

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«28» 06 \_ 2022 года

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.19** Теория автоматического управления

Учебный план: 2022-2023 15.03.04 ИИТА АТПиУвМПК ЗАО №1-3-149.plx

Кафедра: **1** Автоматизации производственных процессов

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
(специальность)

Профиль подготовки: Автоматизация технологических процессов и управления в  
(специализация) многоотраслевых производственных комплексах

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
2	УП	4	8	92	4	3	Зачет
	РПД	4	8	92	4	3	
3	УП	12	16	238	22	8	Зачет, Экзамен, Курсовая работа
	РПД	12	16	238	22	8	
Итого	УП	16	24	330	26	11	
	РПД	16	24	330	26	11	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.08.2021 г. № 730

Составитель (и):

доктор технических наук, Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Этин Виталий Яковлевич

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизации  
производственных процессов

\_\_\_\_\_

Этин Виталий  
Яковлевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Этин Виталий  
Яковлевич

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теории автоматического управления.

способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения;

способности решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных техно-логий и с учетом основных требований информационной безопасности;

способности выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные ме-тоды и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть типовые задачи профессиональной деятельности в областях разработки и эксплуатации автоматизированных систем с использованием современных информационных технологий с учетом требований информационной безопасности;

Изложить основные принципы построения автоматических систем регулирования и управления, требования к процессам управления, проблемы автоматизации производств, возможные варианты решений, критерии оптимизации;

Представить современные методы анализа и синтеза систем автоматизации технологических процессов с использованием компьютерных информационных технологий для нахождения опти-мальных решений в задачах проектирования средств автоматизации;

Рассмотреть основное содержание работ по автоматизации технологических процессов, вклю-чающих формулировку задачи синтеза и условия ее решения, опирающиеся на современные мето-ды и средства автоматизации вычислений, методы оптимизации, моделирования и диагностики ка-чества процессов управления и выпускаемой продукции.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Информационные технологии

Технологические процессы автоматизированных производств

Конструкционные материалы в системах автоматизации

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-13: Способен применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств</b>				
<b>Знать:</b> основные типы систем автоматического управления, их математическое описание и основные задачи исследования; современные методы синтеза оптимальных и адаптивных систем;				
<b>Уметь:</b> использовать методы расчета и исследования систем автоматического управления на базе современной вычислительной техники и средств автоматизации исследований.				
<b>Владеть:</b> -методами расчета линейных и нелинейных систем управления; методами синтеза систем контроля, автоматизации и управления.				
<b>ОПК-14: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>				
<b>Знать:</b> алгоритмы и компьютерные программы для расчета систем автоматического управления				
<b>Уметь:</b> использовать алгоритмы и компьютерные программы для расчета систем автоматического управления				
<b>Владеть:</b> навыками применения алгоритмов и компьютерных программ для расчета систем автоматического управления				

## 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Линейные системы автоматического управления	2				
Тема 1. Принципы построения систем управления. Статические и аста-тические САР. Примеры систем		2			ИЛ

Тема 2. Основные элементы систем. Требования, предъявляемые к процессам и системам регулирования		2			
Тема 3. Классификация систем управления. Программы и алгоритмы управления			2		
Раздел 2. Уравнения элементов автоматических систем					ГД
Тема 4. Математические описания элементов системы с помощью дифференциальных уравнений				12	
Тема 5. Линеаризация нелинейных уравнений элементов систем. Формы записи линеаризованных уравнений.		2		10	
Тема 6. Динамические звенья. Временные и частотные характеристики				10	
Раздел 3. Описания систем автоматического управления					
Тема 7. Передаточные функции систем автоматического регулирования. Преобразования структурных схем. Уравнения движения и ошибки		2		10	
Тема 8. Уравнения состояния. Понятия управляемости и наблюдаемости систем				10	
Тема 9. Системы с запаздыванием. Примеры систем. Математические модели.		2		10	
Раздел 4. Качество процессов управления.					
Тема 10. Устойчивость систем управления. Связь устойчивости с расположением корней характеристического уравнения				7	
Тема 11. Критерии устойчивости. Область устойчивости				7	
Тема 12. Корневые и частотные методы оценки качества переходных процессов				7	
Тема 13. Точность регулирования в типовых режимах. Коэффициенты ошибок				9	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	4	8		92	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Раздел 5. Синтез автоматических систем управления.	3				ИЛ

Тема 14. Методы синтеза. Компьютерные схемы решения задачи, процедуры оптимизации. Практическое занятие - Построение схем оптимизации в задаче параметрического синтеза.		2	4	38	
Тема 15. Повышение качества управления. Синтез корректирующих устройств с помощью ЛАХ. Практическое занятие - Построение желаемой ЛАХ. Определение уравнения корректирующего элемента		4	2	38	
Раздел 6. Нелинейные системы автоматического управления					ИЛ
Тема 16. Математические модели систем с нелинейностями релейного типа и сухого трения. Практическое занятие - Характеристики релейных систем, описания условий работы релейных элементов.		2	4	38	

Тема 17. Методы исследования устойчивости и автоколебаний в нелинейных системах. Практическое занятие - Гармоническая линеаризация нелинейностей, определения автоколебаний частотным методом. Применение критерия устойчивости.		2	4	38	
Раздел 7. Оптимальные автоматические системы					ИЛ
Тема 18. Методы оптимального управления. Практическое занятие - Оптимизация управления объектами представляемыми позиционными звеньями		2	2	40	
Тема 19. Адаптивные и экстремальные системы. Практическое занятие - Построение схем адаптивных и экстремальных систем, разработка алгоритмов управления.				46	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		12	16	238	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет, Экзамен, Курсовая работа)		4,75		17,25	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		45		347,25	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Курсовая работа предназначена для привития студентам практических навыков в реализации способностей выполнять работы по автоматизации технологических процессов с использованием современных методов расчета и с широким применением информационно-коммуникационных технологий.

В процессе выполнения работы студент должен решить следующие основные задачи:

выполнить обзор и представить для обсуждения технологические процессы в которых актуальна тема его курсовой работы:

предложить систему для автоматизации заданного технологического процесса;

используя современные информационные технологии, справочную литературу и расчетные данные, подобрать на элементы для системы автоматизации;

составить математическую модель системы;

применить современные методы синтеза и анализа, компьютерные технологии выполнить проектирование системы автоматизации;

выполнить моделирование переходных процессов, оценить качество регулирования технологических параметров.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** В курсовом проекте выполняется расчет системы

автоматического регулирования одного из следующих технологических параметров:

давления газа в пневматической емкости;

температуры в тепловой емкости;

уровня жидкости в гидравлической емкости;

концентрации раствора в плюсовке материальной машины.

Для проектирования задаются исходные данные

#### 4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Работа выполняется индивидуально. Время на выполнение работы 30 час. В процессе работы необходимо использовать методическое пособие под названием "Расчет динамики систем управления" авторы пособия: В.Я. Энтин, А.А. Кикин. Пособие размещено в электронной библиотеке Университета. Первый, упрощенный расчет целесообразно выполнить по усеченной математической модели системы. Окончательный расчет системы выполнить по полному описанию процесса. Для построения рабочей области применить компьютерные технологии. В качестве результатов студент должен представить расчетные значения параметров элементов системы, электронную схему системы управления, графики кривых переходных процессов. Все представленные результаты оформляются в виде отчета и должны быть обоснованы автором.

Объем отчета должен содержать не более 30 стр. машинописного текста и иметь следующие обязательные элементы:

- Вводную часть, поясняющую актуальность проекта для отрасли....
- Задание на разработку темы проекта (работы);
- Разработку структурной схемы системы регулирования;
- Уравнения элементов системы;
- Уравнение системы;
- Метод и алгоритмы решения задачи синтеза системы;
- Разработанные программные продукты;
- Графики переходных процессов;
- Электронная схема разработанной автоматической системы..

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-13	<p>Излагает принципы построения систем управления, перечисляет основные типы систем автоматического управления.</p> <p>Применяет современные методы для проектирования систем автоматизации технологических процессов</p> <p>Составляет уравнения элементов автоматических систем</p> <p>Разрабатывает математические модели объектов и систем, формирует структурные схемы для исследования свойств разрабатываемых автоматических систем</p>	<p>Вопросы для устного собеседования</p> <p>Практико-ориентированные задания</p> <p>Курсовая работа</p>
ОПК-14	<p>Повествует о синтезе автоматических систем управления, о компьютерных схемах решения задачи, процедуре оптимизации.</p> <p>Строит схемы оптимизации в задаче параметрического синтеза</p> <p>Разрабатывает алгоритмы, сопрягающие теоретические критерии и методы расчета показателей качества с проектируемыми механизмами и системами автоматизации.</p> <p>Применяет известные компьютерные технологии для исследования показателей качества проектируемых систем</p>	<p>Вопросы для устного собеседования</p> <p>Практико-ориентированные задания</p> <p>Курсовая работа</p>

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>Полный, исчерпывающий ответ, демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.</p>	<p>При оценивании курсового проекта. Студент глубоко проработал состояние разработок по заданному направлению.</p> <p>С учетом воспринятого опыта предложил свое решение с некоторой новизной, дающей дополнительные преимущества разрабатываемой системе автоматизации.</p>
		<p>Все вопросы задания выполнены. Работа выполнена в точном соответствии с рекомендуемыми методами. Отчет выполнен грамотно с достаточным количеством расчетного и графического материала.</p>

4 (хорошо)	<p>Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный.</p> <p>Учитываются пропуски занятий и состояние конспекта по дисциплине</p>	<p>При оценивании Курсового проекта. Студент проработал состояние разработок по заданному направлению.</p> <p>С учетом воспринятого опыта предложил стандартное решение при разработке системы автоматизации.</p> <p>Все вопросы задания выполнены в соответствии с методами, рекомендуемыми в методичках. Однако в расчетах содержатся неточности.</p> <p>Отчет выполнен грамотно с достаточным количеством расчетного и графического материала.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам. Учитываются пропуски занятий и состояние конспекта по дисциплине</p>	<p>При оценивании Курсового проекта. Студент проработал состояние разработок по заданному направлению.</p> <p>С учетом воспринятого опыта предложил стандартное решение при разработке системы автоматизации.</p> <p>Все вопросы задания выполнены в соответствии с рекомендуемыми методичками и методами. Однако в расчетах содержатся значительные, неточности, влияющие на результат расчета системы..</p> <p>Отчет выполнен грамотно с достаточным количеством расчетного и графического материала</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос даже после наводящих вопросов экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины.</p>	<p>При оценивании Курсового проекта. Студент недостаточно проработал состояние разработок по заданному направлению. Предложил стандартное решение при разработке системы автоматизации.</p> <p>Все вопросы задания выполнены не полностью. Рекомендуемые методичками методы применены с ошибками, в расчетах содержатся значительные, неточности, влияющие на результат расчета системы..</p>
Зачтено	<p>При оценивании знаний семестрового материала по дисциплине студент продемонстрировал знание предмета, Вполне ориентируется по всем темам предмета и способен после непродолжительной подготовки продемонстрировать достаточные знания по теме. Учитываются пропуски занятий и состояние конспекта лекций</p>	
Не зачтено		

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 2	
1	Принципы построения систем управления. Определение САР,
2	Статические и астатические САР.
3	Основные элементы систем.
4	Требования, предъявляемые к процессам и системам регулирования
5	Классификация систем управления
6	Программы и алгоритмы управления
7	Законы для составления описания элементов САР.
8	Линеаризация нелинейного описания разложением в ряд Тейлора.

9	Формы записи линеаризованных уравнений.
10	Линеаризация нелинейного уравнения емкости.
11	Уравнение емкости, как объекта управления.
12	Понятие о динамическом звене.
13	Разбиение САУ на звенья.
14	Переходная и весовая функции,
15	Частотные характеристики. Методы получения.
Курс 3	
16	Передаточные функции САУ.
17	Преобразования структурных схем.
18	Законы регулирования.
19	Расположение корней на комплексной плоскости.
20	Алгебраические критерии качества.
21	Частотные критерии устойчивости.
22	Корневые показатели качества.
23	Зависимость быстродействия системы от коэффициентов характеристического уравнения.
24	Применение ЛАХ для оценки устойчивости системы.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Укажите элемент, которого нет в составе регулятора прямого действия:

- а) элемент сравнения;
- б) усилитель;
- в) регулирующий орган;
- г) измеритель.

Укажите закон управления, который не применяется в системах автоматического регулирования:

- а) пропорциональный;
- б) уточненный;
- в) ПД – закон.

Укажите характерное свойство П – закона регулирования:

- а) статическая ошибка  $X_{ст} = 0$ ;
- б) статическая ошибка  $X_{ст} > 0$ ;
- в) статическая ошибка  $X_{ст} < 0$ .

Укажите элемент, которого нет в составе регулятора прямого действия:

- а) элемент сравнения;
- б) усилитель;
- в) регулирующий орган;
- г) измеритель.

Укажите закон управления, который не применяется в системах автоматического регулирования:

- а) пропорциональный;
- б) уточненный;
- в) ПД – закон.

Укажите характерное свойство П – закона регулирования:

- а) статическая ошибка  $X_{ст} = 0$ ;
- б) статическая ошибка  $X_{ст} > 0$ ;
- в) статическая ошибка  $X_{ст} < 0$ .

Укажите уравнение для интегрирующего звена:

- а)  $(TP+1)X_{вых} = KX_{вх}$ ;
- б)  $(TP+!)PX_{вых} = KX_{вх}$ ;
- в)  $(TP+1)X_{вых} = KPX_{вх}$

Какому звену соответствует фазовая частотная характеристика в вид  $\Psi(\omega) = \pi/2 - \arctg(T\omega)$ :

- а) Колебательное звено;



- б) дифференцирующее звено;  
в) интегрирующее звено.

Какому звену соответствует показатель затухания  $\sigma = 0$ :

- а) Колебательное звено;  
б) консервативное звено;  
в) дифференцирующее звено.

Какому звену соответствует частотная характеристика в виде  $\Psi(\omega) = \pi/2 + \arctg(\omega T_w)$ .

- а) интегрирующее звено;  
б) дифференцирующее звено.  
в) апериодическое звено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Дано уравнение характеристическое системы  $(a_0p^3+a_1p^2+a_2p+a_3)x=0$ , где  $a_0=1$ ,  $a_1=4$ ,  $a_2=10$ ,  $a_3=6$ ,  $b=1$ . Определить устойчивость системы.

2. Для уравнения системы  $(p^3+4p^2+10p+6)u = g$  построить кривую Михайлова и оценить устойчивость системы. Доказать, что система не имеет режима автоколебаний.

3. Для уравнения системы  $(p^3+4p^2+10p+6)u = g$  выполнена исходная предпосылка для применения метода эффективных полюсов и нулей. Требуется определить форму и время переходного процесса.

4. Система управления описывается уравнениями:

$$dX_1 / dt = X_2 + f;$$

$$dX_2 / dt = u - 2X_1 - 3X_2;$$

$$u = g - X_1 - 3f$$

где  $g$  – управляющее воздействие,  $X_1$  – выходной сигнал,  $f$  – возмущение.

Определить инвариантность системы к возмущению.

5. Определить характеристический полином системы

$$dx/dt = y;$$

$$dy/dt = -y - x.$$

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку к ответу 20 мин.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Энтин В. Я.	Теория автоматического управления. Линейные системы автоматического регулирования	СПб.: СПбГУПТД	2013	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1996">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1996</a>
Энтин В. Я.	Теория автоматического управления. Упражнения, задачи, тесты	СПб.: СПбГУПТД	2016	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3465">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3465</a>
Маежов, Е. Г., Иванов, В. Ю., Энтин, В. Я.	Вычислительные машины, системы и сети	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/102609.html">http://www.iprbookshop.ru/102609.html</a>

<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Энтин В. Я., Шурыгин Д. А.	Проведение занятий в интерактивной форме	СПб.: СПбГУПТД	2013	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1349">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1349</a>
Энтин В.Я.	Синтез и оптимизация в задачах проектирования систем управления	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2021	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202172">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202172</a>
Энтин В. Я.	Теория автоматического управления. Синтез систем автоматического регулирования технологических процессов	СПб.: СПбГУПТД	2017	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017702">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017702</a>

## **6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем**

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL:<http://window.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
3. Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД. URL:<http://publish.sutd.ru/>

## **6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения**

Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic  
Microsoft Windows

Microsoft Windows Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft Windows Professional (Pro – профессиональная) Russian Upgrade Open No Level Academic

## **6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска