

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 02.11.2023 12:55:44  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 28 » июня 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**  
Направление подготовки

**27.03.03 Системный анализ и управление**

Направленность программы бакалавриата  
**Системный анализ в информационных технологиях**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **автоматизации процессов химической промышленности**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.ДВ.01.01

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент О.А. Ремизова

Рабочая программа дисциплины «Автоматизация технологических процессов и производств» обсуждена на заседании кафедры автоматизации процессов химической промышленности

протокол от «15» июня 2021 № 8

Заведующий кафедрой

Л.А. Русинов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления протокол от «23» июня 2021 № 9

Председатель

В.В. Куркина

### СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление подготовки «Системный анализ и управление»		Д.А. Краснобородько
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины.....	7
4.3. Занятия лекционного типа.....	7
4.4. Занятия семинарского типа.....	10
4.4.1. Семинары, практические занятия.....	10
4.4.2. Лабораторные работы.....	13
4.5. Самостоятельная работа обучающихся.....	16
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	17
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	17
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	17
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	18
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	18
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	18
10.1. Информационные технологии.....	18
10.2. Программное обеспечение.....	19
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	19
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	19
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	19
Приложение № 1.....	20

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-5</b> Способен осуществлять компьютерное проектирование групповых и единичных технологических процессов</p>	<p><b>ПК-5.7</b> Автоматизация групповых и единичных технологических объектов</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные проблемы и тенденции развития систем управления на современном этапе (ЗН-1); <b>ЗНАТЬ:</b> основные методики обработки экспериментальных данных для объектов управления (ЗН-2);</p>
		<p><b>УМЕТЬ:</b> грамотно сформулировать и обосновать выбор методики постановки эксперимента (У-1); <b>УМЕТЬ:</b> обосновать применение той или иной структуры системы управления получать аналитические и экспериментальные модели (У-2);</p>
		<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами синтеза и исследования систем регулирования различных структур в зависимости от свойств объекта.(Н-1); <b>ВЛАДЕТЬ:</b> инженерными методами расчета одноконтурных и многоконтурных АСР с заданными характеристиками качества регулирования; (Н-2)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.01.01) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии», «Вычислительные машины, системы и сети», «Автоматизированные системы управления технологическими процессами», «Теория автоматического управления», «Метрология, стандартизация и сертификация». Полученные в процессе изучения дисциплины «Автоматизация технологических процессов и производств» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>64</b>
занятия лекционного типа	20
занятия семинарского типа, в т.ч.	40
семинары, практические занятия	20 (8)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	20
курсовое проектирование (КР или КП)	4
КСР	КП
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>44</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>зачет, КП</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Системы управления предприятиями и производствами	1			2	ПК-5	ПК-5.7
2.	Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП)	3	2		8	ПК-5	ПК-5.7
3.	Локальные системы управления технологическими процессами (ЛСУТП)	2	2		6	ПК-5	ПК-5.7
4.	Основы построения и расчета промышленных систем регулирования	3	4	3	5	ПК-5	ПК-5.7
5.	Одноконтурные системы регулирования статических и астатических объектов	2		5	5	ПК-5	ПК-5.7
6.	Системы регулирования объектов с существенными контролируемые возмущениями	2		2	4	ПК-5	ПК-5.7
7.	Системы регулирования высокоинерционных объектов	1	4	2	4	ПК-5	ПК-5.7
8.	Системы регулирования объектов с существенным запаздыванием	2	2	4	4	ПК-5	ПК-5.7
9.	Системы регулирования многосвязных объектов	2	4	4	4	ПК-5	ПК-5.7
10.	Системы регулирования основных технологических параметров	2	2		2	ПК-5	ПК-5.7
	<b>Итого по курсу</b>	20	20	20	44		

#### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	<b>ПК-5.7</b>	<p>Введение. Системы управления предприятиями и производствами</p> <p>Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП)</p> <p>Локальные системы управления технологическими процессами (ЛСУТП)</p> <p>Основы построения и расчета промышленных систем регулирования</p> <p>Одноконтурные системы регулирования статических и астатических объектов</p> <p>Системы регулирования объектов с существенными контролируемыми возмущениями</p> <p>Системы регулирования высоко инерционных объектов</p> <p>Системы регулирования объектов с существенным запаздыванием</p> <p>Системы регулирования многосвязных объектов</p> <p>Системы регулирования основных технологических параметров</p>

#### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	<p><b>Введение. Системы управления предприятиями и производствами</b></p> <p>Цели и задачи учебной дисциплины. Понятие об автоматизированных и автоматических системах управления. Сведения из истории развития систем автоматизации и управления.</p> <p>Иерархический принцип и тенденции развития систем управления промышленными предприятиями</p> <p>Управление предприятием по 2-х и 3-х уровневой иерархии: структурные схемы; задачи и технические решения на отдельных уровнях иерархии.</p> <p>Интегрированные АСУ крупными промышленными предприятиями. Структура, основные направления интеграции: функциональная, математическая, программная, информационная, организационная, техническая.</p> <p>Автоматизированные системы управления предприятием и производством (АСУП).</p> <p>Промышленное предприятие как объект управления. Цели управления. Типовая функциональная структура АСУП (предприятия). Основные виды обеспечения типовой АСУП: организационное, информационное, математическое, программное, техническое.</p> <p>Производство как объект управления. Цели управления. Типовая функциональная структура АСУП (производством). Основные виды обеспечения АСУ производством.</p>	1	ЛВ, ПЛ
2.	<b>Автоматизированные системы управления техно-</b>	3	ЛВ, ПЛ

№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p><b>логическими процессами (АСУТП)</b>  Определение. Основная терминология. Классификация АСУТП: по объему управляющих функций; по уровню производственной иерархии, по характеру управляемого процесса, по условной информационной мощности. Состав и основные принципы построения АСУТП. Системный подход. Цели управления. Основные функции и типовая функциональная структура АСУ ТП. Основные виды обеспечения АСУТП. Техническое обеспечение: типовой состав КТС; основные типы технических структур АСУТП. Централизованные АСУТП. Распределенные структуры АСУТП. Математическое обеспечение АСУТП. Алгоритмическое и программное обеспечение АСУТП: общее программное обеспечение; специальное программное обеспечение. Информационное обеспечение. Организационное обеспечение АСУТП. Разработка функционально-алгоритмической структуры АСУТП. Основные тенденции и проблемы развития АСУ ТП в отечественной химической промышленности.</p>		
3.	<p><b>Локальные системы управления технологическими процессами</b>  Состав и структура локальных систем. Показатели эффективности. Цели управления. Основные функции и типовая функциональная структура локальной системы автоматизации. Техническое обеспечение локальных систем: типовой состав комплекса технических средств, типы технических структур локальных систем автоматизации.  Организационное обеспечение. Оперативный персонал. Основные принципы и этапы разработки локальных систем автоматизации. Основные этапы разработки локальной системы автоматизации: анализ технологического процесса как объекта управления; разработка функциональной структуры локальной системы автоматизации в целом и функциональных структур отдельных подсистем; проектирование локальной системы автоматизации.  Основные принципы разработки функциональных структур локальной системы автоматизации: общей функциональной структуры системы; функциональных структур подсистем контроля, регулирования, сигнализации и защиты.</p>	2	ЛВ, ПЛ
4.	<p><b>Основы построения и расчета промышленных систем регулирования</b>  <i>Общие сведения об автоматических системах регулирования и элементах АСР</i>  Определение. Классификация. Устойчивость. Качественные характеристики АСР. Влияние свойств элементов на качественные характеристики АСР. Общие подходы к исследованию элементов АСР. Статические характеристики элементов АСР. Динамические харак-</p>	3	ЛВ, ПЛ



№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>теристики элементов АСР. Типовые звенья АСР. <i>Методы определения свойств и характеристик объ- ектов</i></p> <p>Свойства объектов. Классификация методов определе- ния свойств и характеристик объектов. Аналитические методы определения характеристик объектов. Общая характеристика методов. Основные этапы определения характеристик объектов аналитиче- скими методами. Методики вывода передаточных функций объекта: метод безразмерных переменных; метод размерных переменных.</p> <p>Определение динамических характеристик объектов для астатических и статических объектов без запазды- вания. Определение динамических характеристик объ- ектов для астатических и статических объектов с запаз- дыванием.</p> <p>Экспериментальные методы определения свойств объ- ектов. Общая характеристика методов. Основные ме- тоды параметрической идентификации объектов. Идентификация объектов по переходной характери- стике: графические методы, интерполяционные методы; методы, на основе интегрирования экспериментальных данных.</p> <p>Идентификация объектов по импульсной характери- стике: графические методы; методы перестроения им- пульсной характеристики в переходную.</p> <p><i>Автоматические регуляторы на основе типовых зако- нов регулирования</i></p>		
5.	<p><b>Одноконтурные системы регулирования статиче- ских и астатических объектов</b> <i>Синтез одноконтурных АСР по прямым показателям качества: Синтез одноконтурных АСР по косвенным показателям качества: .</i> <i>Основные методы расчета оптимальных настроеч- ных параметров (ОНПР)</i> <i>Аналитический метод синтеза одноконтурных АСР по прямым показателям качества.</i> <i>Типовые АСР со стандартными законами регулирова- ния.</i></p>	2	ЛВ, ПЛ
6.	<p><b>Системы регулирования объектов с существенны- ми контролируемыми возмущениями</b> <i>Синтез и расчет комбинированных АСР</i></p>	2	ЛВ, ПЛ
7.	<p><b>Системы регулирования высоко инерционных объ- ектов</b> <i>Синтез и расчет каскадных АСР</i></p>	1	ЛВ, ПЛ
8.	<p><b>Системы регулирования объектов с существенным запаздыванием</b> <i>Особенности применения одноконтурных АСР с типо- выми законами регулирования на объектах с запазды- ванием.</i></p>	2	ЛВ, ПЛ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<i>Специальные структуры регуляторов для регулирования объектов с запаздыванием. Регулятор Смита. Регулятор Ресвика. Свойства АСР с регуляторами Смита и Ресвика.</i>		
9.	<b>Системы регулирования многосвязных объектов</b> Понятие многосвязного объекта. Технологические примеры. <i>Синтез и расчет систем несвязанного регулирования многосвязных объектов. Функциональная схема на технологическом примере. Структурная схема. Приведенные одноконтурные АСР для первого и второго регуляторов. Итерационные алгоритмы расчета с первого и со второго регуляторов.</i> <i>Синтез и расчет систем связанного регулирования многосвязных объектов.</i>	2	ЛВ, ПЛ
10.	<b>Системы регулирования основных технологических параметров</b> <i>Системы регулирования уровня.</i> <i>Системы регулирования расхода АСР соотношения расходов.</i> <i>Системы регулирования давления АСР давления для различных технологических целей.</i> <i>Системы регулирования температуры АСР температуры как показателя качества физико-химических процессов.</i>	2	ЛВ, ПЛ

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	<b>Идентификация объектов управления.</b> Практическое занятие посвящено изучению аналитических методов идентификации объектов управления. Студенты выполняют вывод передаточной функции объекта по заданному каналу управления для заданного технологического процесса методом безразмерных переменных при заданном математическом описании объекта.	2	2	ЗК, МШ
3	<b>Одноконтурные АСР</b> Практическое занятие посвящено проблеме анализа одноконтурных систем регулирования на базе ис-	2	2	ЗК, МШ

№ раздела дисципли- ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	<p>следования передаточной функции системы.</p> <p>Студенты выполняют вывод передаточной функции системы при заданной точке приложения входного воздействия, заданной структуре регулятора, объекта по каналам управления и возмущения.</p> <p>На основе полученного выражения передаточной функции системы студенты выполняют анализ системы на ее физическую реализуемость; определяют статический уровень сигнала и статическую ошибку регулирования.</p>			
4	<p><b>Системы регулирования объектов с существенными контролируемыми возмущениями.</b> Комбинированные системы регулирования</p> <p>Занятие посвящено анализу комбинированных систем регулирования различных структур.</p> <p>Студенты выполняют вывод передаточной функции динамического компенсатора для заданной структуры комбинированной системы регулирования при заданных структурах регулятора и объекта по каналам управления и возмущения.</p> <p>Полученное выражение передаточной функции компенсатора анализируют на предмет его физической реализуемости по степеням «р», по времени запаздывания и на предмет возможного статического уровня сигнала компенсатора.</p>	4	2	ЗК, МШ
7	<p><b>Системы регулирования инерционных объектов и объектов с распределенными параметрами. Каскадные АСР.</b></p> <p>Занятие посвящено изучению метода расчета каскадных АСР на основе приведения каскадной АСР к эквивалентным одноконтурным системам с эквивалентными объектами для основного и вспомогательного регулятора.</p> <p>Студенты выполняют вывод передаточной функции эквивалентного объекта для основного или вспомо-</p>	4	2	ЗК, МШ

№ раздела дисципли- ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	гательного регулятора при заданных структурах регуляторов и объекта по основному и вспомогательному каналам регулирования. Полученное выражение передаточной функции эквивалентного объекта студенты анализируют на предмет его физической реализуемости, определяют возможный статический уровень сигнала.			
8	<b>Системы регулирования объектов с запаздыванием на базе регуляторов Смита.</b> Практическое занятие посвящено исследованию систем регулирования объектов с существенными запаздываниями на примере систем с регулятором Смита. Студенты выполняют вывод передаточных функций регулятора Смита и АСР с регулятором Смита различных структур при варьировании точек приложения входного воздействия, типовых законов регулирования и структур объекта управления. Полученные выражения передаточных функций студенты анализируют на предмет физической реализуемости системы, определения статического уровня сигнала и статической ошибки для системы.	2		ЗК, МШ
9	<b>Регулирование многосвязных объектов на базе систем несвязанного регулирования</b> Занятие посвящено изучению метода расчета систем несвязанного регулирования многосвязных (двухсвязных) объектов на основе приведения системы несвязанного регулирования к эквивалентным одноконтурным АСР с эквивалентными объектами для первого и второго регуляторов Студенты выполняют вывод передаточной функции эквивалентного объекта для первого или второго регулятора при заданных структурах регуляторов и объекта по первому и второму каналам регулирования.	2		ЗК, МШ

№ раздела дисципли- ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	Полученное выражение передаточной функции эквивалентного объекта студенты анализируют на предмет его физической реализуемости, определяют возможный статический уровень сигнала.			
9	<b>Регулирование многосвязных объектов на базе систем связанного регулирования</b> Занятие посвящено анализу систем связанного регулирования различных структур: «SV_OR», «SV_OO», «SV_RO», «SV_RR». Студенты выполняют вывод передаточной функции динамического компенсатора для заданной структуры системы несвязанного регулирования при заданных структурах регуляторов и объекта по основным и перекрестным каналам управления. Полученное выражение передаточной функции компенсатора анализируют на предмет его физической реализуемости по степеням «р», по времени запаздывания и на предмет возможного статического уровня сигнала компенсатора.	2		ЗК, МШ
10	<b>Регулирование основных технологических параметров</b> Занятие посвящено изучению студентами общих подходов к проблемам регулирования уровня, расхода, давления, температуры. В ходе занятия студенты выполняют тестовые задания по одной из выбранных тем по регулированию основных технологических параметров.	2		ЗК, МШ

#### 4.4.2. Лабораторные работы

№ раздела дис- циплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
4,5	<b>Синтез и исследование одноконтурных АСР с заданными характеристиками качества</b> Студенты выполняют синтез и исследование одноконтурных АСР в пакете «Синтез».	10		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	<p>Выполняется расчет настроек регулятора для одноконтурной АСР при заданных параметрах объекта тремя методами: Циглера-Никольса, ВТИ и РЧХ; построение АФХ, АЧХ и ФЧХ системы; построение переходной характеристики системы частотным методом; выбор наилучшего метода расчета настроек регулятора.</p> <p>Выбор наилучших настроек осуществляется на базе анализа характеристик качества переходного процесса: максимального динамического отклонения, времени регулирования, интегральной квадратичной оценки.</p> <p>Исследование системы с наилучшими настройками при различных точках приложения входного воздействия; при использовании различных законов регулирования.</p> <p>Исследование одноконтурных АСР при различных комбинациях входных воздействий и при варьировании параметров объекта по каналам управления и возмущений.</p>			
6	<p><b>Синтез и исследование комбинированных АСР</b></p> <p>Выполняется синтез и исследование комбинированных систем регулирования двух структур «с подключением динамических компенсаторов на вход объекта и на вход регулятора.</p> <p>Расчет стандартного регулятора выполняется на базе пакета «Синтез» тремя методами.</p> <p>При исследовании одноконтурной системы осуществляется выбор лучших настроек по характеристикам качества переходного процесса.</p> <p>При исследовании комбинированных АСР выполняется исследование работы динамических компенсаторов по компенсируемому возмущению.</p> <p>Студенты получают также переходные характеристики в комбинированных АСР при различных комбинациях входных воздействий с целью выбора возможных комбинаций, при которых в системе обеспечивается переходный процесс, удовлетворяющий заданным требованиям качества.</p>	2		
7	<p><b>Синтез и исследование каскадных АСР</b></p> <p>Выполняется синтез каскадных АСР различными методами и исследование с целью выявления параметров объекта для наиболее целесообразного применения каскадной АСР.</p> <p>При синтезе и исследовании каскадных АСР по методу расчета настроек регуляторов сопоставляются характеристики качества регулирования в системах с использованием лучших независимых настроек в проекте «Синтез»; настроек, полученных по методу номограмм; настроек, рассчитанных по методу приведения системы к эквивалентной одноконтурной АСР с использованием итерационных алгоритмов расчета с основного и со вспомогательного регуляторов в проекте «Синтез».</p>	2		

№ раздела дис- циплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	Исследовании влияния параметров объекта по основному и вспомогательному каналам управления на характеристики качества переходных процессов в каскадной АСР выполнялись при варьировании соотношений запаздывания к постоянному времени по основному каналу управления; при варьировании соотношения запаздываний, постоянных времени и коэффициентов усиления по вспомогательному и основному каналам управления			
8	<b>Синтез и исследование системы регулирования объекта с запаздыванием на базе регулятора Смита</b> Расчет стандартного регулятора выполняется на базе пакета «Синтез» тремя методами. Осуществляется выбор лучших настроек на базе анализа характеристик качества переходного процесса: максимального динамического отклонения, времени регулирования, интегральной квадратичной оценки. Анализ системы выполняется при варьировании настроек регулятора, параметров объекта, параметров модели объекта.	2		
8	Синтез и исследование системы регулирования объекта с запаздыванием на базе регулятора Ресвика Анализ системы выполняется при варьировании параметра настройки регулятора «beta» и параметров объекта.	2		
9	<b>Синтез и исследование систем несвязного регулирования многосвязных объектов</b> В данной работе выполняется синтез системы несвязного регулирования различными методами и исследование с целью выявления параметров объекта по перекрестным каналам для наиболее целесообразного применения данного типа системы регулирования. Синтез системы при независимом расчете настроек регуляторов выполняется в проекте «Синтез». Синтез системы на основе приведения структуры системы несвязного регулирования к структуре эквивалентных одноконтурных АСР с использованием итерационных алгоритмов расчета с основного и со вспомогательного регуляторов осуществляется на основе последовательного определения параметров эквивалентных объектов по их переходным характеристикам и уточнения параметров регуляторов до тех пор пока не будет выполнено условие сходимости итерационной процедуры ( $\varepsilon < 0.05$ ). Исследование системы несвязного регулирования предпринимается с целью выявления влияния перекрестных связей на характеристики качества регулирования и выполняется при варьировании соотношений запаздываний по перекрестным каналам к их постоянным времени и при варьировании коэффициента связности.	2		

№ раздела дис- циплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
9	<p><b>Синтез и исследование систем связанного регулирования многосвязных объектов.</b> В работах выполняется синтез и исследование систем связанного регулирования 4-х различных структур. Работы выполняются по следующему сценарию. Выполняется расчет настроек регуляторов по параметрам основных каналов управления объекта тремя методами: Циглера - Никольса, РЧХ, ВТИ в пакете «Синтез» Получают переходные процессы и характеристики качества регулирования для двух одноконтурных АСР по основным каналам управления объекта при различных комбинациях входных воздействий (при отключенных перекрестных каналах). Выполняют сравнительное исследование качества регулирования координат <math>Y_1(t)</math> и <math>Y_2(t)</math> как многосвязных с помощью одноконтурных АСР и компенсаторов при различных комбинациях входных воздействий. Выполняют исследование системы связанного регулирования координат <math>Y_1(t)</math> и <math>Y_2(t)</math> при различных комбинациях входных воздействий. Исследование системы несвязанного регулирования предпринимается с и выполняется Выполняют исследование системы связанного регулирования целью выявления влияния перекрестных связей на характеристики качества регулирования. Исследование выполняется при варьировании соотношений запаздываний по перекрестным каналам к их постоянным времени и при варьировании коэффициента связности.</p>	2		

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дис- циплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма кон- троля
1	Системы управления предприятиями, производствами, технологическими процессами.	2	Устный опрос №1
2	Экспериментальные методы определения свойств объектов.	8	Устный опрос №2
3	Синтез и исследование одноконтурных АСР.	6	Контрольная работа № 1
4	Синтез и исследование сложной системы регулирования	5	Контрольная работа № 2
5	Синтез и исследование комбинированных АСР.	5	Устный опрос №3
6	Синтез и исследование каскадных АСР.	4	Устный опрос №4
7	Синтез и исследование системы регулирования объекта с запаздыванием на базе специальных ре-	4	Устный опрос №5



№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	гуляторов.		
8	Синтез и исследование несвязанных систем регулирования многосвязных объектов.	4	Устный опрос №6
9	Синтез и исследование систем связанного регулирования многосвязных объектов.	4	Устный опрос №7
10	Системы регулирования основных параметров качества	2	Устный опрос №8
	Выполнение курсового проекта.	44	

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и защиты курсового проекта. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются двумя вопросами из разных разделов дисциплины.

Время подготовки студента к устному ответу - до 40 мин.

Пример варианта вопросов в билете на зачете:

<p>Билет № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Состав и основные принципы построения АСУ ТП. Цели управления. Математическое, программное, метрологическое обеспечение АСУ ТП.</li> <li>2. Синтез и исследование систем регулирования на базе статических объектов 1-го порядка и ПИ-регуляторов.</li> </ol>
--

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

### **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

#### **а) печатные издания:**

1. Беспалов, А.В. Системы управления химико-технологическими процессами: учебник для вузов / А. В. Беспалов, Н. И. Харитонов. - Москва: Академкнига, 2007. - 690 с. - ISBN 978-5-94628-311-3
2. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : в двух томах: учебник для вузов / А. Г. Схиртладзе, В. Н. Воронов, В. П. Борискин. - Старый Оскол : ТНТ, 2008, Том1. – 146 с. – ISBN 978-5-94178-195-9

#### **б) электронные учебные издания:**

1. Ленский, М. С. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / М. С. Ленский. — Москва : РТУ МИРЭА, 2019. — 99 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171503> (дата обращения: 05.06.2021). — Режим доступа: по подписке.

2. Хаустов, И. А. Системы управления технологическими процессами : учебное пособие / И. А. Хаустов, Н. В. Суханова. — Воронеж : ВГУИТ, 2018. — 139 с. — ISBN 978-5-00032-372-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117815> (дата обращения: 05.06.2021). — Режим доступа: по подписке.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

- учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

### **- Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»)**

Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ).

Договор на передачу права (простой неисключительной лицензии) на использования результата интеллектуальной деятельности ООО «БиблиоТех»

ГК№0372100046511000114\_135922 от 30.08.2011

Адрес сайта – <http://bibl.tti-gti.ru/>

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования;

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Microsoft Office Std, Академическая лицензия, sublicензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- PTC Mathcad (ГК №19 от 13.10.08 г. на предоставление академической лицензии на MathCAD University Department Perpetual-200 Floating);
- MatLab.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

<http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.

<http://borovic.ru> - база патентов России.

<http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности

<http://gost-load.ru>- база ГОСТов.

<http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.

<http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

1. Для проведения занятий в интерактивной форме:  
кафедра автоматизации процессов химической промышленности, аудитория №13. 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. Оснащение: специализированная мебель (30 посадочных мест), доска, демонстрационный экран, компьютер;
2. Для проведения лабораторных занятий и самостоятельной работы:
  - кафедра автоматизации процессов химической промышленности, лаборатория аудитория №18 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. Оснащение: специализированная мебель (24 посадочных места), доска, 12 компьютеров, сетевое оборудование;
  - кафедра автоматизации процессов химической промышленности, помещение для самостоятельной работы, аудитория №14 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. Оснащение: специализированная мебель (20 посадочных мест).

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен осуществлять компьютерное проектирование групповых и единичных технологических процессов	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«удовлетворительно» (пороговый)
ПК-5.7 Автоматизация групповых и единичных технологических объектов	<b>ЗНАТЬ:</b> основные проблемы и тенденции развития систем управления на современном этапе (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1-4 к зачету.	Формулирует основные понятия объектов и систем управления и этапы синтеза систем регулирования.
	<b>ЗНАТЬ:</b> основные методики обработки экспериментальных данных для объектов управления (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы № 20, 21, 22-26 к зачету.	Знает методики синтеза систем автоматической защиты и автоматического управления качеством продукции
	<b>УМЕТЬ:</b> грамотно сформулировать и обосновать выбор методики постановки эксперимента (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 5 - 8 к зачету.	Может сформировать основные этапы анализа особенностей объекта управления.
	<b>УМЕТЬ:</b> обосновать применение той или иной структуры системы управления получать аналитические и экспериментальные модели(У-2)	Правильные ответы на вопросы № 27-29 к зачету, защита курсового проекта.	Готов к выполнению структурной и параметрической идентификации объекта. Умеет пользоваться специализированными методиками для синтеза АСР.
	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами синтеза и исследования систем регулирования различных структур в зависимости от свойств объекта (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 9 - 19 к зачету.	Имеет представление о компоновки АСУ и их особенностях для синтеза и исследования систем регулирования.
	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> инженерными методами расчета одноконтурных и многоконтурных АСР с заданными характеристиками качества регулирования; (Н-2)	Правильные ответы на вопросы № 30-42 к зачету, защита курсового проекта.	Знает современную иерархическую структуру АСУТП, основные виды обеспечения, разбирается в терминологии управления технологическими объектами

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

1. Иерархический принцип управления химическими предприятиями по 3-х и 2-х иерархии. Структуры систем управления.
2. Интегрированные автоматизированные системы управления предприятиями. Структура и основные принципы интеграции.
3. Состав и основные принципы построения АСУ ТП. Цели управления. Типовая функциональная структура. Техническое обеспечение АСУ ТП.
4. Состав и основные принципы построения АСУ ТП. Цели управления. Математическое, программное, метрологическое обеспечение АСУ ТП.
5. Локальные системы автоматизации технологических процессов. Состав, основные принципы построения, цели управления. Типовая функциональная структура.
6. Локальные системы автоматизации технологических процессов. Функции и структуры основных подсистем
7. Промышленные автоматические системы регулирования. Классификация. Функциональная схема АСР. Влияние свойств элементов АСР на характеристики качества регулирования. Общие подходы к исследованию элементов АСР.
8. Динамические характеристики типовых звеньев АСР: усилительное, апериодическое, интегрирующее, дифференцирующее, звено чистого запаздывания.
9. Автоматические регуляторы на основе типовых законов регулирования. И- регуляторы. П- регуляторы.(Уравнения динамики, переходные характеристики, передаточные функции, частотные характеристики).
10. Автоматические регуляторы на основе типовых законов регулирования. ПИ- регуляторы.(Уравнения динамики, переходные характеристики, передаточные функции, частотные характеристики).
11. Автоматические регуляторы на основе типовых законов регулирования. ПД- регуляторы.(Уравнения динамики, переходные характеристики, передаточные функции, частотные характеристики).
12. Автоматические регуляторы на основе типовых законов регулирования. ПИД - регуляторы. (Уравнения динамики, переходные характеристики, передаточные функции, частотные характеристики).
13. Аналитические методы синтеза АСР по прямым показателям качества. Методика синтеза АСР получением  $h(t)$  на основе передаточных функций.
14. Синтез и исследование систем регулирования на базе астатических объектов 1-го порядка и И-регуляторов.
15. Синтез и исследование систем регулирования на базе статических объектов 1-го порядка и И-регуляторов.
16. Синтез и исследование систем регулирования на базе астатических объектов 1-го порядка и П-регуляторов.
17. Синтез и исследование систем регулирования на базе статических объектов 1-го порядка и П-регуляторов.
18. Синтез и исследование систем регулирования на базе астатических объектов 1-го порядка и ПИ-регуляторов.
19. Синтез и исследование систем регулирования на базе статических объектов 1-го порядка и ПИ-регуляторов.
20. Экспериментальные методы идентификации объектов. Идентификация объектов по переходной характеристике: графические методы; интерполяционные методы.
21. Экспериментальные методы идентификации объектов. Идентификация объектов по импульсной характеристике. Методы перестроения импульсной характеристики в переходную.

22. Аналитические методы определения характеристик объектов. Методики вывода передаточных функций объекта: метод безразмерных переменных; метод размерных переменных.
23. Определение динамических характеристик для астатических и статических объектов без запаздывания на основе аналитических методик.
24. Определение динамических характеристик для астатических и статических объектов с запаздыванием на основе аналитических методик.
25. Экспериментальные методы идентификации объектов. Идентификация объектов по переходной характеристике: графические методы; интерполяционные методы.
26. Экспериментальные методы идентификации объектов. Идентификация объектов по импульсной характеристике. Методы перестроения импульсной характеристики в переходную.
27. Синтез АСР на основе косвенных показателей качества. Корневые методы. Интегральные методы. Частотные методы.
28. Основные методы расчета промышленных одноконтурных АСР. Методы ВТИ, Циглера-Никольса, РЧХ.
29. Регулирование объектов с запаздыванием. Особенности применения одноконтурных АСР на объектах с запаздыванием.
30. Специальные структуры регуляторов для регулирования объектов с запаздыванием. Синтез и анализ АСР с регулятором Смита.
31. Специальные структуры регуляторов для регулирования объектов с запаздыванием. Синтез и анализ АСР с регулятором Ресвика.
32. Комбинированные АСР с динамическим компенсатором, подключенным на вход объекта. Основные принципы расчета: условие инвариантности; условия физической реализуемости.
33. Комбинированные АСР с динамическим компенсатором, подключенным на вход регулятора. Основные принципы расчета: условие инвариантности; условия физической реализуемости.
34. Каскадные АСР. Основные структуры. Основные принципы расчета. Итерационный алгоритм расчета каскадных АСР с основного регулятора.
35. Каскадные АСР. Основные структуры. Основные принципы расчета. Итерационный алгоритм расчета каскадных АСР со вспомогательного регулятора.
36. Многосвязные объекты регулирования. Понятие. Примеры технологических процессов, как многосвязных объектов регулирования. Основные подходы к построению систем регулирования многосвязных объектов.
37. Системы несвязанного регулирования многосвязных объектов. Структура. Основные принципы расчета. Итерационный алгоритм расчета с первого регулятора.
38. Системы несвязанного регулирования многосвязных объектов. Структура. Основные принципы расчета. Итерационный алгоритм расчета со второго регулятора.
39. Системы связанного регулирования многосвязных объектов. Основные типы структур. Основные принципы расчета. Система с подключением компенсаторов с выходов регуляторов на входы объектов.
40. Системы связанного регулирования многосвязных объектов. Основные типы структур. Основные принципы расчета. Система с подключением компенсаторов с выходов регуляторов на входы регуляторов.
41. Системы связанного регулирования многосвязных объектов. Основные типы структур. Основные принципы расчета. Система с подключением компенсаторов с выходов объектов на входы объектов.
42. Системы связанного регулирования многосвязных объектов. Основные типы структур. Основные принципы расчета. Система с подключением компенсаторов с выходов объектов на входы регуляторов.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

#### **4. Темы курсового проекта**

Курсовой проект предназначен для закрепления знаний, полученных при изучении учебной дисциплины «Автоматизация технологических процессов и производств».

Примерные темы курсовой работы

1. Автоматизация тепловых процессов конкретных производств
2. Автоматизация процессов ректификации конкретных производств
3. Автоматизация реакторных процессов конкретных производств
4. Автоматизация процессов выпаривания конкретных производств
5. Автоматизация процессов сушки конкретных производств
6. Автоматизация процессов абсорбции процессов конкретных производств
7. Автоматизация потенциально опасных процессов конкретных производств

Курсовой проект содержит пояснительную записку с результатами исследования для разработки функциональной схемы автоматизации и графическую часть с чертежом упрощенной функциональной схемы автоматизации, предлагаемой автором проекта на основании выполненных исследований технологического процесса и систем регулирования.

Задание на курсовой проект включает в себя:

- 1) перечень основных разделов пояснительной записки;
- 2) требования к графической части проекта;
- 3) требования к качеству регулирования разрабатываемых в проекте систем регулирования;
- 4) конкретное задание по технологическому процессу;
- 5) основные конструктивно-технологические параметры процесса;
- 6) описание технологической схемы производства;
- 7) математическое описание типовой технологической схемы:
  - для вывода передаточных функций;
  - для расчета параметров передаточных функций;
- 8) типовое решение автоматизации данного типа процессов;
- 9) алгоритмы вывода передаточных функций;
- 10) программный продукт и алгоритм работы в пакете «СИНТЕЗ» для расчета настроек регуляторов;
- 11) программные продукты в среде Matlab и алгоритмы для исследования одноконтурных и многоконтурной систем регулирования.

#### **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Шкала оценивания на зачете - «зачёт», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.

Выполнение курсового проекта по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.