; по видам управления, основные законы управления.	Изучение теоретического материала по разделу
2.	2	6	20	-	Составление уравнений динамики систем. Линеаризация уравнений и приведение их к форме в отклонениях. Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотная передаточная функция. Частотные характеристики линейных систем. Временные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики. Пропорциональное звено, форсирующее звено первого порядка, апериодическое звено первого порядка, апериодическое звено второго порядка, колебательное, консервативное звенья и примеры. Идеально интегрирующее и идеально дифференцирующее звенья, неминимально-фазовые звенья: звено чистого запаздывания, неустойчивое звено первого порядка, пример.	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка и оформление отчетов по практическим и лабораторным работам

					Структурные схемы, передаточные и частотные функции стационарных линейных систем. Передаточные функции замкнутой САУ. Характеристическое уравнение замкнутой системы.	
3.	3	6	16	-	<p>Понятие устойчивости. Общая постановка задачи устойчивости по А.М. Ляпунову. Условия устойчивости линейных систем автоматического управления.</p> <p>Алгебраические критерии устойчивости. Критерий устойчивости Гауса. Критерий устойчивости Гурвица.</p> <p>Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста для систем устойчивых, нейтрально-устойчивых и неустойчивых в разомкнутом состоянии. Запас устойчивости по фазе и запасы устойчивости по амплитуде. Устойчивость систем с запаздыванием.</p>	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка и оформление отчетов по практическим и лабораторным работам
4.	4	4	14	-	<p>Классификация внешних воздействий. Типовые воздействия на систему. Оценка качества регулирования в установившемся режиме. Понятие о коэффициентах ошибок и их определение. Статическое и астатическое регулирование.</p> <p>Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции. Характер затухания переходного процесса. Прямые показатели качества: время регулирования t_p, перерегулирование в %, точность управления.</p> <p>Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях. Анализ качества переходного процесса по амплитудно-фазовой, амплитудно-частотной, фазо-частотной характеристикам. Показатель колебательности. Приближенная оценка качества переходного процесса по распределению нулей и полюсов. Степень устойчивости. Корневой показатель колебательности.</p> <p>Интегральные оценки качества регулирования. Виды интегральных ошибок. Области их применения.</p>	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка и оформление отчетов по практическим и лабораторным работам
5.	5	2	12	-	<p>Случайные процессы и их основные статистические характеристики.</p> <p>Стационарные случайные процессы. Стационарность в узком и широком смысле. Эргодическое свойство стационарных случайных процессов.</p> <p>Корреляционная функция стационарного случайного процесса. Основные свойства корреляционной функции. Взаимные корреляционные функции</p> <p>Спектральная плотность случайного процесса. Связь между спектральной плотностью и корреляционной функцией. Спектральные плотности и корреляционные функции некоторых случайных процессов: белого шума периодического процесса и др.</p> <p>Прохождение случайного сигнала через линейное звено, линейную систему. Вычисление дисперсии сигнала на выходе звена, системы. Расчет оптимальных параметров типовых регуляторов по</p>	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка и оформление отчетов по практическим работам

					критерию минимума среднеквадратического отклонения.	
6.	6	8	9	-	Основные положения раздела синтеза систем управления. Каноническая структурная схема, основной алгоритм синтеза систем управления.	Изучение теоретического материала по разделу.
7.	7	30	41	-	<p>Оптимальные настройки аналоговых регуляторов. Метод Зиглера-Никольса. Расчет настроек регуляторов для объекта, заданного кривой отклика. Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на частотный показатель колебательности.</p> <p>Расчет оптимальных настроек регуляторов при ограничении на корневой показатель колебательности.</p> <p>Многоконтурные системы регулирования. Расчет оптимальных параметров многоконтурных систем регулирования.</p>	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка и оформление отчетов по практическим и лабораторным работам, выполнение расчетов к курсовому проекту
8.	8	8	9	-	Классификация дискретных систем, преобразование структурной схемы к дискретному виду, выбор периода квантования. Устойчивость цифровых систем управления. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Анализ качества дискретных систем. Методы построения переходных процессов в замкнутой дискретной системе.	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка к практическим и лабораторным работам
9.	9	16	44	-	<p>Постановка задачи синтеза оптимального управления.</p> <p>Определение цели управления. Формулировка условий, при которых проводится решение, выбор критерия качества(оптимальности), обоснование математической модели объекта. Выбор метода расчета, выполнение расчета настроек регулятора.</p>	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка и оформление отчетов по практическим и лабораторным работам, в выполнение расчетов к курсовому проекту
10.	10	10	10	-	<p>Понятия и определения нелинейных систем. Процессы в нелинейных системах. Типовые нелинейности. Расчетная структурная схема нелинейной системы. Примеры нелинейной САУ.</p> <p>Методы исследования нелинейных систем. Метод гармонической линеаризации. Общая характеристика метода. Гипотеза фильтра. Комплексный коэффициент усиления нелинейного звена. Комплексные коэффициенты усиления типовых нелинейностей.</p> <p>Приближенное исследование нелинейных</p>	Изучение теоретического материала по разделу. Подготовка к практическим работам

					систем методом гармонической линеаризации. Частотный способ определения автоколебаний в нелинейных замкнутых системах. Метод Гольдфарба. Построение кривых периодических режимов в плоскости параметров системы, содержащей существенно нелинейное звено.	
11.	Экзамен	72	18			Подготовка к экзамену
12.	Курсовой проект	30	40			Оформление и подготовка к защите КП
13.	Контрольная работа		30			Оформление и подготовка к защите КП
Итого:		122	234	-		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- лекции проводятся с использованием информационно-коммуникационных технологий;
- работа в малых группах (лабораторные занятия);
- тестовые задания с применением ИКТ (контроль знаний обучающихся).

6. Тематика курсовых проектов

7.

Сравнение методов расчета оптимальных настроек непрерывных и дискретных регуляторов для объекта, заданного кривой отклика (в соответствии с вариантом исходной информации).

Выполнение курсового проекта позволяет студентам грамотно выполнить раздел курсового проекта по дисциплине «Автоматизация технологических процессов», а также данное умение используется при выполнении главы выпускной квалификационной работы и дальнейшей защиты ее.

Для выполнения курсового проекта разработано методическое пособие, рабочие тетради для отдельных разделов курсового проекта.

7. Контрольные работы

7.1 Методические указания для выполнения контрольных работ (ЗФО).

Цель контрольной работы - закрепление у обучающихся теоретических знаний о свойствах систем управления, методах работы со структурными схемами, способах определения устойчивости систем, качества управления в статических и динамических режимах.

Выполнение контрольной работы студент должен начинать с изучения задания в соответствии с вариантом, методических указаний к ее выполнению и курса лекционных и лабораторных занятий.

Работа выполняется в обычной ученической тетради или на листах формата А4 шрифтом №14, с соблюдением полей: сверху и снизу – 20 мм; слева – 25 мм; справа – 15 мм.

В задании структурная схема выбирается в соответствии с последней цифрой зачетки, элементы структурной схемы в соответствии с порядковым номером обучающегося в списке группы, параметры элементов по последней цифре зачетки.

7.2. Тематика контрольных работ.

Задания контрольных работ позволяют освоить приемы построения передаточных функций сложных систем, определения характера устойчивости исследуемой системы, ее показатели качества.

8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
5 семестр		
1 текущая аттестация		
	Тестирование по изученным темам 1,2	0-10
	Выполнение и защита практических работ	0-10
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	0-20
2 текущая аттестация		
	Тестирование по изученным темам 3,4	0-10
	Выполнение и защита практических и лабораторных работ	0-30
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	0-40
3 текущая аттестация		
	Тестирование по изученным темам 3,4,5	0-20
	Выполнение и защита практических и лабораторных работ	0-20
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	0-40
	ВСЕГО	100
6 семестр		
1 текущая аттестация		
	Тестирование по изученным темам 6,7	0-10
	Выполнение и защита практических и лабораторных работ	0-10
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	0-20
2 текущая аттестация		
	Тестирование по изученным темам 7,8	0-10
	Выполнение и защита практических и лабораторных работ	0-30
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	0-40
3 текущая аттестация		
	Тестирование по изученным темам 8,9,10	0-20
	Выполнение и защита практических и лабораторных работ	0-20

	ИТОГО за третью текущую аттестацию	0-40
	ВСЕГО	100

8.3. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся заочной формы обучения представлена в таблице 8.2.

Таблица 8.2

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
Зимняя сессия		
1	Выполнение и защита лабораторных работ	0-30
2	Тест по темам разделов №1,2	0-15
3	Тест по темам разделов №2,3,4	0-15
4	Тест по темам разделов №4,5	0-15
5	Выполнение, оформление и защита контрольной работы	0-25
	ВСЕГО	100
Летняя сессия		
1	Выполнение и защита лабораторных работ	0-30
2	Тест по темам разделов №6,7	0-15
3	Тест по темам разделов №7,8	0-15
4	Тест по темам разделов №8,9,10	0-15
5	Выполнение, оформление и защита курсового проекта	0-25
	ВСЕГО	100

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Электронный каталог/Электронная библиотека ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>
- Цифровой образовательный ресурс – библиотечная система IPR SMART — <https://www.iprbookshop.ru/>
- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com>
- Образовательная платформа ЮРАЙТ www.urait.ru
- Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU <http://www.elibrary.ru>
- Национальная электронная библиотека (НЭБ)
- Библиотеки нефтяных вузов России :
- Электронная нефтегазовая библиотека РГУ нефти и газа им. Губкина <http://elib.gubkin.ru/>
- Электронная библиотека Уфимского государственного нефтяного технического университета <http://bibl.rusoil.net/>
- Библиотечно-информационный комплекс Ухтинского государственного технического университета УГТУ <http://lib.ugtu.net/books>
- Электронная справочная система нормативно-технической документации «Технорматив».
- Система поддержки дистанционного обучения Educon - <http://educon2.tyuiu.ru/>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства

- 1 MathCAD, Mat Lab и др.
- 2 Visual Studio Community (свободно-распространяемое ПО)
- 3 Microsoft Windows

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

Обеспеченность материально-технических условий реализации ОПОП ВО

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
	Теория автоматического управления (ч.1- 2)	Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, №210, Учебная мебель: столы, стулья. Проекционный экран - 1 шт., моноблок - 1 шт., проектор - 1 шт., микрофон - 1 шт., документ-камера - 1 шт., телевизор - 2 шт.	625039, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 70
		Практические занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, №506, Учебная лаборатория. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 9 шт.	625027, Тюменская область, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, д.38

11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к практическим, лабораторным занятиям.

Задания на выполнение лабораторных работ обучающиеся получают индивидуально.

Порядок выполнения работ изложены в методических указаниях.

Задания, предлагаемые на лабораторных занятиях, могут быть успешно решены в отведенное в соответствии с расписанием занятий время только при условии тщательной предварительной подготовки. Поэтому для выполнения лабораторных работ обучающийся должен руководствоваться следующими положениями:

- предварительно ознакомиться с графиком выполнения лабораторных работ;
- ознакомиться с описанием соответствующей работы и установить, в чем состоит основная цель и задача этой работы;

- по лекционному курсу и соответствующим литературным источникам изучить теоретическую часть, относящуюся к данной работе;
- до проведения лабораторной работы подготовить шаблон отчета, включающий соответствующие схемы, таблицы, расчетные формулы;
- завершает этап подготовки получение допуска у преподавателя: обучающиеся должны иметь шаблон отчета, знать порядок выполнения работы, ориентироваться в последовательности выполнения работы;
- неподготовленные студенты к работе не допускаются.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для освоения теоретического материала и выполнении индивидуальных заданий.

При выполнении самостоятельной работы необходимо пользоваться конспектами лекций, учебной литературой, которая предложена в списке рекомендуемой литературы, Интернет-ресурсами или другими источниками по усмотрению студента. Выполненная работа позволит отработать навыки решения типовых заданий, приобрести знания и умения, а также выработать свою методику подготовки к занятиям.

При изучении дисциплины предусматриваются следующие виды самостоятельной работы студента:

- составление конспекта при самостоятельном изучении темы;
- подготовка к лабораторной работе;
- оформление отчета по лабораторной работе;
- выполнение и оформление курсового проекта;
- выполнение и оформление отчета по контрольной работе (для ЗФО).

Контроль самостоятельной работы проводится преподавателем в аудитории.

Предусмотрены следующие формы контроля:

- проверка отчетной работы;
- защита отчетов по лабораторным работам - устный опрос;
- защита курсового проекта;
- тест.

**Планируемые результаты обучения для формирования компетенции
и критерии их оценивания**

Дисциплина Теория автоматического управления

Код, направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) Автоматизация технологических процессов и производств в нефтяной и газовой промышленности

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС-5. Способность выполнять работы по обеспечению производственного процесса эксплуатации технических средств АСУТП нефтегазовой отрасли	ПКС-5.4. Способность настраивать автоматические регуляторы	<p>Знать(3.1) – методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов автоматизации и управления;</p> <p>(3.2) классификацию систем управления, структурные схемы, методы преобразования структурных схем, исследование устойчивости и качества управления;</p> <p>(3.3) методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ);</p>	<p>Имеет слабое представление о технологических процессах как объектах управления.</p> <p>Слабо знает классификацию систем управления, не знает приемов преобразования структурных схем, исследования устойчивости и качества управления.</p> <p>Не знает основ функционирования и моделирования, синтеза систем управления.</p>	<p>Имеет представление об отдельных типах технологических процесса как объектах управления.</p> <p>Имеет представление о способах преобразования структурных схем, методах определения устойчивости и качества управления.</p> <p>Имеет недостаточные знания основ функционирования, моделирования и синтеза систем</p>	<p>Демонстрирует достаточные знания об технологических процессах как объектах управления.</p> <p>Демонстрирует достаточные знания о классификации систем управления, методах определения устойчивости и качества управления.</p> <p>Имеет достаточные знания для решения задач синтеза систем управления.</p>	<p>Демонстрирует исчерпывающие знания о технологических процессах как объектах управления.</p> <p>Демонстрирует уверенные знания о классификации систем управления, методах определения устойчивости и качества управления.</p> <p>Имеет уверенные знания для решения задач синтеза систем управления.</p>

		<p>(3.4) основные методы анализа САУ во временной и частотных областях, способы синтеза САУ, возможности использования типовых пакетов прикладных программ для анализа динамических систем</p>	<p>Не знает большую часть основных методов анализа САУ во временной и частотных областях, способы синтеза САУ. Возможности использования типовых прикладных программ для анализа динамических систем.</p>	<p>управления. Имеет недостаточные знания большей части основных методов анализа САУ во временной и частотных областях, способов синтеза САУ. Возможности использования типовых прикладных программ для анализа динамических систем.</p>	<p>Имеет достаточные знания большей части основных методов анализа САУ во временной и частотных областях, способов синтеза САУ, возможностей использования типовых прикладных программ для динамических систем.</p>	<p>Имеет уверенные знания основных методов анализа САУ во временной и частотных областях, способов синтеза САУ, возможностей использования типовых прикладных программ для динамических систем</p>
		<p>Уметь (У1): разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления;</p>	<p>Не умеет разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления;</p>	<p>Имеет слабые навыки разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления;</p>	<p>Имеет достаточные навыки разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления;</p>	<p>Имеет высокий уровень навыков разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления;</p>
		<p>(У.2) работать с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для математического и</p>	<p>Не умеет работать с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для математичес</p>	<p>Имеет слабые навыки с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для</p>	<p>Имеет достаточные навыки работы с каким-либо из основных типов программных систем, предназначен</p>	<p>Имеет уверенные навыки работы с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для</p>

		имитационного моделирования Mathcad, Matlab и др	кого и имитационного моделирования Mathcad, Matlab и др	математического и имитационного моделирования Mathcad, Matlab и др	ных для математического и имитационного моделирования Mathcad, Matlab и др	математического и имитационного моделирования Mathcad, Matlab и др
		(У3) проводить расчет настроек регуляторов различного типа и различными методами.	Не умеет выполнять расчет настроек регуляторов различного типа	Умеет проводить расчет настроек регулятора отдельных типов и некоторыми методами	Умеет проводить расчет настроек регуляторов различного типа и различными методами, допуская незначительные ошибки	Умеет проводить расчет настроек регуляторов различного типа и различными методами.
		Владеть (В1): методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использования их для решения конкретных задач;	Не владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использования их для решения конкретных задач;	Владеет частично методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использования их для решения конкретных задач.	Владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использования их для решения конкретных задач, допуская незначительные ошибки.	Владеет в полном объеме методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использования их для решения конкретных задач;
		(В.2) – навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования ;	Не владеет навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования	Владеет частично навыками работы с программной системой для математического и имитационного	Владеет достаточным объемом навыков работы с программной системой для математического и имитационного	Владеет в полном объеме навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования

		<p>(В.3) – методами оценки устойчивости и качества сложных систем;</p> <p>(В.4) – методами расчета настроек регуляторов для контуров регулирования технологических объектов.</p>	<p>ия;</p> <p>Не владеет достаточным и навыками в методах оценки устойчивости и качества сложных систем;</p> <p>Не владеет методами расчета настроек регуляторов для контуров регулирования технологических объектов.</p>	<p>моделирования;</p> <p>Владеет частично методами оценки устойчивости и качества сложных систем;</p> <p>Владеет частично методами расчета настроек регуляторов для контуров регулирования технологических объектов.</p>	<p>о моделирования, допуская незначительные ошибки.</p> <p>Владеет достаточно методами оценки устойчивости и качества сложных систем;</p> <p>Владеет достаточно методами расчета настроек регуляторов для контуров регулирования технологических объектов.</p>	<p>;</p> <p>Владеет в полном объеме методами оценки устойчивости и качества сложных систем;</p> <p>Владеет в полном объеме методами расчета настроек регуляторов для контуров регулирования технологических объектов.</p>
--	--	--	---	--	--	---

КАРТА

обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина Теория автоматического управления

Код, направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) Автоматизация технологических процессов и производств в нефтяной и газовой промышленности

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-0995-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168873	ЭР*	20	100	+
2	Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 424 с. — ISBN 978-5-8114-1566-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212207	ЭР*	20	100	+
3	Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами : учебное пособие / Г. Т. Кулаков, А. Т. Кулаков, В. В. Кравченко [и др.] ; под редакцией Г. Т. Кулакова. — Минск : Вышэйшая школа, 2017. — 241 с. — ISBN 978-985-06-2800-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/90833.html	ЭР*	20	100	+
4	Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие для вузов / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-9549-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: 1https://e.lanbook.com/book/200441	ЭР*	20	100	+
5	Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-0995-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168873	ЭР*	20	100	+

*ЭР – электронный ресурс доступный через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ
<http://webirbis.tsogu.ru/>