

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой

Кафедра электрификации горно-  
металлургического производства  
(ЭГМП\_ПФ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

Кафедра электрификации горно-  
металлургического производства  
(ЭГМП\_ПФ)

наименование кафедры

Куликовский В.С.

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ДИСЦИПЛИНЫ  
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ  
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
УПРАВЛЕНИЯ**

Дисциплина Б1.Б.42.03 ДИСЦИПЛИНЫ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ  
Теория автоматического управления

Направление подготовки / 21.05.04 Горное дело Специализация  
специальность 21.05.04.00.10 Электрификация и  
автоматизация горного производства

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

заочная

Год набора

2017

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

210000 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО,  
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Специальность 21.05.04 Горное дело Специализация 21.05.04.00.10  
Электрификация и автоматизация горного производства

Программу к.т.н., Доцент, Умецкая Е.В.  
составили

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Предметом изучения являются базовые принципы построения систем автоматического управления (САУ), формы представления и преобразования моделей систем, методы анализа и синтеза линейных и нелинейных непрерывных и дискретных систем управления.

Целью изучения дисциплины ТАУ является подготовка к изучению дальнейших дисциплин, а также приобретение необходимых навыков для практического применения теоретических знаний при решении вопросов проектирования, наладки и настройки соответствующих САУ.

Курс ТАУ является основой для изучения ряда других специальных дисциплин (теория электропривода, системы управления электроприводом и др.). Он базируется на основных положениях математики, физики и ТОЭ. ТАУ является необходимым звеном цепи, обеспечивающей непрерывность математической подготовки студентов, поскольку в ней широко используются методы теории дифференциальных уравнений, рядов, теории операционного исчисления, вариационного исчисления, методы оптимизации и др.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения данной дисциплины состоят в формировании компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ПК-16:готовностью выполнять экспериментальные и лабораторные исследования, интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты</b>	
Уровень 1	Терминологию и принципы управления, обратные связи, свойства и математическое описание объектов управления горного производства, сигналы в системах управления, классификацию; устойчивость и качество, синтез регуляторов, нелинейные, цифровые, оптимальные, адаптивные и робастные системы управления; понятия о нечетком управлении.
Уровень 1	Формулировать технические требования на проектирование системы управления электротехническим объектом горного производства; грамотно применять методы анализа и синтеза системы автоматического управления; интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты.
Уровень 1	Навыками выполнения экспериментальных и лабораторных

	исследований.
<b>ПСК-10.4: способностью и готовностью создавать и эксплуатировать системы автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства</b>	
Уровень 1	Терминологию и принципы управления систем автоматизации технологических процессов, машин и установок горного производства.
Уровень 1	Формулировать технические требования на проектирование системы автоматического управления технологическим процессом, электротехническим объектом горного производства; анализировать системы автоматического управления и грамотно применять методы синтеза автоматического управления; выбирать технические средства автоматизации (датчики, преобразователи и регуляторы); интерпретировать полученные результаты.
Уровень 1	Стандартами и технической документацией при выполнении проектных, экспериментальных, научно-исследовательских и других видов работ; навыками выполнения экспериментальных и лабораторных исследований.

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Математические методы и модели в горном деле

Теоретические основы электротехники

Математика

Физика

Автоматизация горных предприятий

Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства

Системы управления электроприводом

Электрификация горных предприятий

#### 1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>8 (288)</b>	<b>8 (288)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,08 (39)</b>	<b>1,08 (39)</b>
занятия лекционного типа	0,47 (17)	0,47 (17)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	0,28 (10)	0,28 (10)
практикумы		
лабораторные работы	0,33 (12)	0,33 (12)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>6,67 (240)</b>	<b>6,67 (240)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Да	Да
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>0,25 (9)</b>	<b>0,25 (9)</b>

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Анализ линейных систем	5	1	1	60	ПК-16 ПСК-10.4
2	Синтез линейных систем	2	1	1	40	ПК-16 ПСК-10.4
3	Нелинейные системы	1	1	2	35	ПК-16 ПСК-10.4
4	Дискретные системы управления	3	1	4	28	ПК-16 ПСК-10.4
5	Оптимальные системы управления	2	3	2	10	ПК-16 ПСК-10.4
6	Системы фаззи-управления	1	0	0	21	ПК-16 ПСК-10.4
7	Адаптивные и робастные системы управления	3	3	2	46	ПК-16 ПСК-10.4
Всего		17	10	12	240	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Основные понятия теории автоматического управления. Модели вход – выход.	1	0	0

2	1	Модели вход – переменная состояния – выход. Типовые звенья систем автоматического управления.	1	0	0
3	1	Структурные схемы и сигнальные графы.	1	0	0
4	1	Устойчивость систем автоматического регулирования (САР).	1	0	0
5	1	Качество САР.	1	0	0
6	2	Структурно параметрическая оптимизация. Модульный оптимум. Симметричный и компромиссный оптимум.	1	0	0
7	2	Метод корневого годографа. Синтез регуляторов в частотной области. Модальное управление. Методы расчёта переходных процессов в системах управления.	1	0	0
8	3	Нелинейные системы. Синтез нелинейных систем.	1	0	0
9	4	Особенности цифрового управления и цифровых систем управления. Преобразование сигналов.	1	0	0

10	4	Разомкнутые и замкнутые дискретные системы. Уравнения и импульсная передаточная функция разомкнутой и замкнутой импульсной системы. Цифровые регуляторы. Синтез цифровых регуляторов путём компенсации полюсов объекта управления нулями регулятора. Синтез цифрового регулятора с помощью билинейного преобразования. Оценка точности импульсных систем управления в установившемся режиме. Устойчивость импульсных систем.	1	0	0
11	4	Синтез цифрового регулятора по конечному времени переходного процесса. Использование процедур синтеза аналоговых регуляторов.	1	0	0
12	5	Динамическая оптимизация. Критерии оптимальности и классическое вариационное исчисление. Динамическая оптимизация. Принцип максимума Понтрягина.	1	0	0
13	5	Динамическая оптимизация. Матричное уравнение Рикатти и динамическое программирование.	1	0	0
14	6	Системы фаззи-управления. Основные понятия фаззи-логики. Системы управления промышленными объектами.	1	0	0



15	7	Адаптивные системы управления. Робастное управление электроприводом постоянного тока горных машин. Пакет Robust Control Toolbox.	1	0	0
16	7	Анализ и синтез систем управления с запаздыванием.	1	0	0
17	7	Обратные связи в системах управления. Инвариантные системы.	1	0	0
Итого			17	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Определение передаточных функций и временных характеристик. Частотные характеристики систем управления	1	0	0
2	2	Структурные преобразования Критерий устойчивости Гурвица, Структурные преобразования Критерий устойчивости Гурвица, Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста.	1	0	0
3	3	Качество систем управления. Нелинейные системы управления	1	0	0
4	4	Синтез регуляторов в частотной области. Синтез модальных регуляторов	1	0	0
5	5	Синтез регуляторов по критерию модульного оптимума	1	0	0
6	5	Синтез регуляторов по критерию симметричного оптимума	1	0	0

7	5	Синтез регуляторов по критерию компромиссного оптимума	1	0	0
8	7	Дискретные системы управления	1	0	0
9	7	Оптимальные и адаптивные системы управления	1	0	0
10	7	Робастные системы управления	1	0	0
Всего			10	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Динамические звенья САУ. Статических и астатических САУ	1	0	0
2	2	Последовательные корректирующие устройства. Синтез корректирующих устройств по критериям модульного, симметричного и компромиссного оптимумов	1	0	0
3	3	Синтез регуляторов методами модального управления. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. Инвариантные системы	1	0	0
4	3	Системы адаптивного управления	1	0	0
5	4	Синтез непрерывных регуляторов в частотной области	1	0	0
6	4	Синтез ПИД-регуляторов в частотной области	1	0	0
7	4	Исследование процессов квантования по времени и уровню в цифровых системах	1	0	0
8	4	Дискретные блоки MATLAB	1	0	0

9	5	Синтез цифровых регуляторов традиционными методами	1	0	0
10	5	Моделирование непрерывных систем на ЭВМ	1	0	0
11	7	Синтез цифрового регулятора с помощью билинейного преобразования	1	0	0
12	7	Синтез цифрового ПИД-регулятора	1	0	0
Результат			12	0	0

#### **4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Певзнер Л. Д.	Теория систем управления: учебное пособие для вузов по специальности "Управление и информатика в технических системах"	Москва: Изд-во МГТУ, 2002
Л1.2	Кибардин В. В., Гаврилова Е. В.	Теория автоматического управления: лаб. практикум для студентов спец. 140604.65 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.3	Кибардин В. В., Гаврилова Е. В.	Теория автоматического управления: лаб. практикум [для студентов горно-металлургических вузов, обуч. по спец. 140604.65]	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.4	Кибардин В. В., Гаврилова Е. В.	Теория автоматического управления. Структурно-параметрическая оптимизация: учеб.-метод. пособие для курс. работы [для студентов спец. 140604.65 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»]	Красноярск: СФУ, 2012

#### **5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Пупков К. А., Егупов Н. Д., Воронов Е. М., Корнюшин Ю. П., Макаренков А. М., Пупков К. А., Егупов Н. Д.	Методы классической и современной теории автоматического управления: Т. 2. Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления: учебник : в 5-ти т.	Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004
Л1.2	Пупков К. А., Егупов Н.Д., Воронов Е. М., Корнюшин Ю. П., Баркин А. И., Пупков К. А., Егупов Н. Д.	Методы классической и современной теории автоматического управления: Т. 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления: учебник : в 5-ти т	Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004
Л1.3	Пупков К. А., Егупов Н. Д., Баркин А. И., Воронов Е. М., Пупков К. А., Егупов Н. Д.	Методы классической и современной теории автоматического управления: Т. 4. Теория оптимизации систем автоматического управления: учебник в 5-ти т.	Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004
Л1.4	Пупков К. А., Егупов Н. Д., Владимиров И. Г., Краснощеченко В. И., Пилишкин В. Н., Пупков К. А., Егупов Н. Д.	Методы классической и современной теории автоматического управления: Т. 3. Синтез регуляторов систем автоматического управления: учебник : в 5-ти т.	Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004
Л1.5	Пупков К. А., Егупов Н. Д.	Методы классической и современной теории автоматического управления: Т. 5. Методы современной теории автоматического управления: учебник для вузов в 5-ти т.	Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004
Л1.6	Певзнер Л. Д.	Теория систем управления	Москва: Горная книга, 2002
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Юревич Е. И.	Теория автоматического управления: учебник для вузов [Гриф Минобрнауки РФ]	Санкт-Петербург: ВHV-Санкт-Петербург, 2007

Л2.2	Ротач В. Я.	Теория автоматического управления.: учебник для вузов	Москва: Издательский дом МЭИ, 2007
<b>6.3. Методические разработки</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Певзнер Л. Д.	Теория систем управления: учебное пособие для вузов по специальности "Управление и информатика в технических системах"	Москва: Изд-во МГТУ, 2002
Л3.2	Кибардин В. В., Гаврилова Е. В.	Теория автоматического управления: лаб. практикум для студентов спец. 140604.65 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»	Красноярск: СФУ, 2012
Л3.3	Кибардин В. В., Гаврилова Е. В.	Теория автоматического управления: лаб. практикум [для студентов горно-металлургических вузов, обуч. по спец. 140604.65]	Красноярск: СФУ, 2012
Л3.4	Кибардин В. В., Гаврилова Е. В.	Теория автоматического управления. Структурно-параметрическая оптимизация: учеб.-метод. пособие для курс. работы [для студентов спец. 140604.65 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»]	Красноярск: СФУ, 2012

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Курсовая работа. Общие требования к оформлению: на листах формата А4.

Объём курсовой работы 30 – 35 страниц машинописного текста, размер шрифта 14, Times New Roman, интервал 1,5.

Содержание курсовой работы

Обязательные графические материалы: структурная схема системы управления; частотные и временные характеристики объекта управления, разомкнутой и замкнутой систем управления.

Работа должна состоять из двух разделов: расчётный и исследовательский.

В первом разделе необходимо выполнить расчёт постоянных времени и коэффициентов передач звеньев объекта управления, выбрать структуру и параметры регулятора. Во втором разделе с помощью пакетов прикладных программ MathCad, MATLAB необходимо выполнить исследование временных и частотных характеристик объекта управления, разомкнутой и замкнутой систем управления, влияние изменения параметров объекта управления на

показатели качества выбранной системы управления.

Для двигателя с заданными номинальными параметрами

- выбрать по справочнику серийный двигатель, тиристорный преобразователь, силовой трансформатор, датчики тока и скорости, проверить оборудование по максимальному пусковому и выпрямленному току;

- синтезировать математическую модель системы тиристорный преобразователь – двигатель, построить частотные характеристики, переходную и импульсную переходную функции; определить запас устойчивости по амплитуде и фазе;

- выбрать структуру двухконтурной системы автоматического управления;

- для внутреннего (токового) контура выбрать структуру и настроечные параметры регулятора тока; построить кривую тока якоря в функции времени;

- для внешнего контура (контура скорости) выбрать структуру и настроечные параметры регулятора скорости по критериям модульного и симметричного оптимумов; построить зависимость скорости двигателя от времени и логарифмическую частотную характеристику разомкнутого контура при выбранных настройках регуляторов; определить запас устойчивости по амплитуде и по фазе;

- синтезировать оптимальные обратные связи в пространстве состояний (модальное управление) и построить кривые переходных процессов;

- сравнить полученные результаты и сделать выводы о целесообразности применения того или иного метода синтеза регуляторов.

Самостоятельная работа включает в себя изучение теоретической и практической части дополнительной литературы; подготовку к лабораторным работам: оформление отчёта, подготовка к защите проделанной работы.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### 9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	MathCad
9.1.2	MATLAB

### 9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Помещения для проведения лекционных, практических занятий укомплектованы необходимой специализированной учебной мебелью и техническими средствами для представления учебной информации студентам. Лабораторные работы проводятся на специализированных стендах.