

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«23» июня 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Идентификация робототехнических систем»

(Наименование дисциплины)

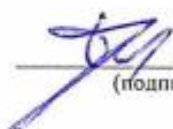
Код направления подготовки/ специальности	15.03.06
Наименование направления подготовки/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности	Робототехника
Форма обучения	очная
Год приема	2022

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

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

 23.06.2025
(подпись, дата)

В.В. Булатов
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«23» июня 2025 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

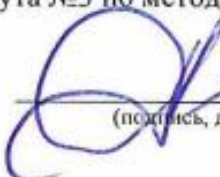
к.т.н., доц.
(уч. степень, звание)

 23.06.2025
(подпись, дата)

С.В. Солёный
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преп.
(должность, уч. степень, звание)

 23.06.2025
(подпись, дата)

Н.В. Решетникова
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Идентификация робототехнических систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленности «Робототехника». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-4 «Способен эксплуатировать робототехнические системы и комплексы»

ПК-5 «Способен организовывать материальное и документальное обеспечение ремонта робототехнических систем и комплексов»

ПК-6 «Промышленная робототехника»

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

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного 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 изучение теоретических основ идентификации динамических систем, а также ознакомление студентов с принципами, методами, и инструментальными средствами идентификации математических моделей мехатронных и робототехнических систем.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен эксплуатировать робототехнические системы и комплексы	ПК-4.3.1 знать принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности робототехнических систем и комплексов ПК-4.У.1 уметь эксплуатировать продукты сервисной и промышленной робототехники
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен организовывать материальное и документальное обеспечение ремонта робототехнических систем и комплексов	ПК-5.3.1 знать принципы работы и необходимые инструменты по настройке и отладке и робототехнических систем и комплексов
Профессиональные компетенции	ПК-6 Промышленная робототехника	ПК-6.У.1 уметь программировать и настраивать промышленных роботов согласно техническому заданию

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Информационные устройства и системы в робототехнике»,
- «Цифровая метрология»,
- «Теория автоматического управления»,
- «Моделирование робототехнических систем».

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

- «Надёжность робототехнических систем»,
- «Производственная преддипломная практика».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, 3Е/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	10	10
Аудиторные занятия, всего час.	20	20
в том числе:		
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	10	10
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	88	88
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Идентификация робототехнических систем. Основные понятия	2	2			10
Раздел 2. Постановка задачи идентификации	2	2			18
Раздел 3. Математические модели систем	2	2			20
Раздел 4. Методы непараметрической идентификации стационарных линейных детерминированных динамических объектов	2	2			20
Раздел 5. Методы параметрической идентификации стационарных линейных детерминированных динамических объектов.	2	2			20
Итого в семестре:	10	10			88
Итого	10	10	0	0	88

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Идентификация робототехнических систем. Основные понятия. Введение. Идентификация в широком смысле. Идентификация в узком смысле. Обобщённая структура процесса идентификации. Понятие о методах идентификации. Выбор модели и методов идентификации. Требования к методам идентификации. Классификация методов идентификации. Понятие о моделях объектов идентификации. Виды моделей. Построение моделей. Цели использования моделей. Приёмы упрощения моделей. Этапы идентификации моделей.
2	Постановка задачи идентификации. Общая формулировка задачи идентификации. Основные виды задачи идентификации. Основные составляющие задачи идентификации. Особенности процедуры идентификации. Формальная постановка задачи идентификации. Формирование критерия качества идентификации. Минимизация критерия качества идентификации. Оценивание на основе явных математических выражений. Оценивание с использованием настраиваемой модели.
3	Математические модели систем. Статические модели. Линейные динамические непрерывные параметрические модели: обыкновенные дифференциальные уравнения, передаточные функции, уравнения в пространстве состояний, импульсная характеристика, переходная функция, частотные характеристики. Линейные динамические дискретные параметрические модели: обыкновенные разностные уравнения, дискретные передаточные функции, дискретная импульсная характеристика, дискретная переходная функция, частотные характеристики, уравнения в пространстве состояний, авторегрессионные модели со скользящим средним. Нелинейные динамические модели: нелинейные дифференциальные уравнения, модели Гаммерштейна, разложение Вольтерра, описание в пространстве состояний, нелинейные регрессии.
4	Методы непараметрической идентификации стационарных линейных детерминированных динамических объектов. Идентификация с использованием переходных характеристик: апериодическое звено первого порядка, транспортное запаздывание, реальное дифференцирующее звено, интегрирующее звено, апериодическое звено второго порядка, колебательное звено, апериодический объект высокого порядка. Идентификация с использованием импульсных переходных характеристик: импульсная переходная характеристика, апериодическое звено первого порядка. Идентификация с использованием частотных характеристик. Корреляционные методы идентификации: корреляционная (автокорреляционная) функция, уравнение статистической идентификации (Винера-Хопфа).
5	Методы параметрической идентификации стационарных линейных детерминированных динамических объектов. Процедура оценивания параметров. Требования к оценке параметров. Основные методы параметрической идентификации. Общая постановка задачи параметрической идентификации. Идентификация динамического объекта. Влияние аддитивного шума на результат идентификации: метод сглаживания на основе скользящего усреднения, АЧХ сглаживающего фильтра. Оценивание параметров объектов по методу наименьших квадратов. Идентификация динамического объекта с использованием явного МНК. Идентификация при помощи регрессионного МНК. Применение рекуррентной вычислительной схемы МНК для идентификации динамических систем. Метод стохастической аппроксимации. Градиентные методы идентификации. Метод наискорейшего спуска.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8					
1	Идентификация модели линейного динамического объекта I порядка с использованием переходных характеристик. Определение постоянной времени и коэффициента усиления математической модели. Определение времени запаздывания. Исследование зависимости качества идентификации от интенсивности шума на выходе модели.	Групповое практическое занятие	2	2	1-3
2	Идентификация динамического объекта II порядка с использованием метода наименьших квадратов. Использование регрессионного МНК для идентификации систем. Использование явного МНК для идентификации систем. Предобработка экспериментальных данных с использованием метода сглаживания в скользящем окне.	Групповое практическое занятие	4	4	4-5
3	Параметрическая идентификация динамического объекта с применением рекуррентной вычислительной схемы МНК.	Групповое практическое занятие	4	4	5

Разработка программного модуля для определения вектора параметров дискретной модели. Разработка программного модуля для оценки качества идентификации. Исследование зависимость качества идентификации от амплитуды шума измерений и периода дискретизации.				
Всего		10	10	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	50	50
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	20
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	18	18
Всего:	88	88

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
УДК 681:511.4.015	Игнатьев А.А. Основы теории идентификации объектов управления: учеб. пособие / А.А. Игнатьев, С.А. Игнатьев. Саратов: Сарат. 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.	-
http://e.lanbook.com/ books/element.php? pl1_id=68469	Певзнер, Л.Д. Теория систем управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 421 с.: доступ	-
http://e.lanbook.com/ books/element.php? pl1_id=64530	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.	-
http://www.knigafund.ru	Попов А. А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем [Электронный ресурс]: монография. – НГТУ, 2013. – 296 с.	-
УДК: 681.5	Дилигенская, А.Н. Идентификация объектов управления: Учеб. пособ./ А. Н. Дилигенская – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2009.– 136 с.	-
http://e.lanbook.com/ books/element.php? pl1_id=68463	Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 208 с.	-

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
www.guap.ru	Библиотека ГУАП
https://docs.exponenta.ru/matlab/index.html	Язык технических вычисления MatLab
https://rscs.chemometrics.ru/old/Tutorials/matlab.htm	MatLab. Руководство для начинающих

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

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, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	21-21
2	Компьютерный класс	31-04

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться

100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

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

Вопросы для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов для дифф. зачета	Код индикатора
1	1.1. Идентификация. Предмет исследования теории идентификации. Идентификация в узком смысле. Различные постановки задачи идентификации в зависимости от объёма априорной информации	ПК-4.3.1

	об объекте. Идентификации в широком смысле. 1.2. Понятие модели системы. Виды моделей. Подходы к построению моделей. 1.3. Цели использования моделей объектов. Приёмы упрощения моделей. 1.4. Этапы построения моделей. 1.5. Постановка задачи идентификации. Основные задачи идентификации. 1.6. Основные составляющие задачи идентификации. 1.7. Идентификационный эксперимент. Формулировка задачи идентификации. Задача структурной идентификации. задача параметрической идентификации.	
2	2.1 Невязка. Функция потерь. Критерий идентификации. 2.2 Способы оценивания параметров моделей объектов. Подходы, основанные на использовании явных математических выражений. 2.3 Способы оценивания параметров моделей объектов. Процедуры оценивания с использованием настраиваемой модели. 2.4 Использование метода наименьших квадратов для оценивания параметров моделей (Л.Р. №2). 2.5 Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение одномерных и многомерных, статических и динамических моделей. 2.6 Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение детерминированных и стохастических, линейных и нелинейных моделей. 2.7 Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение непрерывных и дискретных, стационарных и нестационарных моделей. 2.8 Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение моделей с сосредоточенными и распределёнными параметрами. Характеристики типа «вход-выход» и описание в пространстве состояний. 2.9 Перечислить основные типы моделей систем. Дать определение структурированных и агрегированных, параметрических и непараметрических моделей. 2.10 Статические модели систем. Модели, линейные относительно оцениваемых параметров. Модели статических линейных многомерных объектов в скалярной и векторной форме. 2.11 Линейные динамические непрерывные параметрические модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений n-го порядка. 2.12 Линейные динамические непрерывные параметрические модели в форме передаточных функций. Передаточная функция при наличии транспортного запаздывания.	ПК-5.3.1 ПК-4.У.1
3	3.1 Описание в пространстве состояний динамического объекта, представленного в виде дифференциального уравнения высокого порядка с одним входом без входных производных. 3.2 Описание в пространстве состояний динамического объекта, представленного в виде дифференциального уравнения высокого порядка, содержащего производные от входной переменной. 3.3 Описание объектов в пространстве состояний. Определение начальных условий по переменным состояниям на основании	ПК-6.У.1

	начальных условий по входной и выходной координате, а также их производных. 3.4 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. 3.5 Переходная функция линейного стационарного динамического объекта. Связь переходной функцией, импульсной характеристикой и передаточной функцией. 3.6 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.	
--	--	--

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

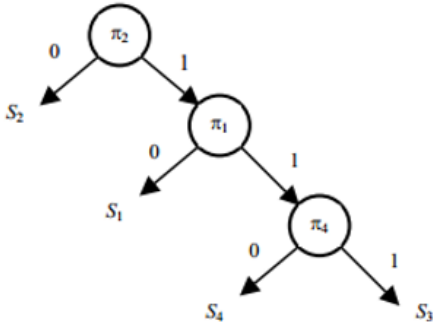
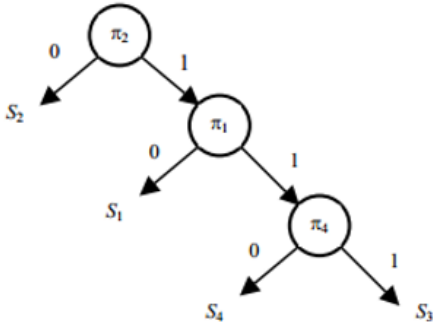
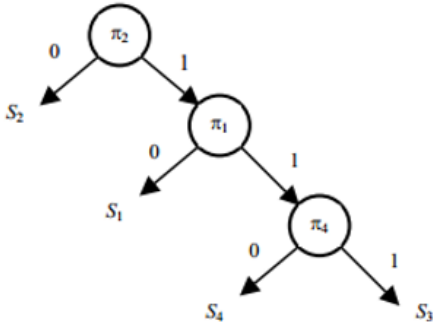
Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

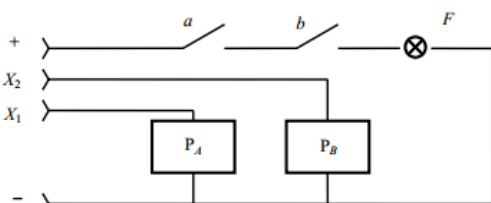
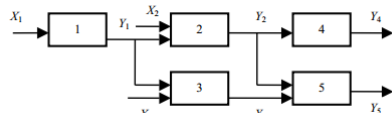
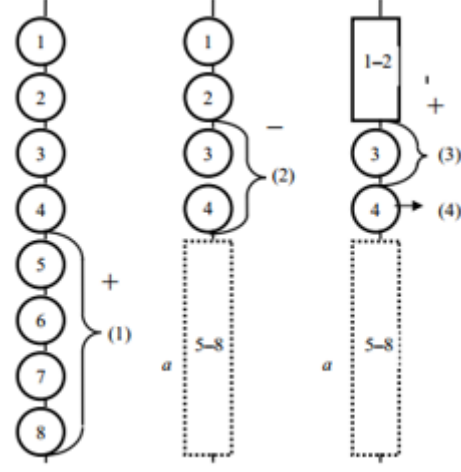
№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Определение параметров и структуры математической модели, обеспечивающих наилучшее совпадение выходных координат модели и объекта при одинаковых входных воздействиях. а) измерение; б) диагностика; в) идентификация; г) инженерный анализ.	ПК-4
2	По степени предварительной изученности методы идентификации бывают а) активные; б) пассивные; в) с невязкой; г) объекты, для которых известны уравнения и значения коэффициентов; д) «черный ящик».	
3	Укажите правильную последовательность этапов идентификации модели 1) выбор подхода к решению задачи и математического аппарата; 2) построение теоретической модели; 3) выбор и проведение экспериментов на ОУ; 4) подгонка параметров модели; к имеющимся экспериментальным данным - оценивание;	

	5) проверка модели на адекватность - диагностическая проверка. 6) определение цели получения модели; 7) выбор структуры модели из физических соображений; 8) определение ограничений и условий, учитываемых при построении модели.											
4	Дайте понятие тестового диагностирования											
5	Сопоставьте понятие и формулу <table><thead><tr><th>Номер линии</th><th>Назначение</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. Изменение вектора состояния</td><td>а) $e(t) = e(y(t), y_M(t, \beta)) = y(t) - y_M(t)$</td></tr><tr><td>2. Реакция модели</td><td>б) $y(t) = h(x(t), \eta(t), \beta(t), v(t), t)$</td></tr><tr><td>3. Наблюдаемый выходной сигнал</td><td>в) $\frac{dx}{dt} = f(x(t), u(t), \eta(t), \beta(t), t)$</td></tr><tr><td>4. Невязка</td><td>г) $y_M(t) = F(u(t), 0, \beta)$</td></tr></tbody></table>	Номер линии	Назначение	1. Изменение вектора состояния	а) $e(t) = e(y(t), y_M(t, \beta)) = y(t) - y_M(t)$	2. Реакция модели	б) $y(t) = h(x(t), \eta(t), \beta(t), v(t), t)$	3. Наблюдаемый выходной сигнал	в) $\frac{dx}{dt} = f(x(t), u(t), \eta(t), \beta(t), t)$	4. Невязка	г) $y_M(t) = F(u(t), 0, \beta)$	
Номер линии	Назначение											
1. Изменение вектора состояния	а) $e(t) = e(y(t), y_M(t, \beta)) = y(t) - y_M(t)$											
2. Реакция модели	б) $y(t) = h(x(t), \eta(t), \beta(t), v(t), t)$											
3. Наблюдаемый выходной сигнал	в) $\frac{dx}{dt} = f(x(t), u(t), \eta(t), \beta(t), t)$											
4. Невязка	г) $y_M(t) = F(u(t), 0, \beta)$											
6	Область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов или системы. а) метрология; б) идентификация; в) диагностика; г) инженерный анализ.	ПК-5										
7	К НМК относится: а) испытания при повышенных температурах; б) акустические; в) испытания на ударную нагрузку; г) токовыххревые; д) детекторные.											
8	Укажите правильную последовательность проведения непараметрической идентификации 1) разработка программного комплекса организационно-технологической системы; 2) структурная идентификация состояний; 3) прогнозирование состояний. 4) аналитическое исследование динамического и стационарного режимов 5) оценка эффективности											
9	Дайте понятие функционального диагностирования											
10	Сопоставьте понятие и схему <table><thead><tr><th>Номер линии</th><th>Назначение</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. Последовательный поиск методом половинного разбиения</td><td>  </td></tr><tr><td>2. Дерево условного теста</td><td> а) б) </td></tr></tbody></table>	Номер линии	Назначение	1. Последовательный поиск методом половинного разбиения		2. Дерево условного теста	а) б)					
Номер линии	Назначение											
1. Последовательный поиск методом половинного разбиения												
2. Дерево условного теста	а) б)											

			
	3. Логическая модель диагностирования	 в)	
	4. Функциональная МОД	 г)	
11	Какой тип кинематической схемы чаще всего используется в промышленных роботах? 1. Декартова (линейная). 2. Цилиндрическая. 3. Сферическая. 4. Антропоморфная (сочленённая).	ПК-6	
12	Какие из перечисленных задач могут выполнять промышленные роботы? 1. Сварка. 2. Покраска. 3. Управление персоналом. 4. Транспортировка грузов. 5. Проведение маркетинговых исследований.		
13	Соотнесите типы датчиков с их назначением в промышленных роботах Тип датчика 1. Энкодер 2. Датчик силы 3. Датчик температуры 4. Датчик вибрации Назначение А. Определяет положение и скорость вращения вала. В. Измеряет усилие, прикладываемое к объекту. С. Контролирует температуру в рабочей зоне. D. Обнаруживает вибрации для диагностики состояния оборудования.		
14	Восстановите последовательность этапов работы системы		

	управления промышленным роботом 1. Сбор данных от датчиков. 2. Обработка данных и принятие решений. 3. Формирование управляющих сигналов. 4. Передача сигналов на сервоприводы. 5. Контроль выполнения задачи.	
15	()— это датчики, которые используются для определения положения и скорости вращения валов в приводах промышленных роботов.	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1	1. 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 апериодического звена первого порядка с запаздыванием. Получить файл с результатами эксперимента. Загрузить исходные данные в рабочее пространство MatLab. 2. Определить значения производных выходного сигнала, соответствующие полученным значениям производных моменты времени, значения выхода в данные моменты времени, величину ступенчатого входного воздействия. 3. Определить постоянную времени и коэффициент усиления математической модели. 4. Определить время запаздывания 5. Построить графические зависимости. 6. Исследовать зависимость качества идентификации от интенсивности шума на выходе модели. Построить зависимости среднеквадратических значений ошибок идентификации параметров модели от интенсивности шума. Для получения различных реализаций случайного шума заданной интенсивности необходимо изменять значение параметра Seed (начальное значение генератора случайных чисел) блока Random Number.
2	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 $\Delta t = 0,1 \text{ c}$). 2. Получить реализацию выходного сигнала объекта при наличии шума измерения (амплитуда шума $sv = 0.1$). 3. Используя функцию <code>plot()</code> построить в одной системе координат графики переходного процесса без учёта и с учётом шума измерений. Выбрать интервал измерений, равный длительности переходного процесса и в дальнейшем использовать его при выполнении расчётов. 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</pre>

	<i>тело функции с выражениями, вычисляющими возвращаемые переменные</i> 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); [K0ms, T1kvms, T2ms] = F_MNKreg(ys,u,N,dt);</pre> Вывести на экран полученные параметры при помощи функции <code>disp()</code> ; Определить амплитуду шума, при которой оценка параметров ухудшается примерно на 15%, и в дальнейшем использовать данное значение амплитуды шума при выполнении вычислительных экспериментов. 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. 6. 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. 7. Произвести сглаживание зашумлённой переходной характеристики согласно методике, рассмотренной в п.5 теоретической части. 8. Используя обращение к разработанной ранее m-файл функции получить оценку параметров объекта идентификации после сглаживания шума измерений. Вывести на экран полученные параметры передаточной функции. Получить реализацию выходного сигнала и построить в имеющейся системе координат график переходного процесса. Рассчитать и вывести на экран математическое ожидание и среднеквадратическое значение ошибки выходного сигнала объекта с параметрами, полученными в результате идентификации после сглаживания шума измерений. 9. Разработать и сохранить в текущей директории m-файл функцию, реализующую явный МНК, описанный в разделе 4 теоретической части. 10. Для оценок параметров передаточной функции, полученных на основе применения явного МНК выполнить пп. 5 – 8 задания. При выполнении данного пункта графические зависимости строить в отдельном окне.
3	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 $\Delta t = 0,2 \text{ c}$). 2. Получить реализацию выходного сигнала объекта при наличии шума измерения (амплитуда шума $sv = 0.01$). 3. Используя функцию <code>plot()</code> построить в одной системе координат графики переходного процесса исследуемой системы без учёта и с учётом шума измерений. 4. Разработать и отладить программный модуль, реализующий рекуррентный алгоритм вычисления вектора параметров дискретной модели. 5. Используя разработанный программный модуль получить оценку параметров дискретной модели. При помощи функции <code>disp()</code> вывести полученные значения в командное окно MatLab. 6. 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. 7. 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. 8. 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. Вывести полученные значения в командное окно MatLab. Получить реализацию выходного сигнала идентифицированной непрерывной модели объекта при ступенчатом входном воздействии. Добавить полученную реализацию к уже построенным графикам. 9. Рассчитать СКО ошибки непрерывной модели. Полученное значение вывести в командное окно MatLab. 10. В отдельной системе координат построить график изменения оценок параметров дискретной модели в процессе идентификации. 11. Исследовать зависимость длительности процесса идентификации и ошибки полученной модели от амплитуды шума измерений. 12. Исследовать зависимость длительности процесса идентификации и ошибки полученной модели от периода дискретизации.
--	--

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. 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 обучающимися 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.

Структура предоставления лекционного материала:

Лекция состоит из трёх основных частей: вступительной, основной и заключительной.

Вступительная часть определяет название темы, план и цель лекции. Она призвана заинтересовать и настроить аудиторию. В этой части лекции излагается актуальность, основная идея, связь данной лекции с предыдущими занятиями, ее основные вопросы. Введение должно быть кратким и целенаправленным.

В основной части лекции реализуется научное содержание темы, все главные узловые вопросы, проводится вся система доказательств с использованием наиболее целесообразных методических приёмов. Каждый учебный вопрос заканчивается краткими выводами, логически подводящими студентов к следующему вопросу лекции.

Заключительная часть имеет целью обобщать в кратких формулировках основные идеи лекции, логически завершая её как целостное творение.

Отдельные виды лекций могут иметь свои особенности как по содержанию, так и по структуре.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Практические занятия проводятся в компьютерном классе с использованием пакета математического моделирования MatLab.

Практические занятия предполагают работу по индивидуальному заданию, связанному с идентификацией математических моделей динамических систем.

По результатам каждого практического задания должен быть подготовлен отчёт, содержащий необходимые теоретические сведения, листинги m-программ, построенные в процессе выполнения работы графические зависимости и т.п. Каждый отчёт должен

содержать выводы по проделанной работе и список используемых дополнительных источников.

Каждое практическое занятие завершается собеседованием с преподавателем по представленному отчёту с выставлением оценки.

11.3. 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.

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.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Контроль качества знаний проводится в форме индивидуального собеседования по материалу отдельных разделов дисциплины, а также проверки отчётов о выполнении практических заданий в таблице 5. Оценивание текущего контроля успеваемости, оценивается по системе зачет/ не зачет. Положительный результат текущего контроля успеваемости дает студенту дополнительный балл при проведении промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля могут учитываться при проведении промежуточной аттестации.

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».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она проводится в форме дифференцируемого зачёта.

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».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. Список вопросов (таблица 16) к промежуточной аттестации утверждается кафедрой и выдается студентам для ознакомления. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

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
23.06.2025 Куликовская А.В.	Актуализация РПД 2022 года приема, в связи с участием данной ОП в новой модели инженерного образования	23.06.2025 протокол №8	Солёный С.В.