

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 21.09.2023 14:02:22  
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  
« 18 » января 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Идентификация и моделирование объектов управления**

Направление подготовки

**15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

Направленность программы бакалавриата

**Автоматизация технологических процессов и производств**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **автоматизации процессов химической промышленности**

Санкт-Петербург

2022

**Б1.В.02**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		профессор Л.М. Яковис,
Доцент		доцент В.В. Сыроквашин

Рабочая программа дисциплины «Идентификация и моделирование объектов управления» обсуждена на заседании кафедры автоматизации процессов химической промышленности протокол от «29» декабря 2021 № 3  
Заведующий кафедрой

Л.А. Русинов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления протокол от «29» декабря 2021 № 4  
Председатель

В.В. Куркина

## СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»		О.А. Ремизова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
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
4. Содержание дисциплины. ....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий. ....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа. ....	7
4.3.1. Семинары, практические занятия. ....	7
4.3.2. Лабораторные работы.....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся. ....	9
4.5 Темы контрольных работ. ....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине. ....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. ....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	14
10.1. Информационные технологии. ....	14
10.2. Программное обеспечение. ....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	14
Приложение № 1 .....	16

**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-3</b> Способен выполнять патентные исследования в области автоматизации, разрабатывать план эксперимента, проводить обработку и формализацию информации, осуществлять разработку математического описания элементов и систем автоматизации в целом, формировать алгоритмическое обеспечение и системы автоматизации с целью улучшения показателей качества выпускаемой продукции</p>	<p><b>ПК-3.3</b> Способен планировать автоматизированные эксперименты, заключающиеся в подаче тестовых управляющих воздействий и фиксации реакции изучаемого технологического процесса (ТП) с целью параметрической идентификации математической модели ТП на основе компьютерной статистической обработки полученных данных о входах и выходах модели</p>	<p><b>Знать:</b> различные типы математических моделей объектов управления (ОУ); основные тенденции развития теории управления в области применения математических моделей ОУ (ЗН-1);  <b>Уметь:</b> формулировать и решать основные задачи построения статических и динамических моделей (У-1);  <b>Владеть:</b> навыками расчетных и исследовательских приемов работы по данной дисциплине (Н-1).  <b>Знать:</b> методы определения параметров математических моделей ОУ в разомкнутых и замкнутых системах (ЗН-2);  <b>Уметь:</b> находить параметры регрессионных статических моделей одномерных и многомерных ОУ методом наименьших квадратов; находить параметры динамических моделей одномерных и многомерных ОУ по реакции на типовые воздействия; выполнять параметрическую идентификацию динамических моделей одномерных и многомерных ОУ (У-2);  <b>Владеть:</b> способами выбора наиболее рациональных методов идентификации (Н-2).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Идентификация и моделирование объектов управления» принадлежит к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02) и изучается на 4 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Электротехника и промышленная электроника», «Высшая математика», «Теория автоматического управления», «Процессы и аппараты». Полученные в процессе изучения дисциплины «Идентификация объектов управления» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплины «Системы автоматизации и управления», 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>7/ 252</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>24</b>
занятия лекционного типа	6
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия	8(2)
лабораторные работы	8
курсовое проектирование (КР или КП)	2
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>219</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр1, Кр2
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>КР, экзамен (9)</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.	Применение математических моделей в системном анализе. Предмет идентификации	0,5	-	-	20	ПК-3	ПК-3.3
2.	Суть и особенности задач идентификации объектов управления	0,5	-	-	20	ПК-3	ПК-3.3
3.	Математическое моделирование объектов	0,5	1	2	29	ПК-3	ПК-3.3
4.	Применение математических моделей при управлении технологическими процессами	0,5	1	-	30	ПК-3	ПК-3.3
5.	Модели процессов и систем	1	1	2	30	ПК-3	ПК-3.3
6.	Идентификация и установление адекватности моделей	1	1	2	30	ПК-3	ПК-3.3
7.	Идентификация статических моделей объектов управления	1	2		30	ПК-3	ПК-3.3
8.	Идентификация динамических моделей объектов управления	1	2	2	30	ПК-3	ПК-3.3
	Итого	6	8	8	219		

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Применение математических моделей в системном анализе. Предмет идентификации. Математические модели в науке и технике. Типы математических моделей. Методы построения математических моделей. Понятие идентификации (Обзорная лекция)	0,5	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Суть и особенности задач идентификации объектов управления. Задачи анализа и оптимизации систем управления. Принципы формирования управляющих воздействий на основе математических моделей управляемых процессов. Задача идентификации объектов управления (Обзорная лекция)</u>	0,5	ЛВ
3	Математическое моделирование объектов	0,5	ЛВ
4	<u>Применение математических моделей при управлении технологическими процессами</u> Двухуровневое управление технологическими процессами на основе статических и динамических моделей. Типовые законы регулирования для управления многомерными объектами с перекрестными связями. Настройка параметров типовых законов регулирования с использованием динамической модели объекта управления. Имитационное моделирование систем управления. Многоуровневое управление технологическими процессами на основе адаптивных моделей	0,5	ЛВ
5	Модели процессов и систем	1	ЛВ
6	Идентификация и установление адекватности моделей	1	ЛВ
7	<u>Идентификация статических моделей объектов управления.</u> Общая схема постановки и решения задач статической идентификации. Расчет параметров модели по методу наименьших квадратов (МНК). Линейные и квадратичные по входам МНК-модели. Приведение моделей к линейным по параметрам. Вероятностная трактовка метода наименьших квадратов. Точность оценок по методу наименьших квадратов. Проверка значимости оценок параметров регрессии. Оценка качества регрессионной модели. Влияние входных воздействий на качество регрессионных моделей. Рекуррентная форма метода наименьших квадратов.	1	ЛВ
8	<u>Идентификация динамических моделей объектов управления.</u> Модели динамических систем и задачи их идентификации. Идентификация динамических объектов по реакциям на типовые воздействия (импульсные, гармонические, ступенчатые). Анализ возможностей идентификации объектов управления в режиме их нормальной эксплуатации с применением метода наименьших квадратов. Идентификация динамических объектов с применением имитационного моделирования и настраиваемых моделей.	1	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
----------------------	--	-------------------	---------------------

		всего	в том числе на практическую подготовку	форма
3	Математическое моделирование тепловых процессов; Математическое моделирование массообменных процессов; Математическое моделирование реакционных процессов	1		ЛПК
4	<u>Расчет настроек типовых регуляторов по данным о параметрах модели объекта управления</u> 1. Расчет настроек ПИ-регулятора для инерционных объектов с запаздыванием 2. Расчет настроек ПИД-регулятора для инерционных объектов с запаздыванием	1		ЛПК
5	Построение математических моделей систем экспериментальным методом. Нахождение уравнений регрессии по данным пассивного и активного эксперимента	1		ЛПК
6	Установление адекватности моделей. Технические и программные средства моделирования.	1		ЛПК
7	<u>Построение статических моделей с применением метода наименьших квадратов</u> Построение модели объекта с применением МНК в форме системы нормальных уравнений. Оценивание среднеквадратичной погрешности значений выходной переменной построенной модели. Оценивание среднеквадратичной погрешности значений параметров построенной модели.	2	2	ЛПК
8	<u>Оценивание параметров динамических моделей для одномерных и многомерных динамических объектов</u> Построение моделей одномерных и многомерных динамических объектов с применением модулей системы Matlab	2		ЛПК

#### 4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	

№ раздела дисци- 3	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Приме- чания
		2		
3	Исследование линейной стационарной динамической системы в среде МВТУ	2		
5	Моделирование систем с помощью пакетов прикладных программ	2		
6	Построение математического описания объекта на основании экспериментальных данных.	2		
8	<u>Идентификация в условиях нормальной эксплуатации (ступенчатые возмущения)</u> Идентификация динамического объекта в замкнутой системе управления методом настраиваемой модели в условиях ступенчатых возмущений	0,5		
8	<u>Идентификация в условиях нормальной эксплуатации (случайные возмущения)</u> Идентификация динамического объекта в замкнутой системе управления методом настраиваемой модели в условиях случайных возмущений	0,5		
8	<u>Влияние погрешностей идентификации на качество управления</u> Исследование чувствительности системы управления к неточностям идентифицированных моделей.	0,5		
8	<u>Идентификация и управление многомерными объектами</u> Идентификация динамических моделей многомерных объектов управления и настройка многомерных типовых регуляторов на основе найденных моделей	0,5		

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Математические модели в науке и технике. Типы математических моделей. Методы построения математических моделей. Понятие идентификации	20	Устный опрос
2	Задачи анализа и оптимизации систем управления. Принципы формирования управляющих воздействий на основе математических моделей управляемых процессов. Задача идентификации объектов управления	20	Устный опрос
3	Имитационное моделирование систем управления. Многоуровневое управление технологическими процессами на основе адаптивных моделей	29	Устный опрос
4	<b>Основные понятия метода моделирования</b> <i>Математические схемы моделирования систем.</i> Основные подходы к построению математических моделей систем. <b>Математическое моделирование</b>	30	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	<i>Численные методы моделирования.</i> Анализ погрешностей приближенных вычислений. Решение систем конечных уравнений. Системы линейных алгебраических уравнений. Элементы матричной алгебры. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Нелинейные уравнения. Системы нелинейных уравнений. Интерполяция и аппроксимация функций. Приближенное дифференцирование и интегрирование. Решение систем дифференциальных уравнений. Дифференциальные уравнения в частных производных. Оптимизация.		
5	Экспериментально-статистические модели квазистационарных технологических процессов. Оптимальный одношаговый алгоритм оценивания параметров. Особенности построения моделей технологических процессов в промышленных условиях	30	Устный опрос
6	<b>Модели процессов и систем управления</b> <i>Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов и планирование экспериментов.</i> Основные понятия теории вероятности и математической статистики. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей. Обработка результатов активных экспериментов и оптимальное планирование экспериментов. Блочный метод построения моделей объектов управления. Модели гидродинамики потоков. Моделирование процессов химического превращения в технологических объектах. Методы численной реализации математических моделей сложных технологических объектов	30	Устный опрос
7	<b>Технические и программные средства моделирования</b> <i>Инструментальные средства моделирования систем.</i> Сравнительный анализ языков имитационного моделирования. Пакеты прикладных программ моделирования систем. Базы данных моделирования. Гибридные моделирующие комплексы.	30	Устный опрос
8	Идентификация многомерных динамических объектов	30	Устный опрос

#### 4.5 Темы контрольных работ.

Предполагается написание студентами письменных двух контрольных работ. Студенту необходимо представить каждую выполненную контрольную работу в распечатанном виде и в электронном виде на любом носителе информации.

**Контрольная работа №1** предназначена для оценки знаний бакалавров по разделу 2 дисциплины и включает следующие темы:

1. Численные методы моделирования.
2. Анализ погрешностей приближенных вычислений.
3. Решение систем конечных уравнений.
4. Системы линейных алгебраических уравнений.
5. Элементы матричной алгебры.
6. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
7. Нелинейные уравнения.
8. Системы нелинейных уравнений.

9. Интерполяция и аппроксимация функций.
10. Приближенное дифференцирование и интегрирование.
11. Решение систем дифференциальных уравнений.
12. Дифференциальные уравнения в частных производных. Оптимизация.

**Контрольная работа №2** предназначена для оценки знаний бакалавров по разделу 3-8 дисциплины и включает следующие темы:

1. Исследование линейной стационарной динамической системы.
2. Построение математического описания объекта экспериментальными методами.
3. Моделирование систем управления в системе Simulink.
4. моделирование простых гидравлических систем.
5. Моделирование процесса получения пара.
6. Модель системы автоматического регулирования температуры в камере.
7. Аналоговое моделирование в системе matlab.
8. Моделирование нелинейностей.
9. Исследование моделей на устойчивость.
10. Оптимизация систем регулирования в программе Simulink.
11. Модель двигателя постоянного тока.

После выполнения контрольные работы сдаются преподавателю для проверки

#### **4.6 Темы курсовой работы.**

Курсовая работа предназначена для знакомства студента с основными приемами и технологиями моделирования систем управления, выполняется по темам, предложенным преподавателем. Тема может быть выбрана студентом самостоятельно, если она соответствует тематике курсовых работ дисциплины и согласована с преподавателем курса.

Примерные темы курсовых работ:

1. Математическая модель нестационарного режима процесса химического превращения с простейшей кинетической схемой.
2. Математические модели процессов разделения: ректификации и абсорбции.
3. Модель автоматической системы регулирования температуры в камере.
4. Математическая модель процесса непрерывной многокомпонентной ректификации в тарельчатой колонне.
5. Математическая модель процесса непрерывной многокомпонентной ректификации в насадочной колонне.
6. Моделирование процесса получения гипохлорита натрия.
7. Моделирование процессов в реакторах с мешалкой на примере процесса сульфирования нафталина.
8. Моделирование процессов в трубчатых реакторах на примере процесса окисления ксилена до фталиевого ангидрида.
9. Моделирование процесса нитрования пиридона как объекта управления.
10. Математическое моделирование стационарного режима процесса теплопередачи в поверхностном теплообменнике.
11. Математическое моделирование стационарного режима движения жидкости в простой гидравлической системе.
12. Математические модели термообработки карбида титана.
13. Моделирование процесса полимеризации и управление при получении низкомолекулярного силоксанового каучука
14. Моделирование процесса получения пара. Моделирование одноконтурной системы управления.

Курсовая работа выполняется студентом индивидуально. Допускается выполнение работы в составе группы - два, три человека при условии увеличения объема работ в соответствующее число раз.

## **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 экзамена и защиты курсовой работы.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример экзаменационного задания:

Экзаменационное задание по дисциплине  
«Идентификация и моделирование объектов управления»

1. Вероятностная трактовка метода наименьших квадратов
2. Идентификация динамических объектов по реакциям на типовые воздействия (импульсные, гармонические, ступенчатые)

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении 1

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

### **а) печатные издания:**

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учеб. для вузов/ Б. Я. Советов, С.А. Яковлев. – Москва: Юрайт, 2013. – 343 с. - ISBN 978-5-9916-2698-9
2. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: Учебное пособие для вузов / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко, - Санкт-Петербург, Москва, Краснодар : Лань, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-8114-1255-6
3. Сотников, В. В. Основы теории управления. Базовый курс: Учебное пособие / В. В. Сотников, Л. Ф. Макарова, Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 155 с.
4. Харазов, В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами: учебное пособие для вузов / В.Г. Харазов. – Санкт-Петербург: Профессия, 2013. - 592 с.- ISBN 978-5-904757-56-4.
5. Лесин, В. В. Основы методов оптимизации: Учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. - Санкт-Петербург, Москва, Краснодар : Лань, 2011. - 341 с. - ISBN 978-5-8114-1217-4

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

1. Петров, А. В. Моделирование процессов и систем: учебное пособие / А. В. Петров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1886-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168879> (дата обращения: 01.07.2021). — Режим доступа: по подписке .
2. Пен, Р. З. Статистические методы математического моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов : учебное пособие для вузов / Р. З. Пен, В. Р.

Пен. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-8369-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175505> (дата обращения: 01.07.2021). — 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>

сайты фирм разработчиков АСУТП: [www.adastra.ru](http://www.adastra.ru); [www.foit.ru](http://www.foit.ru); [www.metso.ru](http://www.metso.ru); [www.siemens.ru](http://www.siemens.ru);

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

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

Все виды занятий по дисциплине «Идентификация и моделирование объектов управления» 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 УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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 приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

Рабочей программой дисциплины «Идентификация и моделирование объектов управления» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 90 час. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;

подготовку к практическим и лабораторным занятиям;

работу с Интернет-источниками;

подготовку к экзамену.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из рекомендованных литературных источников.

По дисциплине предусмотрены следующие виды текущего контроля:

защита лабораторных работ (по результатам выполнения работы, обработки полученных данных и составления отчета);

выполнение контрольных работ;  
устные и письменные опросы по темам, предложенным для самостоятельного изучения (в дни занятий по указанию преподавателя).

По окончании изучения дисциплины проводится устный экзамен к сдаче которого допускаются студенты, успешно выполнившие все формы текущего контроля.

При подготовке экзамена рекомендуется сначала несколько раз прочитать весь конспект лекций, дополненный сведениями из литературы.

## **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, сублицензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- MatLab (Simulink).

### **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://worldddofaut.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 ин-

валидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Идентификация и моделирование объектов управления»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-3</b>	Способен выполнять патентные исследования в области автоматизации, разрабатывать план эксперимента, проводить обработку и формализацию информации, осуществлять разработку математического описания элементов и систем автоматизации в целом, формировать алгоритмическое обеспечение и системы автоматизации с целью улучшения показателей качества выпускаемой продукции	промежуточный

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

### 2.2 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении экзамена

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.3</b> Способен планировать автоматизированные эксперименты, заключающиеся в подаче тестовых управляющих воздействий и фиксации реакции изучаемого технологического процесса (ТП) с целью параметрической идентификации математической модели ТП на основе компьютерной статистической обработки полученных данных о входах и выходах модели	<b>Знает</b> методы определения параметров математических моделей ОУ в разомкнутых и замкнутых системах (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №16-31 к экзамену	Перечисляет методы определения параметров математических моделей ОУ в разомкнутых и замкнутых системах.	Записывает подходы к формированию экспериментально-статистических моделей квазистационарных технологических процессов, приводит примеры с небольшими ошибками в описании.	Записывает подходы к формированию экспериментально-статистических моделей квазистационарных технологических процессов, знает типы моделей динамических систем приводит примеры без ошибок.
	<b>Знает</b> различные типы математических моделей объектов управления (ОУ); основные тенденции развития теории управления в области применения математических моделей ОУ (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-9 к экзамену	Называет основные виды классификации моделей в науке и технике, типы задач анализа и оптимизации систем управления.	Называет основные виды классификации моделей в науке и технике, типы задач анализа и оптимизации систем управления, структуру многоуровневого управления современным производством, но путается в последовательности.	Называет классификацию моделей в науке и технике, типы задач анализа и оптимизации систем управления, структуру многоуровневого управления современным производством.
	<b>Умеет</b> находить параметры регрессионных статических моделей одномерных и многомерных ОУ методом наименьших квадратов; находить параметры динамических моделей одномерных и многомерных ОУ по реакции на типовые воздействия; выполнять парамет-	Правильные ответы на вопросы №32-41 к экзамену и защита курсовой работы.	Объясняет упрощенные варианты алгоритмов оценивания параметров, объясняет формирование структуры адаптивной системы управления с встроенной моделью технологического процесса с ошибками.	Объясняет упрощенные варианты алгоритмов оценивания параметров, объясняет формирование структуры адаптивной системы управления с встроенной моделью технологического процесса, но с наводящими вопросами.	Объясняет упрощенные варианты алгоритмов оценивания параметров, объясняет формирование структуры адаптивной системы управления с встроенной моделью технологического процесса. Поясняет возможности идентификации объекта в режиме

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	рическую идентификацию динамических моделей одномерных и многомерных ОУ (У-2)				нормальной эксплуатации без ошибок.
	<b>Умеет</b> формулировать и решать основные задачи построения статических и динамических моделей (У-1)	Правильные ответы на вопросы №42-53 к экзамену и защита курсовой работы.	Поясняет, как выбрать рациональный метод формирования модели объекта управления, и использовать математические модели при формировании структуры алгоритма управления.	Поясняет, как выбрать рациональный метод формирования модели объекта управления, и использовать математические модели при формировании структуры алгоритма управления. Сопоставляет и делает выводы с помощью наводящих вопросов.	Может выбрать рациональный метод формирования модели объекта управления, и использовать математические модели при формировании структуры алгоритма управления.
	<b>Владеет</b> способами выбора наиболее рациональных методов идентификации (Н-2)	Правильные ответы на вопросы №16-27 к экзамену	Показывает методику построения моделей технологических процессов в промышленных условиях.	Демонстрирует методику идентификации многомерных динамических объектов, построения моделей технологических процессов в промышленных условиях, но с наводящими вопросами.	Демонстрирует методику идентификации многомерных динамических объектов, навыки имитационного моделирования управляемых технологических процессов.
	<b>Владеет</b> навыками расчетных и исследовательских приемов работы по данной дисциплине (Н-1)	Правильные ответы на вопросы №1-15 к экзамену и защита курсовой работы.	Показывает навыки учета особенностей задач идентификации действующих технологических объектов по основным показателям.	Показывает навыки учета особенностей задач идентификации действующих технологических объекта по основным показателям, анализирует полученные результаты	Показывает навыки учета особенностей задач идентификации действующих технологических объектов.



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

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3:**

1. Основные понятия моделирования. Проблемы моделирования. Математические модели в науке и технике
2. Типы математических моделей. Классификация видов моделирования систем. Классы моделей.
3. Методы моделирования. Теория подобия. Методы исследования моделей объектов. Методы построения математических моделей.
4. Этапы и схема процесса моделирования. Составление технической документации по этапам моделирования. Формализация процесса функционирования химико-технологической системы. Системный анализ процессов. Уровни иерархии химических производств.
5. Понятие идентификации. Идентификация математического описания объектов моделирования.
6. Задачи анализа и оптимизации систем управления. Оптимизация процессов с использованием математических моделей. Понятие адекватности. Целевая функция. Ресурсы оптимизации.
7. Принципы формирования управляющих воздействий на основе математических моделей управляемых процессов
8. Задача идентификации объектов управления
9. Построение эмпирических статистических моделей ХТП. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Выборочный метод.
10. Двухуровневое управление технологическими процессами на основе статических и динамических моделей
11. Типовые законы регулирования для управления многомерными объектами с перекрестными связями
12. Настройка параметров типовых законов регулирования с использованием динамической модели объекта управления
13. Имитационное моделирование систем управления
14. Многоуровневое управление технологическими процессами на основе адаптивных моделей
15. Общая схема постановки и решения задач статической идентификации
16. Расчет параметров модели по методу наименьших квадратов (МНК)
17. Линейные и квадратичные по входам МНК-модели
18. Приведение моделей к линейным по параметрам
19. Вероятностная трактовка метода наименьших квадратов
20. Точность оценок по методу наименьших квадратов
21. Проверка значимости оценок параметров регрессии
22. Оценка качества регрессионной модели
23. Влияние входных воздействий на качество регрессионных моделей
24. Рекуррентная форма метода наименьших квадратов
25. Экспериментально-статистические модели квазистационарных ТП
26. Оптимальный одношаговый алгоритм оценивания параметров
27. Особенности построения моделей технологических процессов в промышленных условиях
28. Модели динамических систем и задачи их идентификации
29. Идентификация динамических объектов по реакциям на типовые воздействия (импульсные, гармонические, ступенчатые)
30. Анализ возможностей идентификации объектов управления в режиме их нормальной эксплуатации с применением метода наименьших квадратов
31. Идентификация динамических объектов с применением имитационного моделирования и настраиваемых моделей
32. Идентификация многомерных динамических объектов

33. Оценки параметров распределения случайной величины. Распределение Стьюдента (малые объемы выборок).
  34. Элементы корреляционного и регрессионного анализа. Уравнение регрессии. Поле корреляции. Корреляционное отношение.
  35. Построение эмпирических моделей по данным пассивного эксперимента. Определение вида приближённого уравнения регрессии. Определение коэффициентов регрессии – параметров эмпирических моделей. Метод наименьших квадратов.
  36. Математическое описание химико-технологических процессов с помощью физико-химических моделей. Основные принципы.
  37. Общий принцип построения балансовых уравнений для идеальных гидродинамических моделей движущихся потоков фаз.
  38. Динамическая и статическая модель идеального смешения и идеального вытеснения.
  39. Однопараметрическая диффузионная модель. Основные алгоритмы решения прямых задач математического моделирования химико-технологических процессов.
  40. Основные интенсивности источников элементарных процессов в потоках. Химическая реакция, массопередача, изменение агрегатного состояния, теплопередача, теплоизлучение.
  41. Блочный принцип построения моделей.
  42. Моделирование гидравлической емкости. Моделирование подогреваемой герметизированной емкости. Блочные модели.
  43. Моделирование процесса перемешивания в емкости. Моделирование кинетики обратимой химической реакции, осуществляемой при перемешивании жидких компонентов в проточной емкости.
  44. Математические модели стационарных режимов процессов в поверхностных теплообменниках. Математическая модель стационарного режима процесса в теплообменнике типа «смешение – смешение». Математическая модель стационарного режима процесса в теплообменнике типа «смешение – вытеснение».
  45. Математическая модель стационарного режима процесса в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Математическая модель стационарного режима процесса в противоточном теплообменнике типа «труба в трубе».
  46. Математические модели химических превращений в реакторах. Микрокинетика сложной химической реакции. Ключевые компоненты.
  47. Математическая модель стационарного режима политропического реактора с мешалкой и рубашкой.
  48. Математическая модель нестационарного режима политропического процесса в реакторе с мешалкой и рубашкой.
  49. Математическое описание непрерывных, полупериодических, периодических, стационарных и нестационарных режимов процессов в реакторе с мешалкой.
  50. Математическая модель системы автоматического регулирования температуры в камере.
  51. Инструментальные средства моделирования систем.
  52. Пакеты прикладных программ моделирования систем. Принципы функционирования моделирующих программ. Режимы работы моделирующих программ.
  53. Пакеты прикладных программ моделирования систем. Этапы работы моделирующей программы и основные модули, обеспечивающие их выполнение.
- При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

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

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

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетвори-

тельно», «неудовлетворительно.