

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

---

Кафедра №32

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

В.Ф. Шишляков

(подпись)



«28» мая 2019 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Идентификация и диагностика систем»

(Название дисциплины)

Код направления	16.03.01
Наименование направления/ специальности	Техническая физика
Наименование направленности	Физические методы контроля качества и диагностики
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2019 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)  
проф. каф. 32, д.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание



\_\_\_\_\_

22.05.2019

С.А. Сериков  
инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 32  
« 22 » мая 2019 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32  
проф., д.т.н., проф.  
должность, уч. степень, звание



\_\_\_\_\_

22.05.2019

А.Л. Ронжин  
инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 16.03.01(01)  
доц., к.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание



\_\_\_\_\_

28.05.2019

М.В. Бураков  
инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 3 по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание



\_\_\_\_\_

28.05.2019

М.В. Бураков  
инициалы, фамилия

## Аннотация

Дисциплина «Идентификация и диагностика систем» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению 16.03.01 «Техническая физика» направленность «Физические методы контроля качества и диагностики». Дисциплина реализуется кафедрой №32.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

общефессиональных компетенций:

ОПК-2 «способность применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности»;

ОПК-5 «владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способность самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики»;

профессиональных компетенций:

ПК-10 «способность применять современные информационные технологии, пакеты прикладных программ, сетевые компьютерные технологии и базы данных в предметной области для расчета технологических параметров».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с идентификацией и диагностикой мехатронных и робототехнических систем

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является ознакомление студентов с теоретическими и практическими положениями применения методов и алгоритмов идентификации процессов в мехатронных и робототехнических системах.

### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-2 «способность применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности»:

знать – методы структурной и параметрической идентификации математических моделей мехатронных и робототехнических систем;

уметь – разрабатывать математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники;

владеть навыками – математического моделирования систем управления, объектов управления, управляющих и возмущающих воздействий;

иметь опыт деятельности по проведению вычислительных экспериментов с математическими моделями и обработке результатов исследований.

ОПК-5 «владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способность самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики»:

знать – основные методы, способами и средства получения, хранения и переработки информации;

уметь – самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ;

владеть навыками – работы с программами компьютерной графики;

иметь опыт деятельности – связанной с применением современных информационных средств при разработке текстовых и графических документов.

ПК-10 «способность применять современные информационные технологии, пакеты прикладных программ, сетевые компьютерные технологии и базы данных в предметной области для расчета технологических параметров»:

знать – принципы построения математических моделей основных узлов и агрегатов мехатронных устройств и робототехнических систем, основы теории электрических гидравлических и пневматических приводов, принципы построения систем автоматического управления;

уметь – составлять математические модели типовых узлов и агрегатов мехатронных устройств и робототехнических систем;

владеть навыками – использования современных пакетов прикладных программ при проектировании математических моделей типовых узлов и агрегатов робототехнических систем;

иметь опыт деятельности – в области проектирования мехатронных и робототехнических систем.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Математика. Математический анализ
- Дискретная математика
- Теория автоматического управления
- Информационные технологии
- Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
- Информационные устройства и системы в робототехнике

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
- Управление роботами и робототехническими системами
- Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
- Проектирование роботов и робототехнических систем

## 3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	3/ 108	3/ 108
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе</i>	34	34
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа</b> , всего	74	74
<b>Вид промежуточного контроля:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет	Зачет

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Идентификация и диагностика систем. Введение	2	0	2	0	
Раздел 2. Понятие о моделях объектов управления	4	0	4	0	
Раздел 3. Постановка задачи идентификации.	2	0	2	0	
Раздел 4. Идентификация математических моделей робототехнических систем.	5	0	5	0	
Раздел 5. Реализация методов параметрической идентификации робототехнических систем.	4	0	4	0	
Итого в семестре:	17	0	17	0	74
Итого:	17	0	17	0	74

### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<b>Идентификация и диагностика систем. Введение.</b> Основные понятия теории идентификации. Предмет теории идентификации. Идентификация в узком и в широком смысле
2	<b>Понятие о моделях объектов управления.</b> Объект управления. Различные подходы к получению математического описания объектов. Цели использования моделей. Математические модели систем. Основные типы моделей: физические (натурные) и математические (символьные), одномерные и многомерные, статические и динамические, детерминированные и стохастические, линейные и нелинейные, дискретные и непрерывные, стационарные и нестационарные, сосредоточенные и распределенные, характеристики типа «вход - выход» и описание в пространстве состояний, структурированные и агрегированные, параметрические и непараметрические.
3	<b>Постановка задачи идентификации.</b> Структурная схема модели объекта. Основные задачи идентификации. Типовая схема наблюдения при идентификации объекта. Идентификационный эксперимент. Методы оценивания параметров моделей объектов. Процедура оценивания на основе настраиваемой модели
4	<b>Идентификация математических моделей робототехнических систем.</b> Классификация методов идентификации. Требования, предъявляемые к

	методам идентификации. Схема решения задачи идентификации. Схема идентификации объекта при стохастических возмущениях. Идентификация объектов методами теории автоматического управления, стохастической аппроксимации, планирования эксперимента.
5	<b>Реализация методов параметрической идентификации робототехнических систем.</b> Типовые сигналы, применяемые при идентификации. Активные и пассивные методы идентификации. Детерминированные и стохастические сигналы. Статические и динамические модели. Статическая характеристика объекта. Линейные динамические непрерывные параметрические модели. Линейные динамические дискретные параметрические модели. Нелинейные динамические модели

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего:				

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7			
1	Идентификация модели линейного динамического объекта I порядка с использованием переходных характеристик. Часть.1. Определение постоянной времени и коэффициента усиления математической модели.	2	2
2	Идентификация модели линейного динамического объекта I порядка с использованием переходных характеристик Часть.2. Определение времени запаздывания.	2	2, 3
3	Идентификация модели линейного динамического объекта I порядка с использованием переходных характеристик Часть.3. Исследование зависимости качества идентификации от интенсивности шума на выходе модели.	2	2, 3
4	Идентификация динамического объекта II порядка с использованием метода наименьших квадратов. Часть 1. Использование регрессионного МНК для идентификации	2	2, 3, 4

	систем		
5	Идентификация динамического объекта II порядка с использованием метода наименьших квадратов. Часть 2. Использование явного МНК для идентификации систем	2	2, 3, 4
6	Идентификация динамического объекта II порядка с использованием метода наименьших квадратов. Часть 3. Предобработка экспериментальных данных с использованием метода сглаживания в скользящем окне.	2	4, 5
7	Параметрическая идентификация динамического объекта с применением рекуррентной вычислительной схемы МНК. Часть 1. Разработка программного модуля для определения вектора параметров дискретной модели.	2	3, 4, 5
8	Параметрическая идентификация динамического объекта с применением рекуррентной вычислительной схемы МНК. Часть 2. Разработка программного модуля для оценки качества идентификации.	2	3, 4, 5
9	Параметрическая идентификация динамического объекта с применением рекуррентной вычислительной схемы МНК. Часть 3. Исследование зависимости качества идентификации от амплитуды шума измерений и периода дискретизации.	1	3, 4, 5
Всего:		17	

#### 4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	74	74
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	50	50
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	14	14
домашнее задание (ДЗ)	10	10



контрольные работы заочников (КРЗ)		
------------------------------------	--	--

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

## 6. Перечень основной и дополнительной литературы

### 6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Певзнер, Л.Д. Теория систем управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 421 с.: доступ <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68469">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68469</a>	
	Гапанович, В.С. Методы решения оптимизационных задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Гапанович, И.В. Гапанович. – Тюмень: ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2014. – 272 с.: доступ <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64530">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64530</a>	
	Попов А. А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем [Электронный ресурс]: монография. – НГТУ, 2013. – 296 с.: доступ <a href="http://www.knigafund.ru">http://www.knigafund.ru</a>	
УДК: 681.5	Дилигенская, А.Н. Идентификация объектов управления: Учеб. пособ./ А. Н. Дилигенская – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2009.– 136 с.	

### 6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Подчукаев В.А. Теория автоматического управления (Аналитические методы) [Электронный ресурс]: учеб. для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 392 с.: доступ: <a href="http://www.knigafund.ru">www.knigafund.ru</a> .	

	Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2015. – 624 с.: доступ <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68460">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68460</a>	
	Шаронов А. В. Методы функционального анализа в теории систем автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: Московский государственный горный университет, 2005. – 239 с.: доступ <a href="http://www.knigafund.ru">www.knigafund.ru</a> .	
	Рубан А. И. Адаптивные системы управления с идентификацией [Электронный ресурс]: монография. – Сибирский федеральный университет, 2015. – 140 с.: доступ <a href="http://www.knigafund.ru">http://www.knigafund.ru</a>	
	Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 208 с.: доступ <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68463">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68463</a>	
УДК 681:511.4.015	Игнатъев А.А. Основы теории идентификации объектов управления: учеб. пособие / А.А. Игнатъев, С.А. Игнатъев. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2008. 44 с.	
УДК: 681.5:681.3(075.8)	Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т. 2: Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004	
УДК 621(075.8)	Идентификация и диагностика систем: учеб. для студ. высш. учеб. заведений/ А.А. Алексеев, Ю.А. Кораблев, М.Ю. Шестопапов. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.–352 с.	

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
<a href="http://ww.guap.ru">ww.guap.ru</a>	Библиотека ГУАП

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

### 8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MatLab

### 8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-28
2	Компьютерный класс	21-23

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов; Тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОПК-2 «способность применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности»	
1	Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра
1	Математика. Математический анализ
1	Дискретная математика
2	Химия
2	Математика. Математический анализ

3	Прикладная механика
3	Теоретическая механика
3	Электротехника
3	Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
4	Прикладная механика
4	Электротехника
4	Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
4	Электроника
5	Теория автоматического управления
5	Электроника
6	Математические методы исследований
6	Теория автоматического управления
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Надежность электромеханических и электроэнергетических систем и комплексов
7	Теория автоматического управления
7	Идентификация и диагностика систем
8	Электротехника оборудования АЭС
ОПК-5 «владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способность самостоятельно работать на компьютере в средах современных операционных систем и наиболее распространенных прикладных программ и программ компьютерной графики»	
1	Информатика
2	Информационные технологии
3	Теоретическая механика
3	Электротехника
4	Электротехника
4	Электроника
5	Численные методы технической физики
5	Электроника
6	Базы данных
6	Производственная практика научно-исследовательская работа
6	Информационные сети и телекоммуникации
7	Микропроцессорные устройства систем управления
7	Основы информационной безопасности
7	Микропроцессорные средства контроля и диагностики
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Идентификация и диагностика систем
8	Производственная преддипломная практика
ПК-10 «способность применять современные информационные технологии, пакеты	

прикладных программ, сетевые компьютерные технологии и базы данных в предметной области для расчета технологических параметров»	
2	Химия
2	Информационные технологии
3	Теоретическая механика
5	Численные методы технической физики
5	Теория автоматического управления
6	Схемотехника средств контроля
6	Теория автоматического управления
6	Информационные сети и телекоммуникации
6	Экспериментальные методы исследований
6	Базы данных
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Надежность электромеханических и электроэнергетических систем и комплексов
7	Теория автоматического управления
7	Контроль качества и испытания продукции
7	Идентификация и диагностика систем
8	Накопители электромагнитной энергии

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>- не допускает существенных неточностей;</li> <li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>- аргументирует научные положения;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>

$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>- слабо аргументирует научные положения;</li> <li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>- частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>- не может аргументировать научные положения;</li> <li>- не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

#### 10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

##### 1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Учебным планом не предусмотрено

##### 2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Идентификация. Предмет исследования теории идентификации. Идентификация в узком смысле. Различные постановки задачи идентификации в зависимости от объема априорной информации об объекте. Идентификации в широком смысле.</li> <li>2. Понятие модели системы. Виды моделей. Подходы к построению моделей.</li> <li>3. Цели использования моделей объектов. Приёмы упрощения моделей.</li> <li>4. Этапы построения моделей.</li> <li>5. Постановка задачи идентификации. Основные задачи идентификации.</li> <li>6. Основные составляющие задачи идентификации.</li> <li>7. Идентификационный эксперимент. Формулировка задачи идентификации. Задача структурной идентификации. задача параметрической идентификации.</li> <li>8. Невязка. Функция потерь. Критерий идентификации.</li> <li>9. Способы оценивания параметров моделей объектов. Подходы, основанные на использовании явных математических выражений.</li> <li>10. Способы оценивания параметров моделей объектов. Процедуры оценивания с использованием настраиваемой модели.</li> <li>11. Использование метода наименьших квадратов для оценивания параметров</li> </ol>

моделей (Л.Р. №2).

12. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение одномерных и многомерных, статических и динамических моделей.
13. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение детерминированных и стохастических, линейных и нелинейных моделей.
14. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение непрерывных и дискретных, стационарных и нестационарных моделей.
15. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение моделей с сосредоточенными и распределёнными параметрами. Характеристики типа «вход-выход» и описание в пространстве состояний.
16. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение структурированных и агрегированных, параметрических и непараметрических моделей.
17. Статические модели систем. Модели, линейные относительно оцениваемых параметров. Модели статических линейных многомерных объектов в скалярной и векторной форме.
18. Линейные динамические непрерывные параметрические модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений  $n$ -го порядка.
19. Линейные динамические непрерывные параметрические модели в форме передаточных функций. Передаточная функция при наличии транспортного запаздывания.
20. Описание в пространстве состояний динамического объекта, представленного в виде дифференциального уравнения высокого порядка с одним входом без входных производных.
21. Описание в пространстве состояний динамического объекта, представленного в виде дифференциального уравнения высокого порядка, содержащего производные от входной переменной.
22. Описание объектов в пространстве состояний. Определение начальных условий по переменным состояния на основании начальных условий по входной и выходной координате, а также их производных.
23. Импульсная характеристика линейного стационарного динамического объекта. Описание связи между входным и выходным сигналами в виде интеграла свёртки. Связь импульсной характеристики с передаточной функцией и переходной характеристикой.
24. Переходная функция линейного стационарного динамического объекта. Связь переходной функцией, импульсной характеристикой и передаточной функцией.
24. Частотная характеристика линейного стационарного динамического объекта. Связь частотной характеристики с передаточной функцией и импульсной характеристикой. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Годограф частотной характеристики. Логарифмические амплитудно- и фазо-

	частотные характеристики.
--	---------------------------

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Идентификация. Предмет исследования теории идентификации. Идентификация в узком смысле. Различные постановки задачи идентификации в зависимости от объёма априорной информации об объекте. Идентификации в широком смысле.</li> <li>2. Понятие модели системы. Виды моделей. Подходы к построению моделей.</li> <li>3. Цели использования моделей объектов. Приёмы упрощения моделей.</li> <li>4. Этапы построения моделей.</li> <li>5. Постановка задачи идентификации. Основные задачи идентификации.</li> <li>6. Основные составляющие задачи идентификации.</li> <li>7. Идентификационный эксперимент. Формулировка задачи идентификации. Задача структурной идентификации. задача параметрической идентификации.</li> <li>8. Невязка. Функция потерь. Критерий идентификации.</li> <li>9. Способы оценивания параметров моделей объектов. Подходы, основанные на использовании явных математических выражений.</li> <li>10. Способы оценивания параметров моделей объектов. Процедуры оценивания с использованием настраиваемой модели.</li> <li>11. Использование метода наименьших квадратов для оценивания параметров моделей (Л.Р. №2).</li> <li>12. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение одномерных и многомерных, статических и динамических моделей.</li> <li>13. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение детерминированных и стохастических, линейных и нелинейных моделей.</li> <li>14. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение непрерывных и дискретных, стационарных и нестационарных моделей.</li> <li>15. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение моделей с</li> </ol>



	<p>сосредоточенными и распределёнными параметрами. Характеристики типа «вход-выход» и описание в пространстве состояний.</p> <p>16. Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение структурированных и агрегированных, параметрических и непараметрических моделей.</p> <p>17. Статические модели систем. Модели, линейные относительно оцениваемых параметров. Модели статических линейных многомерных объектов в скалярной и векторной форме.</p> <p>18. Линейные динамические непрерывные параметрические модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений <math>n</math>-го порядка.</p> <p>19. Линейные динамические непрерывные параметрические модели в форме передаточных функций. Передаточная функция при наличии транспортного запаздывания.</p> <p>20. Описание в пространстве состояний динамического объекта, представленного в виде дифференциального уравнения высокого порядка с одним входом без входных производных.</p> <p>21. Описание в пространстве состояний динамического объекта, представленного в виде дифференциального уравнения высокого порядка, содержащего производные от входной переменной.</p> <p>22. Описание объектов в пространстве состояний. Определение начальных условий по переменным состояниям на основании начальных условий по входной и выходной координате, а также их производных.</p> <p>23. Импульсная характеристика линейного стационарного динамического объекта. Описание связи между входным и выходным сигналами в виде интеграла свёртки. Связь импульсной характеристики с передаточной функцией и переходной характеристикой.</p> <p>24. Переходная функция линейного стационарного динамического объекта. Связь переходной функцией, импульсной характеристикой и передаточной функцией.</p> <p>24. Частотная характеристика линейного стационарного динамического объекта. Связь частотной характеристики с передаточной функцией и импульсной характеристикой. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Годограф частотной характеристики. Логарифмические амплитудно- и фазо-частотные характеристики.</p>
--	--

#### 5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1	<b>1.</b> Создать simulink-модель объекта идентификации с параметрами, согласно варианту задания и исследовать её реакцию на ступенчатое управляющее воздействие. Убедиться, что полученный переходный процесс характерен для

	<p>апериодического звена первого порядка с запаздыванием.</p> <p>Получить файл с результатами эксперимента. Загрузить исходные данные в рабочее пространство MatLab.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Определить значения производных выходного сигнала, соответствующие полученным значениям производных моменты времени, значения выхода в данные моменты времени, величину ступенчатого входного воздействия.</li> <li>3. Определить постоянную времени и коэффициент усиления математической модели.</li> <li>4. Определить время запаздывания</li> <li>5. Построить графические зависимости.</li> <li>6. Исследовать зависимость качества идентификации от интенсивности шума на выходе модели. Построить зависимости среднеквадратических значений ошибок идентификации параметров модели от интенсивности шума.</li> </ol> <p>Для получения различных реализаций случайного шума заданной интенсивности необходимо изменять значение параметра <i>Seed</i> (начальное значение генератора случайных чисел) блока <i>Random Number</i>.</p>
2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для динамического объекта, заданного передаточной функцией с параметрами, согласно варианту задания, используя пакет MatLab получить выходной сигнал при входном воздействии в виде единичной ступенчатой функции (период дискретизации <math>\Delta t = 0,1 \text{ c}</math>).</li> <li>2. Получить реализацию выходного сигнала объекта при наличии шума измерения (амплитуда шума <math>sv = 0.1</math>).</li> <li>3. Используя функцию <code>plot()</code> построить в одной системе координат графики переходного процесса без учёта и с учётом шума измерений.</li> </ol> <p>Выбрать интервал измерений, равный длительности переходного процесса и в дальнейшем использовать его при выполнении расчётов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Разработать и сохранить в текущей директории m-файл функцию, реализующую регрессионный МНК, описанный в разделе 3 теоретической части, для определения параметров дискретной модели заданного динамического объекта и соответствующих им параметров аналоговой модели: <pre>function [K0m, T1kvm, T2m] = F_MNKreg(y,u,N,dt) % Комментарии      тело функции с выражениями,     вычисляющими возвращаемые переменные</pre> </li> <li>5. Используя обращение к разработанной m-файл функции получить оценку параметров объекта идентификации с учётом и без учёта шума измерений: <pre>[K0m0, T1kvm0, T2m0] = F_MNKreg(y0,u,N,dt);</pre> </li> </ol>

	<p><math>[K0ms, T1kvms, T2ms] = F\_MNKreg(ys, u, N, dt);</math></p> <p>Вывести на экран полученные параметры при помощи функции <code>disp()</code>;</p> <p>Определить амплитуду шума, при которой оценка параметров ухудшается примерно на 15%, и в дальнейшем использовать данное значение амплитуды шума при выполнении вычислительных экспериментов.</p> <p>Получить реализации выходного сигнала и построить в имеющейся системе координат (см.п.3 задания) графики переходного процесса для полученных оценок параметров объекта без учёта и с учётом шума измерений.</p> <p><b>6.</b> Рассчитать и вывести на экран математическое ожидание и среднеквадратическое значение ошибки выходного сигнала объекта с параметрами, полученными в результате идентификации с учётом и без учёта шума измерений.</p> <p><b>7.</b> Произвести сглаживание зашумлённой переходной характеристики согласно методике, рассмотренной в п.5 теоретической части.</p> <p><b>8.</b> Используя обращение к разработанной ранее m-файл функции получить оценку параметров объекта идентификации после сглаживания шума измерений.</p> <p>Вывести на экран полученные параметры передаточной функции.</p> <p>Получить реализацию выходного сигнала и построить в имеющейся системе координат график переходного процесса.</p> <p>Рассчитать и вывести на экран математическое ожидание и среднеквадратическое значение ошибки выходного сигнала объекта с параметрами, полученными в результате идентификации после сглаживания шума измерений.</p> <p><b>9.</b> Разработать и сохранить в текущей директории m-файл функцию, реализующую явный МНК, описанный в разделе 4 теоретической части.</p> <p><b>10.</b> Для оценок параметров передаточной функции, полученных на основе применения явного МНК выполнить пп. 5 – 8 задания.</p> <p>При выполнении данного пункта графические зависимости строить в отдельном окне.</p>
3	<p><b>1.</b> Для динамического объекта, заданного передаточной функцией с параметрами, согласно варианту задания, используя пакет MatLab получить выходной сигнал при входном воздействии в виде единичной ступенчатой функции (период дискретизации <math>\Delta t = 0,2 c</math>).</p> <p><b>2.</b> Получить реализацию выходного сигнала объекта при наличии шума измерения (амплитуда шума <math>sv = 0.01</math>).</p> <p><b>3.</b> Используя функцию <code>plot()</code> построить в одной системе координат графики переходного процесса исследуемой системы без учёта и с учётом шума измерений.</p> <p><b>4.</b> Разработать и отладить программный модуль, реализующий рекуррентный алгоритм вычисления вектора параметров дискретной модели.</p> <p><b>5.</b> Используя разработанный программный модуль получить оценку</p>

	<p>параметров дискретной модели. При помощи функции <code>disp()</code> вывести полученные значения в командное окно MatLab.</p> <p><b>6.</b> Используя известные соотношения, связывающие параметры дискретной модели с параметрами непрерывной модели получить значения параметров дискретной модели, соответствующие истинным значениям параметров непрерывной модели согласно варианту задания. Вывести полученные значения в командное окно MatLab.</p> <p><b>7.</b> Рассчитать реакции дискретной модели на ступенчатое входное воздействие, при значениях параметров, полученных в пунктах 5 и 6. Добавить соответствующие графики к уже построенным в пункте 3.</p> <p><b>8.</b> Используя известные соотношения, связывающие параметры дискретной модели с параметрами непрерывной модели получить значения параметров непрерывной модели, соответствующие полученной в пункте 5 оценке параметров дискретной модели.</p> <p>Вывести полученные значения в командное окно MatLab.</p> <p>Получить реализацию выходного сигнала идентифицированной непрерывной модели объекта при ступенчатом входном воздействии.</p> <p>Добавить полученную реализацию к уже построенным графикам.</p> <p><b>9.</b> Рассчитать СКО ошибки непрерывной модели. Полученное значение вывести в командное окно MatLab.</p> <p><b>10.</b> В отдельной системе координат построить график изменения оценок параметров дискретной модели в процессе идентификации.</p> <p><b>11.</b> Исследовать зависимость длительности процесса идентификации и ошибки полученной модели от амплитуды шума измерений.</p> <p><b>12.</b> Исследовать зависимость длительности процесса идентификации и ошибки полученной модели от периода дискретизации.</p>
--	--

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является ознакомление студентов с основными теоретическими положениями и принципами практического применения методов и алгоритмов идентификации мехатронных и робототехнических систем.

## **Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала**

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

### Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

## **Методические указания для обучающихся по прохождению лабораторных работ**

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Лабораторные работы, предусмотренные в данном курсе, выполняются в компьютерном классе на персональном компьютере с использованием пакета прикладных программ MatLab.

В процессе подготовки к лабораторной работе необходимо изучить соответствующие методические указания и повторить лекционный материал, который относится к теме работы.

Перед началом выполнения работы необходимо создать отдельную папку для создаваемых в работе файлов и установить её в системе MatLab в качестве текущей директории. Путь к данной папке не должен содержать имён, написанных кириллицей.

В процессе выполнения работы листинги разрабатываемых программ, полученные результаты расчётов, схемы Simulink – моделей и графические зависимости должны сохраняться на диске для их дальнейшего использования при оформлении отчёта.

По окончании работы необходимо составить отчёт и подготовиться к его защите на следующем занятии.

### **Структура и форма отчета о лабораторной работе**

Отчёт о лабораторной работе должен содержать:

- фамилию, имя и отчество студента, выполнившего работу;
- номер учебной группы;
- дату выполнения работы;
- название работы;
- цель работы;
- краткую формулировку задания на лабораторную работу;
- основные теоретические сведения и формулы, использовавшиеся в процессе выполнения работы;
  - листинги m-программ, разработанные и отлаженные в процессе выполнения работы;
  - схемы Simulink – моделей, разработанные в процессе выполнения работы;
  - результаты вычислений, текстовые сообщения, графические зависимости, полученные в процессе выполнения работы;
  - описание ранее неизвестных функций и операторов MatLab, использованных в работе;
  - при использовании дополнительной литературы указать ссылки и привести список литературы;
- Выводы по работе.

### **Требования к оформлению отчета о лабораторной работе**

Пример оформления титульного листа отчёта по лабораторной работе приведен на сайте университета [ww.guap.ru](http://ww.guap.ru).

При оформлении отчёта о лабораторной работе необходимо придерживаться требований ГОСТ 7.32-2017 «Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

По каждой лабораторной работе должен быть подготовлен отчёт в бумажном и в электронном виде. После защиты лабораторных работ отчёты в бумажном виде с проставленными оценками хранятся на кафедре, а отчёты в электронной форме должны быть выложены в личном кабинете учащегося на сайте университета.

### **Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы**

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

### **Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой