

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Локомотивы и локомотивное хозяйство»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ЛОКОМОТИВОВ» (Б1.В.15)

23.05.03 «Подвижной состав железных дорог»
по специализации
«Локомотивы»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург
2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры
«Локомотивы и локомотивное хозяйство»

Протокол № 10 от 20 апреля 2021 г.

Заведующий кафедрой «Локомотивы и
локомотивное хозяйство»
2021 г.



Д.Н. Курилкин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП
2021 г.



Д.Н. Курилкин

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Основы теории автоматического управления локомотивов» (Б1.В.15) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог» (далее - ФГОС ВО), утвержденного «27» марта 2018 г., приказ Минобрнауки России № 215) и с учетом профессиональных стандартов 17.038 «Специалист по оперативному руководству колонной локомотивных бригад тягового подвижного состава, бригад специального железнодорожного подвижного состава, машинистами кранов на железнодорожном ходу» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 23 декабря 2016 года №829Н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 17 января 2017 года, регистрационный №45276) и 17.055. «Руководитель участка производства по техническому обслуживанию и ремонту железнодорожного подвижного состава» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 06 февраля 2018 года №60Н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 02 марта 2018 года, регистрационный номер №50227).

Цель дисциплины – формирование у студентов прочной теоретической базы по современным методам построения и исследования систем автоматического управления, которая позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с получением математического описания, моделированием, анализом, проектированием и испытанием систем автоматического управления (САУ).

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- улучшение общеобразовательной и специальной подготовки студентов путем применения математических методов для решения прикладных задач;
- ознакомление студентов с математическими основами исследования систем автоматического регулирования;
- изучение студентами современного состояния теории автоматического регулирования и принципов исследования качества работы систем автоматического регулирования современных локомотивов;
- изучение принципов построения, настройки и эксплуатации локомотивных автоматических систем управления, регулирования и защиты;
- повышение специальной подготовки студентов в процессе изучения автоматических систем регулирования отдельных узлов подвижного состава и решения прикладных задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются: приобретение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2: Организация выполнения работ на участке производства по техническому обслуживанию и ремонту железнодорожного подвижного состава и механизмов	
ПК-2.1.2. Знает конструктивные особенности, принцип работы и правила эксплуатации приборов, оборудования, механизмов и узлов железнодорожного подвижного состава	Обучающийся <i>знает</i> : - конструктивные особенности, принцип работы и правила эксплуатации систем автоматического регулирования оборудования, механизмов и узлов железнодорожного подвижного состава
ПК-4: Проведение технических и практических занятий с работниками локомотивных бригад	
ПК-4.3.1. Имеет навыки обучения работников локомотивных бригад устройству локомотивов новых и обслуживаемых серий	Обучающийся <i>умеет</i> – имеет навыки обучения работников локомотивных бригад устройству систем автоматического регулирования локомотивов новых и обслуживаемых серий
ПК-5: Проведение технических занятий с работниками локомотивных бригад по изучению тормозного оборудования и устройств безопасности, установленных на локомотивах	
ПК-5.1.3. Знает пневматические и электрические схемы, работу узлов и агрегатов локомотивов в объеме, необходимом для выполнения должностных обязанностей	Обучающийся <i>знает</i> – пневматические и электрические элементы систем автоматики локомотивов и их работу в объеме, необходимом для выполнения должностных обязанностей

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Основы теории автоматического управления локомотивов» (Б1.В.15) не относится к базовой части и является обязательной для изучения.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Таблица 4.1.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		7	8
Контактная работа (по видам учебных занятий)	120	64	56
В том числе:			
– лекции (Л)	46	32	14
– практические занятия (ПЗ)	30	16	14
– лабораторные работы (ЛР)	44	16	28
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	128	76	52
Контроль	40	4	36
Форма контроля знаний	З, КР, Э	З, КР	Э
Общая трудоемкость: час / з.е.	288/8	144/4	144/4

Для заочной формы обучения:

Таблица 4.2.

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		4
Контактная работа (по видам учебных занятий)	32	32
В том числе:		
– лекции (Л)	12	12
– практические занятия (ПЗ)	8	8
– лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	243	243
Контроль	13	13
Форма контроля знаний	З, КР, Э	З, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	288/8	288/8

Примечания: «Форма контроля знаний» – экзамен (Э), зачет (З), курсовая работа (КР).

5. Структура и содержание дисциплины

Для очной формы обучения:

Таблица 5.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1.	Введение. Основные понятия и определения теории автоматических систем.	Лекция 1. Основные понятия и определения теории автоматических систем. Классификация систем автоматического регулирования локомотивов (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 1. Значение автоматизации производственных и транспортных процессов, как одного из основных направлений технического прогресса в проблеме повышения производительности труда (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
2.	Фундаментальные принципы построения автоматических систем:	Лекция 2. Принципы разомкнутого управления, регулирования по возмущению, регулирования по отклонению и комбинированного регулирования (2 часа).	ПК-2.1.2
		Практическое занятие 1. Примеры тепловозных автоматических систем регулирования (АСР) и управления (АСУ), построенных на основе фундаментальных принципов (2 часа).	ПК-2.1.2
		Самостоятельная работа 2. Перспективы развития систем автоматического регулирования, автоматического управления. Перспективы применения комплексных систем управления. Система автоматического управления как звено комплексной системы управления железнодорожным транспортом (6 часов).	ПК-2.1.2
3.	Статические и динамические характеристики автоматических систем и их элементов.	Лекция 3. Понятие о статических и динамических характеристиках систем. Методы линеаризации и нелинейных систем. Статические и динамические ошибки САР и их влияние на основные показатели систем: устойчивость и качество регулирования. Статические и астатические САР (2 часа).	ПК-4.3.1

		Лабораторная работа 1. Режимы работы автоматических систем: установившийся (стационарный) и неустановившийся (нестационарный). Статические характеристики и параметры (коэффициенты передачи и возврата) (2 часа).	ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 3. Функции элементов системы. Классы автоматических систем: стабилизации, программного управления, следящие и оптимального управления. Виды автоматических регуляторов: прямого и непрямого действия, непрерывные, релейные, импульсные, цифровые регуляторы. Алгоритмы (законы) работы регуляторов. Типы автоматических систем: одно- и многоконтурные, многосвязные, статические и астатические системы (4 часа).	ПК-4.3.1
4.	Дифференциальные уравнения и их решения. Понятие о переходном процессе.	Лекция 4. Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Переходные процессы в звеньях. Динамические временные характеристики, передаточные и частотные функции и характеристики. (2 часа).	ПК-4.3.1
		Лекция 5. Операторный способ представления и решения дифференциальных уравнений. Преобразование Лапласа. Понятие о передаточной функции. Логарифмические частотные характеристики (2 часа).	ПК-4.3.1
		Практическое занятие 2. Изображения по Лапласу функции единичного скачка, производной, интеграла, а также предельных переходов для определения установившегося и переходного движений системы. (2 часа).	ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 2. Электронные модели систем автоматического регулирования среде Matlab-Simulink (2 часа).	ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 4. Способы перехода от изображения реакции к её оригиналу: по таблицам соответствия изображений и оригиналов, обратное преобразование Фурье, способ трапеций. ЧХ как характеристика, описывающая динамические свойства системы в частотной области; связь ЧХ с	ПК-4.3.1

		передаточной функцией и импульсной характеристикой (12 часов).	
5.	Понятие передаточной функции. Типовые динамические звенья автоматических систем.	Лекция 6. Понятие передаточной функции. Передаточные функции и структурные схемы систем автоматического регулирования локомотивов(2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лекция 7. Типовые динамические звенья автоматических систем (2 часа).	
		Практическое занятие 3. Дифференциальные уравнения, переходные функции, частотные функции и характеристики типовых динамических звеньев (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 3. Электронные модели типовых звеньев в среде Matlab-Simulink (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 5. Примеры тепловозных элементов автоматики, обладающих динамическими свойствами типовых звеньев (8 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
6.	Типовые соединения динамических звеньев.	Лекция 8. Формулы для определения эквивалентных передаточных функций для параллельного и последовательного включения звеньев, а также включения звеньев в обратную связь (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Практическое занятие 4. Правила переноса точек разветвления и сумматоров. Примеры преобразования структурных схем и определения эквивалентной передаточной функции (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 6. Правила изображения простейших алгебраических уравнений, связывающих воздействие и реакцию системы в виде структурной схемы. Структурные схемы, передаточные и частотные функции последовательного, параллельного и встречно-параллельного соединения звеньев (6 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
7.	Устойчивость систем автоматического регулирования.	Лекция 9. Определение устойчивости. Понятие о возмущённом движении системы. Условия устойчивости А. М. Ляпунова для линейных систем. Особенности исследования устойчивости нелинейных систем (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лекция 10. Общее аналитическое выражение свободного движения системы. Графики составляющих свободного движения, соответствующие определённому виду корней	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

		характеристического уравнения (2 часа).	
		Практическое занятие 5. Понятие об автоколебаниях и предельном цикле. Устойчивость “в малом”, “в большом” и “в целом” (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 4. Электронные модели исследования устойчивости автоматических систем в среде Matlab-Simulink(2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 7. Общее аналитическое выражение свободного движения системы. Графики составляющих свободного движения, соответствующие определённому виду корней характеристического уравнения (8 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
8.	Критерии устойчивости автоматических систем.	Лекция 11. Обоснование критерия устойчивости. Вывод формул алгебраических и частотных критериев устойчивости (2 часа).	ПК-2.1.2
		Лабораторная работа 5. Электронные модели критериев устойчивости автоматических систем в среде Matlab-Simulink(2 часа).	ПК-2.1.2
		Самостоятельная работа 8. Частотный критерий устойчивости Найквиста, его связь с критерием Михайлова. Построение годографа и обоснование критерия устойчивости Найквиста. Частотный критерий устойчивости Найквиста в логарифмических координатах. Структурно — устойчивые, структурно — неустойчивые системы и неустойчивые системы. Области устойчивости и запасы устойчивости. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе (8 часов).	ПК-2.1.2
9.	Методы исследования качества работы автоматических систем	Лекция 12. Понятие о качестве процессов регулирования и критерии качества. Методы оценки показателей качества (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Практическое занятие 6. Принципы коррекции. Влияние последовательных и параллельных корректирующих звеньев на качество процессов регулирования (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 9. Понятие о точности работы САР в установившемся режиме. Оценка точности статических систем автоматического регулирования	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

		по статическим и динамическим ошибкам. Постановка задачи синтеза. Задача синтеза как задача выбора дополнительной части системы, обеспечивающей выполнение необходимых требований к устойчивости и качеству процессов регулирования. Влияние параллельно - встречно включенных корректирующих звеньев на качество процесса регулирования.	
10.	Релейные автоматические системы и методы их исследования	Лекция 13. Релейные системы. Методы математического описания релейных автоматических систем. Методы расчета релейных автоматических систем (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Практическое занятие 7. Функциональная схема обобщенной релейной автоматической системы. Автоколебания в релейных автоматических системах. Порядок определения устойчивости релейных автоматических систем (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Лабораторная работа 6. Электронные модели работы релейных автоматических систем в среде Matlab-Simulink(2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 10. Классификация релейных САР. Понятие о точности работы релейных САР в установившемся режиме. Оценка точности релейных САР по статическим и динамическим ошибкам. Постановка задачи синтеза релейных автоматических систем (6 часов).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
11.	Микропроцессорные системы автоматики и методы их исследования.	Лекция 14. Цифровые системы. Методы математического описания цифровых автоматических систем (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Лекция 15. Цифровая реализация типовых линейных алгоритмов регулирования. Методы расчета САР с цифровыми регуляторами (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Практическое занятие 8. Функциональная схема обобщенной микропроцессорной автоматической системы. Порядок определения устойчивости микропроцессорных систем (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Лабораторная работа 7. Электронные модели работы дискретных автоматических систем в среде Matlab-Simulink (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3

		Самостоятельная работа 11. Влияние процесса квантования на показатели работы микропроцессорных автоматических систем (6 часов).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
12.	Повышение качества работы дискретных автоматических систем	Лекция 16. Функция Ляпунова и её построение. Использование функции Ляпунова в синтезе микропроцессорных САР (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 8. Электронные модели устойчивости дискретных автоматических систем в среде Matlab-Simulink (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 12. Теория абсолютной устойчивости нелинейных систем. Критерий абсолютной устойчивости Попова и его обобщения-критерии Гелига. (4 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
13.	Классификация локомотивных автоматических систем управления, регулирования и защиты.	Лекция 17. Классификация локомотивных САР и защиты, требования, предъявляемые к ним (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Практическое занятие 9. Функциональные схемы локомотивных САР (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Лабораторная работа 9. Особенности построения электронных моделей локомотивных автоматических систем в среде Matlab-Simulink (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 13. Электронные и микропроцессорные регуляторы узлов и агрегатов локомотивов, применяемые в настоящее время (4 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
14.	Автоматическое регулирование частоты вращения валов силовых установок тепловозов.	Лекция 18. Классификация и функциональные схемы АСР частоты вращения валов дизель-генераторов (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Практическое занятие 10. Особенности автоматического регулирования частоты вращения валов дизелей тепловозов (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 10. Электронный регулятор частоты вращения коленчатого вала дизеля ЭРЧМ-30 (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 11. Электронная система управления впрыска топлива дизеля ЭСУВТ (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 14. Статика, динамика, структурные схемы, устойчивость, качество работы, средства и способы настройки, технико-экономические показатели АСР частоты вращения валов тепловозных дизелей (8	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

		часов).	
15.	Автоматическое регулирование напряжения тяговых генераторов.	Лекция 19. Автоматическое регулирование напряжения тяговых генераторов. Классификация и функциональные схемы АСР напряжения тяговых генераторов постоянного и переменного тока (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Практическое занятие 11. Принципиальные схемы и статические характеристики микропроцессорных систем автоматического регулирования напряжения тяговых генераторов тепловозов (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 12 Настройка селективной характеристики тягового генератора тепловоза 2М62 и 2ТЭ116 (10 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 15. Структурные схемы, устойчивость, качество работы, способы и средства настройки, технико-экономические показатели САР напряжения тяговых генераторов постоянного и переменного тока (10 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
16.	Автоматическое управление тяговыми электродвигателями и передачами мощности.	Лекция 20. Автоматическое управление тяговыми электродвигателями и передачами мощности. Основные требования и технико-экономические характеристики (2 часа)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
		Практическое занятие 12. Классификация, функциональные схемы и принципиальные блок-схемы автоматических систем управления тяговыми двигателями постоянного тока последовательного и независимого возбуждения, тяговыми асинхронными двигателями (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
		Лабораторная работа 13. Реостатные испытания тепловозов 2М62 и 2ТЭ116 (10 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 16. Статика и динамика тяговых двигателей и элементов САР двигателями и передачами мощности. Микропроцессорные системы автоматического регулирования электрической передачей локомотива (8 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
17.	Автоматическое регулирование напряжения вспомогательных генераторов.	Лекция 21. Автоматическое регулирование напряжения вспомогательных генераторов. Основные требования и технико-экономические	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

		характеристики (2 часа)	
		Практическое занятие 13. Классификация, функциональные схемы и принципиальные блок-схемы САР напряжения вспомогательных генераторов с контактными и бесконтактными регуляторами. (2 часа)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 17. Статика, динамика, структурные схемы вспомогательного генератора и регуляторов напряжения, качество работы, способы и средства настройки, показатели АСР напряжения вспомогательных генераторов. Комплексные микропроцессорные системы (4 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
18.	Автоматическое регулирование температуры теплоносителей силовых установок локомотивов.	Лекция 22. Автоматическое регулирование температуры теплоносителей силовых установок локомотивов. Основные требования и технико-экономические характеристики (2 часа)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Практическое занятие 14. Классификация, функциональные схемы САР температуры теплоносителей (воды, масла, наддувочного воздуха) и предъявляемые к ним требования (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 19. Электронные модели автоматических систем охлаждения воды и масла дизеля в среде Matlab-Simulink (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 14. Электронные модели автоматических систем охлаждения тяговых электрических машин в среде Matlab-Simulink (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 18. Функциональные и принципиальные схемы, статика, динамика, структурные схемы статических, астатических и комбинированных регуляторов температуры, устойчивость, качество работы, способы и средства настройки АСРТ. Микропроцессорная система АСУ-Б (8 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
19.	Автоматическое регулирование скорости движения локомотива и ведение поезда.	Лекция 23. Автоматическое регулирование скорости движения локомотива и ведение поезда. Основные требования и технико-экономические характеристики (2 часа)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3

		Практическое занятие 15. Классификация и области применения систем регулирования скорости и автоматического ведения поезда (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 19. Функциональная схема, статика, динамика и структурная схема локомотива с составом (поезда) как объекта регулирования скорости в тяговом режиме. Принципы построения телемеханических систем управления локомотивами (8 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3

Для заочной формы обучения:
Таблица 5.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1.	Введение. Основные понятия и определения теории автоматических систем.	Лекция 1. Основные понятия и определения теории автоматических систем. Классификация систем автоматического регулирования локомотивов (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 1. Значение автоматизации производственных и транспортных процессов, как одного из основных направлений технического прогресса в проблеме повышения производительности труда (10 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

2.	Фундаментальные принципы построения автоматических систем:	<p>Лекция 2. Принципы разомкнутого управления, регулирования по возмущению, регулирования по отклонению и комбинированного регулирования (1 час).</p>	ПК-2.1.2
		<p>Самостоятельная работа 2. Перспективы развития систем автоматического регулирования, автоматического управления. Перспективы применения комплексных систем управления. Система автоматического управления как звено комплексной системы управления железнодорожным транспортом. Примеры тепловозных автоматических систем регулирования (АСР) и управления (АСУ), построенных на основе фундаментальных принципов (16 часов).</p>	ПК-2.1.2
3.	Статические и динамические характеристики автоматических систем и их элементов.	<p>Лекция 3. Понятие о статических и динамических характеристиках систем. Методы линеаризации и нелинейных систем. Статические и динамические ошибки САР и их влияние на основные показатели систем: устойчивость и качество регулирования. Статические и астатические САР (1 час).</p>	ПК-4.3.1
		<p>Лабораторная работа 1. Режимы работы автоматических систем: установившийся (стационарный) и неуставившийся (нестационарный). Статические характеристики и параметры (коэффициенты передачи и возврата) (1 час).</p>	ПК-4.3.1
		<p>Самостоятельная работа 3. Функции элементов системы. Классы автоматических систем: стабилизации, программного управления, следящие и оптимального управления. Виды автоматических регуляторов: прямого и непрямого действия, непрерывные, релейные, импульсные, цифровые регуляторы. Алгоритмы (законы) работы регуляторов. Типы автоматических систем: одно- и многоконтурные, многосвязные, статические и астатические системы (17 часов).</p>	ПК-4.3.1

4.	Дифференциальные уравнения и их решения. Понятие о переходном процессе.	Лекция 4. Формы записи линейных дифференциальных уравнений. Переходные процессы в звеньях. Динамические временные характеристики, передаточные и частотные функции и характеристики. (1 час).	ПК-4.3.1
		Практическое занятие 1. Изображения по Лапласу функции единичного скачка, производной, интеграла, а также предельных переходов для определения установившегося и переходного движений системы. (1 час).	ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 4. Операторный способ представления и решения дифференциальных уравнений. Преобразование Лапласа. Понятие о передаточной функции. Логарифмические частотные характеристики. Способы перехода от изображения реакции к её оригиналу: по таблицам соответствия изображений и оригиналов, обратное преобразование Фурье, способ трапеций. Частотный способ решения дифференциальных уравнений. Понятие о частотной характеристике (ЧХ), как отношении преобразования по Фурье выходной координаты ко входной. Определение изображения реакции системы на произвольное возмущение. ЧХ как характеристика, описывающая динамические свойства системы в частотной области; связь ЧХ с передаточной функцией и импульсной характеристикой (12 часов).	ПК-4.3.1
5.	Понятие передаточной функции. Типовые динамические звенья автоматических систем.	Лекция 6. Понятие передаточной функции. Передаточные функции и структурные схемы систем автоматического регулирования локомотивов(1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Практическое занятие 2. Дифференциальные уравнения, переходные функции, частотные функции и характеристики типовых динамических звеньев (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 5. Типовые динамические звенья автоматических систем. Примеры тепловозных элементов автоматики, обладающих динамическими свойствами типовых звеньев. Электронные модели типовых звеньев в	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

		среде Matlab-Simulink (8 часов).	
6.	Типовые соединения динамических звеньев.	Практическое занятие 3. Правила переноса точек разветвления и сумматоров. Примеры преобразования структурных схем и определения эквивалентной передаточной функции (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 2. Электронные модели типовых звеньев в среде Matlab-Simulink (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 6. Правила изображения простейших алгебраических уравнений, связывающих воздействие и реакцию системы в виде структурной схемы. Структурные схемы, передаточные и частотные функции последовательного, параллельного и встречно-параллельного соединения звеньев (8 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
7.	Устойчивость систем автоматического регулирования.	Лекция 6. Определение устойчивости. Понятие о возмущённом движении системы. Условия устойчивости А. М. Ляпунова для линейных систем. Особенности исследования устойчивости нелинейных систем (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Практическое занятие 4. Понятие об автоколебаниях и предельном цикле. Устойчивость “в малом”, “в большом” и “в целом” (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 7. Общее аналитическое выражение свободного движения системы. Графики составляющих свободного движения, соответствующие определённому виду корней характеристического уравнения. Электронные модели исследования устойчивости автоматических систем в среде Matlab-Simulink. (14 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
8.	Критерии устойчивости автоматических систем.	Лекция 11. Обоснование критерия устойчивости. Вывод формул алгебраических и частотных критериев устойчивости (0,5 часа).	ПК-2.1.2
		Лабораторная работа 3. Электронные модели критериев устойчивости автоматических систем в среде Matlab-Simulink (1 час).	ПК-2.1.2
		Самостоятельная работа 8. Частотный критерий устойчивости Найквиста, его связь с критерием Михайлова. Построение годографа и обоснование критерия устойчивости Найквиста.	ПК-2.1.2

		Частотный критерий устойчивости Найквиста в логарифмических координатах. Структурно — устойчивые, структурно — неустойчивые системы и неустойчивые системы. Области устойчивости и запасы устойчивости. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе. (8 часов).	
9.	Методы исследования качества работы автоматических систем	Практическое занятие 5. Принципы коррекции. Влияние последовательных и параллельных корректирующих звеньев на качество процессов регулирования (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 9. Понятие о качестве процессов регулирования и критерии качества. Методы оценки показателей качества. Понятие о точности работы САР в установившемся режиме. Оценка точности статических систем автоматического регулирования по статическим и динамическим ошибкам. Постановка задачи синтеза. Задача синтеза как задача выбора дополнительной части системы, обеспечивающей выполнение необходимых требований к устойчивости и качеству процессов регулирования. Влияние параллельно - встречно включенных корректирующих звеньев на качество процесса регулирования (16 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
10.	Релейные автоматические системы и методы их исследования	Практическое занятие 6. Релейные системы. Методы математического описания релейных автоматических систем. Методы расчета релейных автоматических систем (0,5 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Лабораторная работа 4. Электронные модели работы релейных автоматических систем звеньев среде Matlab-Simulink (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 10. Классификация релейных САР. Понятие о точности работы релейных САР в установившемся режиме. Оценка точности релейных САР по статическим и динамическим ошибкам. Постановка задачи синтеза релейных автоматических систем. Примеры применения. Функциональная схема обобщенной релейной автоматической системы. Автоколебания в релейных автоматических системах. Порядок	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3

		определения устойчивости релейных автоматических систем (12 часов).	
11.	Микропроцессорные системы автоматики и методы их исследования.	Практическое занятие 7. Цифровые системы. Методы математического описания цифровых автоматических систем (0,5 часа).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Лабораторная работа 5. Электронные модели работы дискретных автоматических систем в среде Matlab-Simulink (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 11. Цифровая реализация типовых линейных алгоритмов регулирования. Методы расчета САР с цифровыми регуляторами. Влияние процесса квантования на показатели работы микропроцессорных автоматических систем. Примеры применения. Функциональная схема обобщенной микропроцессорной автоматической системы. Порядок определения устойчивости микропроцессорных систем (16 часов).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
12.	Повышение качества работы дискретных автоматических систем	Лекция 8. Функция Ляпунова и её построение. Использование функции Ляпунова в синтезе микропроцессорных САР (0,5 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 6. Электронные модели устойчивости дискретных автоматических систем в среде Matlab-Simulink (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 12. Теория абсолютной устойчивости нелинейных систем. Критерий абсолютной устойчивости Попова и его обобщения-критерий Гелига. (4 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
13.	Классификация локомотивных автоматических систем управления, регулирования и защиты.	Практическое занятие 8. Функциональные схемы локомотивных САР (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 13. Электронные и микропроцессорные регуляторы узлов и агрегатов локомотивов, применяемые в настоящее время. Классификация локомотивных САР и защиты, требования, предъявляемые к ним. Особенности построения электронных моделей локомотивных автоматических систем в среде Matlab-Simulink (14 часов).	ПК-2.1.2 ПК-5.1.3
14.	Автоматическое регулирование частоты вращения валов силовых	Лекция 9. Классификация и функциональные схемы АСР частоты вращения валов дизель-генераторов (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

	установок тепловозов.	Лабораторная работа 7. Электронный регулятор частоты вращения коленчатого вала дизеля ЭРЧМ-30 (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 14. Особенности автоматического регулирования частоты вращения валов дизелей тепловозов. Статика, динамика, структурные схемы, устойчивость, качество работы, средства и способы настройки, технико-экономические показатели АСР частоты вращения валов тепловозных дизелей. Электронная система управления впрыска топлива дизеля ЭСУВТ (12 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
15.	Автоматическое регулирование напряжения тяговых генераторов.	Лекция 10. Автоматическое регулирование напряжения тяговых генераторов. Классификация и функциональные схемы АСР напряжения тяговых генераторов постоянного и переменного тока (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 8. Настройка селективной характеристики тягового генератора тепловоза 2М62 и 2ТЭ116. (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 15. Структурные схемы, устойчивость, качество работы, способы и средства настройки, технико-экономические показатели САР напряжения тяговых генераторов постоянного и переменного тока. Принципиальные схемы и статические характеристики систем автоматического регулирования напряжения тяговых генераторов тепловозов. Аппаратные системы автоматического регулирования напряжения тяговых генераторов тепловозов. Микропроцессорная система автоматического регулирования напряжения тяговых генераторов тепловозов МПСУ-Т (14 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
16.	Автоматическое управление тяговыми электродвигателями и передачами мощности.	Лекция 11. Автоматическое управление тяговыми электродвигателями и передачами мощности. Основные требования и технико-экономические характеристики (1 час)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
		Лабораторная работа 9. Реостатные испытания тепловоза 2М62 и 2ТЭ116. (2 часа).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 16. Классификация, функциональные схемы	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

		и принципиальные блок-схемы автоматических систем управления тяговыми двигателями постоянного тока последовательного и независимого возбуждения, тяговыми асинхронными двигателями. Статика и динамика тяговых двигателей и элементов САР двигателями и передачами мощности. Особенности работы систем автоматического регулирования тяговыми электродвигателями постоянного тока. Микропроцессорные системы автоматического регулирования электрической передачей локомотива (12 часов).	ПК-5.1.3
17.	Автоматическое регулирование напряжения вспомогательных генераторов.	Лекция 12. Автоматическое регулирование напряжения вспомогательных генераторов. Основные требования и технико-экономические характеристики (0,5 часа)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 17. Статика, динамика, структурные схемы вспомогательного генератора и регуляторов напряжения, качество работы, способы и средства настройки, показатели АСР напряжения вспомогательных генераторов. Классификация, функциональные схемы и принципиальные блок-схемы САР напряжения вспомогательных генераторов с контактными и бесконтактными регуляторами. Аппаратные системы автоматического регулирования напряжения вспомогательных генераторов тепловозов. Комплексные микропроцессорные системы (12 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
18.	Автоматическое регулирование температуры теплоносителей силовых установок локомотивов.	Лекция 13. Автоматическое регулирование температуры теплоносителей силовых установок локомотивов. Основные требования и технико-экономические характеристики (0,5 часа)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Лабораторная работа 10. «Электронные модели автоматических систем охлаждения тяговых электрических машин в среде Matlab-Simulink» (1 час).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1
		Самостоятельная работа 18. Функциональные и принципиальные схемы, статика, динамика, структурные схемы статических, астатических и	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1

		комбинированных регуляторов температуры, устойчивость, качество работы, способы и средства настройки АСРТ. Микропроцессорная система АСУ-Б. Электронные модели автоматических систем охлаждения воды и масла дизеля в среде Matlab-Simulink. Электронные модели автоматических систем охлаждения тяговых электрических машин в среде Matlab-Simulink (13 часов).	
19.	Автоматическое регулирование скорости движения локомотива и ведение поезда.	Лекция 14. Автоматическое регулирование скорости движения локомотива и ведение поезда. Основные требования и технико-экономические характеристики (1 час)	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3
		Самостоятельная работа 19. Классификация и области применения систем регулирования скорости и автоматического ведения поезда. Функциональная схема, статика, динамика и структурная схема локомотива с составом (поезда) как объекта регулирования скорости в тяговом режиме. Принципы построения телемеханических систем управления локомотивами. Учет особенностей решения уравнения движения поезда при построении системы автоматического ведения Система автоматического ведения поезда САВП. Особенности построения и работы. (15 часов).	ПК-2.1.2 ПК-4.3.1 ПК-5.1.3

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения

Таблица 5.3.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Основные понятия и определения теории автоматических систем.	2	-	-	2	4
2	Фундаментальные принципы построения автоматических систем:	2	2	-	6	10
3	Статические и динамические характеристики автоматических систем и их элементов.	2	-	2	4	8
4	Дифференциальные уравнения и их решения. Понятие о переходном процессе.	4	2	2	12	20
5	Понятие передаточной функции. Типовые динамические звенья автоматических систем.	4	2	2	8	16
6	Типовые соединения динамических звеньев.	2	2	-	6	10
7	Устойчивость систем автоматического	4	2	2	8	16

	регулируемая.					
8	Критерии устойчивости автоматических систем.	2	-	2	8	12
9	Методы исследования качества работы автоматических систем	2	2	-	6	10
10	Релейные автоматические системы и методы их исследования	2	2	2	6	12
11	Микропроцессорные системы автоматики и методы их исследования.	4	2	2	6	14
12	Повышение качества работы дискретных автоматических систем	2	-	2	4	8
13	Классификация локомотивных автоматических систем управления, регулирования и защиты.	2	2	2	4	10
14	Автоматическое регулирование частоты вращения валов силовых установок тепловозов.	2	2	4	8	16
15	Автоматическое регулирование напряжения тяговых генераторов.	2	2	20	10	20
16	Автоматическое управление тяговыми электродвигателями и передачами мощности.	2	2	0	8	16
17	Автоматическое регулирование напряжения вспомогательных генераторов.	2	2	0	6	14
18	Автоматическое регулирование температуры теплоносителей силовых установок локомотивов.	2	2	2	8	16
19	Автоматическое регулирование скорости движения локомотива и ведение поезда.	2	2	0	8	16
Контроль						40
Итого		46	30	44	128	288

Для заочной формы обучения:

Таблица 5.4.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Основные понятия и определения теории автоматических систем.	-	1	-	10	11
2	Фундаментальные принципы построения автоматических систем:	1	-	-	16	17
3	Статические и динамические характеристики автоматических систем и их элементов.	1	-	1	17	19
4	Дифференциальные уравнения и их решения. Понятие о переходном процессе.	1	1	-	12	14
5	Понятие передаточной функции. Типовые динамические звенья автоматических систем.	1	1	-	8	10
6	Типовые соединения динамических звеньев.	-	1	1	8	10
7	Устойчивость систем автоматического регулирования.	1	1	-	14	16
8	Критерии устойчивости автоматических систем.	0,5	-	1	8	9,5
9	Методы исследования качества работы автоматических систем	-	1	-	16	17
10	Релейные автоматические системы и методы их исследования	0,5	-	1	12	13,5
11	Микропроцессорные системы автоматики и	0,5	-	1	16	17,5

	методы их исследования.					
12	Повышение качества работы дискретных автоматических систем	0,5	-	1	14	15,5
13	Классификация локомотивных автоматических систем управления, регулирования и защиты.	-	1	-	14	15
14	Автоматическое регулирование частоты вращения валов силовых установок тепловозов.	1	-	1	12	14
15	Автоматическое регулирование напряжения тяговых генераторов.	1	-	2	14	17
16	Автоматическое управление тяговыми электродвигателями и передачами мощности.	1	-	2	12	15
17	Автоматическое регулирование напряжения вспомогательных генераторов.	0,5	-	1	12	13,5
18	Автоматическое регулирование температуры теплоносителей силовых установок локомотивов.	0,5	1	-	13	14,5
19	Автоматическое регулирование скорости движения локомотива и ведение поезда.	1	-	-	15	16
Контроль						13
Итого		12	8	12	243	288

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине является неотъемлемой частью рабочей программы и представлен отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

7.1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

7.2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные средства по дисциплине).

7.3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации программы магистратуры по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры “Локомотивы и локомотивное хозяйство”: «Тепловозная лаборатория им. Я.М. Гаккеля», оборудованная следующими установками, используемыми в учебном процессе:

- тепловозный дизель типа Д50;
- тепловозный дизель типа Д49.

А также лаборатория кафедры “Локомотивы и локомотивное хозяйство”: «Электрооборудование локомотивов», оборудованная следующими установками:

- электромагнитные контакторы и реле;
- электропневматические контакторы;
- стенд для изучения элементов автоматики.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- *MS Office*;
- *Операционная система Windows*;
- *Matlab-Simulink*;
- Программы для ЭВМ: «Электронные учебные пособия «Основы автоматики» и «Элементы автоматики».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).

2. Электронно-библиотечная система ibooks.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ibooks.ru/> — Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ [Электронный ресурс].
Режим доступа: <https://e.lanbook.com/books> — Загл. с экрана.

8.4. Перечень печатных изданий, используемых в образовательном процессе:

1. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. – СПб.: ВНУ-Санкт-Петербург, 2007.

2. Автоматизация локомотивов. Учебное пособие для студентов вузов ж.д.т.: Под ред. А.В.Грищенко. - М.: Маршрут, 2007. 323 с.

8.5. Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Луков Н. М. Основы автоматики и автоматизации тепловозов: Учебник для вузов ж.д. транспорта. – М.: Транспорт, 1989. – 296 с.

2. Микропроцессорные системы автоматического регулирования электропередачи тепловозов. Учебное пособие для студентов вузов ж.д.т.: Под ред. А.В.Грищенко. - М.: Маршрут, 2004. 172 с.

3. Базилевский Ф.Ю., Грачев В.В., Грищенко А.В., Шрайбер М.А. Основы теории систем автоматического регулирования. Учебное пособие. Часть I. - ПГУПС, 2017. 38 с.

4. Базилевский Ф.Ю., Грачев В.В., Грищенко А.В., Шрайбер М.А. Основы теории систем автоматического регулирования. Учебное пособие. Часть II. - ПГУПС, 2021. 36 с.

5. Моделирование систем автоматического управления на основе программы Simulink: методические указания к лабораторным работам. /сост. И.Н.Смирнов; СПбГТУ.- СПб, 2012 – 61 с.

8.6 Другие издания, необходимые для освоения дисциплины

1. Грачев В.В., Грищенко А.В., Смирнов А.Н. Элементы и системы автоматического регулирования локомотивов. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Автоматизация локомотивов». С.-Пб. ПГУПС, 2000 г. 16 с.

2. Базилевский Ф.Ю., Грищенко А.В. Исследование системы автоматического регулирования. Методические указания к курсовому проектированию. С.-Пб. ПГУПС, 2015. 22 с.

Разработчик программы,
профессор кафедры «Локомотивы и
локомотивное хозяйство»
20.04. 2021 г.

А.В. Грищенко