

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»

Северодонецкий технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Кафедра управления инновациями в промышленности

УТВЕРЖДАЮ
Врио директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Р.Ю. Ткачев
«16» 02 2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов»

По направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Магистерская программа: «Автоматизированное управление технологическими процессами и производствами»

Северодонецк – 2026

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств». – 26 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки, специальности 15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.11.2020 № 1452 (с изменениями и дополнениями).

СОСТАВИТЕЛЬ:

Профессор, д.т.н. Стенцель И.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры управления инновациями в промышленности «02» 02 2026 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой _____  Е.А. Бойко

Переутверждена: «__» _____ 20__ г., протокол № _____.

Рекомендована на заседании Ученого совета Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» «16» 02 2026 г., протокол № 5.

Председатель Ученого совета
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» _____  Р.Ю. Ткачев

© Стенцель И.И., 2026 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2026 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью изучения дисциплины «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» является освоение основных элементов теории идентификации объектов управления, методов построения математических моделей объектов по результатам их экспериментальных исследований на основе математической обработки за их входными и выходными сигналами.

Задачей дисциплины «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» является - рассмотрение методов построения и практического использования систем цифровой обработки сигналов;

- приобретение и совершенствование навыков построения математических моделей объектов и систем управления и их исследования с применением компьютерных средств;

- усвоение методов системного подхода к исследованию технологических объектов, методов и алгоритмов анализа режимов их функционирования, методов структурной и параметрической идентификации, планирования эксперимента и оценивания адекватности идентификационных моделей;

- усвоение основных методов и алгоритмов получения экспериментальных моделей статических и динамических объектов и процессов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Для успешного освоения дисциплины «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» студент должен обладать знаниями по дисциплинам курса магистратуры.

Дисциплина «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» входит в Часть, формируемая участниками образовательных отношений «Дисциплины (модули)» Блока 1 подготовки студентов по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Дисциплина «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» служит фундаментом для ориентации студентов в сфере использования специализированных программных пакетов для цифровой обработки сигналов и идентификации объектов управления.

Основывается на базе дисциплин «Современная теория управления», «Компьютерные технологии в автоматизации и управлении» и является основой для изучения дисциплины «Научно-исследовательская работа».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен разрабатывать современные методы исследования	ОПК-11	ОПК-11.1. Знает: - Номенклатуру и принципы выбора современных технических средств и методов повышения достоверности информации отечественных и

автоматизированного оборудования в машиностроении		зарубежных производителей и методов повышения достоверности измерительной информации - Методику контроля современных технических средств отечественных и зарубежных производителей ОПК-11.2. Умеет: - применять методы и средства определения эксплуатационных характеристик оборудования, технических средств и систем автоматизации - Контролировать состояние технических средств управляющей части систем автоматизации, измерения, необходимые для информационного и метрологического обеспечения систем автоматизации ОПК-11.3. Владеет: - практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения и методами повышения достоверности измерительной информации - практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления при решении задач контроля
---	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объём учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объём часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108 (3 зач. ед)	108 (3 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	42	8
Лекции	14	2
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	6
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	66	100
Форма аттестации	зачет	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема1. Введение в обработку сигналов и идентификацию систем

Основные понятия и определения (сигнал, система, модель); классификация сигналов (аналоговые, дискретные, цифровые; детерминированные, случайные); задачи обработки сигналов в системах автоматизации; понятие идентификации объекта управления; общая постановка задачи идентификации.

Тема2. Математические основы обработки сигналов

Преобразование Фурье и его свойства; Z-преобразование и его применение; корреляционный анализ сигналов; спектральный анализ: периодограмма, метод Уэлча; основы теории случайных процессов.

Тема3. Методы цифровой фильтрации сигналов

Типы цифровых фильтров (КИХ, БИХ); методы проектирования фильтров (окна, частотная выборка, билинейное преобразование); алгоритмы быстрой свёртки; адаптивные фильтры и их применение в системах управления; примеры фильтрации реальных промышленных сигналов.

Тема4. Методы параметрической и непараметрической идентификации

Структурная и параметрическая идентификация; метод наименьших квадратов и его модификации; рекуррентный метод наименьших квадратов; метод максимального правдоподобия; непараметрические методы оценки характеристик объектов.

Тема5. Модели динамических объектов в задачах идентификации

Линейные модели (передаточные функции, пространства состояний); нелинейные модели (полиномиальные, нейросетевые, нечёткие); дискретные модели объектов управления; модели ARMAX, ARIMA, Box-Jenkins; выбор структуры модели и критерии адекватности.

Тема6. Планирование эксперимента для идентификации объектов

Требования к тестовым сигналам (импульсные, ступенчатые, синусоидальные, псевдослучайные двоичные последовательности); критерии оптимальности эксперимента; учёт помех и возмущений при планировании; методики проведения промышленных экспериментов; оценка информативности данных.

Тема7. Современные алгоритмы обработки сигналов и идентификации

Вейвлет-анализ и его применение для обработки нестационарных сигналов; методы машинного обучения в идентификации (нейронные сети, SVM); фильтрация Калмана и её модификации; многомерные методы анализа (PCA, PLS); применение алгоритмов в реальном времени.

Тема8. Практическое применение методов идентификации и обработки сигналов в промышленности

Примеры идентификации промышленных объектов (двигатели, теплообменники, химические реакторы); системы предиктивного обслуживания на основе обработки сигналов; мониторинг состояния оборудования по вибрационным сигналам; интеграция методов идентификации в АСУ ТП; обзор программных средств (MATLAB/Simulink, Python, LabVIEW) для реализации алгоритмов.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объём часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
3 семестр				
1.	Введение в обработку сигналов и идентификацию систем	2	-	1
2.	Математические основы обработки сигналов	2	-	
3.	Методы цифровой фильтрации сигналов	2	-	
4.	Методы параметрической и непараметрической идентификации	2	-	
5.	Модели динамических объектов в задачах идентификации	2	-	1
6.	Планирование эксперимента для идентификации объектов	2	-	
7.	Современные алгоритмы обработки сигналов и идентификации	1	-	
8.	Практическое применение методов идентификации и обработки сигналов в промышленности	1	-	
Итого:		14	-	2

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объём часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
3 семестр				
1.	Анализ сигналов во временной и частотной областях	10	-	6
2.	Проектирование и реализация цифровых фильтров	8	-	–
3.	Идентификация динамического объекта по экспериментальным данным	10	-	–
Итого:		28	-	6

4.5. Лабораторные работы по данной дисциплине «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» не предусмотрен.

№ п/п	Название темы	Объём часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
3 семестр				
1.				
2.				
3.				
Итого:				

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1.	Введение в обработку сигналов и идентификацию систем	Анализ сигналов во временной и частотной областях	20	-	30
2.	Математические основы обработки сигналов				
3.	Методы цифровой фильтрации сигналов	Анализ сигналов во временной и частотной областях	26	-	40
4.	Методы параметрической и непараметрической идентификации				
5.	Модели динамических объектов в задачах идентификации				
6.	Планирование эксперимента для идентификации объектов	Идентификация динамического объекта по экспериментальным данным	20	-	20
7.	Современные алгоритмы обработки сигналов и идентификации				

8.	Практическое применение методов идентификации и обработки сигналов в промышленности			
Итого:		66	-	100

4.7. Курсовые работы/проекты

Согласно учебному плану, курсовой проект (работа) по данной дисциплине «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» не предусмотрен.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведётся с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени; - технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы, постановка познавательных задач);

- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

- технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса, и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счёт объединения занятий в тематические блоки;

- технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

- технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

- технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путём конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Фрейман, В. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В. И. Фрейман. — Екатеринбург : Изд во Урал. ун та, 2019. — 168 с.
2. Мальцева, Н. С. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Н. С. Мальцева. — М. : МИСиС, 2020. — 212 с.
3. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова, А. Н. Назарова. — 3 е изд. — М. : Техносфера, 2012. — 1048 с. — ISBN 978-5-94836-331-9.
4. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебник для вузов / А. Б. Сергиенко. — 3 е изд. — СПб. : Питер, 2011. — 768 с. — ISBN 978-5-459-00350-6.

б) дополнительная литература:

1. Гольденберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов : справочник / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. — М. : Радио и связь, 1985. — 312 с.
2. Тропченко, А. Ю. Цифровая обработка сигналов. Методы предварительной обработки : учебное пособие / А. Ю. Тропченко, А. А. Тропченко. — СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. — 116 с.
3. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стирнз ; пер. с англ. — М. : Мир, 1989. — 440 с.
4. Даджион, П. Цифровая обработка многомерных сигналов / П. Даджион, Р. Мерсеро ; пер. с англ. — М. : Мир, 1988. — 488 с.

в) методические рекомендации:

г) интернет-ресурсы:

Министерство науки и высшего образования РФ – <https://minobrnauki.gov.ru/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации:

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	FirefoxMozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	MozillaThunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	FarManager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Фонд оценочных средств по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Методы идентификации и алгоритмы обработки сигналов»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ОПК-11. Способен разрабатывать современные методы исследования автоматизированного оборудования в машиностроении	Пороговый	Знать: Номенклатуру и принципы выбора современных технических средств и методов повышения достоверности информации отечественных и зарубежных производителей и методов повышения достоверности измерительной информации; методику контроля современных технических средств отечественных и зарубежных производителей
Основной		Базовый	Уметь: Применять методы и средства определения эксплуатационных характеристик оборудования, технических средств и систем автоматизации; контролировать состояние технических средств управляющей части систем автоматизации, измерения, необходимые для информационного и метрологического обеспечения систем автоматизации
Заключительный		Высокий	Владеть: Практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения и методами повышения достоверности измерительной информации; практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления при решении задач контроля

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-11	Способен разрабатывать современные методы исследования автоматизированного оборудования в машиностроении	ОПК-11.1. Знает: Номенклатуру и принципы выбора современных технических средств и методов повышения достоверности информации отечественных и зарубежных производителей и методов повышения достоверности измерительной информации - Методику контроля современных технических средств отечественных и зарубежных производителей ОПК-11.2. Умеет: - Применять методы и средства определения эксплуатационных характеристик оборудования, технических средств и систем автоматизации - Контролировать	Введение в обработку сигналов и идентификацию систем	3
				Математические основы обработки сигналов	3
				Методы цифровой фильтрации сигналов	3
				Методы параметрической и непараметрической идентификации	3
				Модели динамических объектов в задачах идентификации	3

		состояние технических средств управляющей части систем автоматизации, измерения, необходимые для информационного и метрологического обеспечения систем автоматизации ОПК-11.3. Владеет:	Планирование эксперимента для идентификации объектов	3
		- Практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения и методами	Современные алгоритмы обработки сигналов и идентификации	3
		повышения достоверности измерительной информации - Практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления при решении задач контроля	Практическое применение методов идентификации и обработки сигналов в промышленности	3

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-11	ОПК-11.1. Знает: - Номенклатуру и принципы выбора современных технических средств и методов повышения достоверности информации отечественных и зарубежных производителей и методов повышения достоверности измерительной информации - Методику контроля современных технических средств отечественных и зарубежных производителей ОПК-11.2. Умеет: - применять методы и средства определения эксплуатационных характеристик оборудования, технических средств и систем автоматизации - Контролировать состояние технических	Знать: понятия: аналоговые, дискретные, цифровые, детерминированные и случайные сигналы; основы обработки сигналов (преобразование Фурье, Z-преобразование, корреляционный и спектральный анализ); методы цифровой фильтрации (КИХ, БИХ, адаптивные фильтры); виды моделей динамических систем (линейные, нелинейные, дискретные); основные методы идентификации систем (МНК, метод максимального правдоподобия); критерии оценки точности моделей (MAE, RMSE, SNR). Уметь: анализировать сигналы во временной и частотной областях; проектировать цифровые фильтры с заданными характеристиками; строить математические модели объектов по экспериментальным данным; оценивать параметры моделей методами идентификации;	Тема1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема6. Тема 7. Тема 8.	Вопросы для контроля усвоения теоретического материала, реферат, выполнение задания на практических, лабораторных занятиях

		средств управляющей части систем автоматизации, измерения, необходимые для информационного и метрологического обеспечения систем автоматизации ОПК-11.3. Владеет: - практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения и методами повышения достоверности измерительной информации - практическими навыками реализации средств и систем автоматизации и управления при решении задач контроля	планировать эксперименты для идентификации объектов; обрабатывать сигналы с применением оконных функций; визуализировать результаты обработки (графики, диаграммы); рассчитывать показатели качества обработки сигналов. Владеть: инструментами: MATLAB/Simulink, Python (NumPy, Scipy, Matplotlib, Scikit-learn), LabVIEW; методами: спектрального и корреляционного анализа, вейвлет-преобразования, фильтрации Калмана; технологиями цифровой фильтрации (КИХ, БИХ, адаптивные фильтры); навыками структурной и параметрической идентификации, валидации моделей; методиками сбора и предварительной обработки данных с датчиков; подходами анализа «что-если» (What-If Analysis) для настройки систем управления; стандартами кибербезопасности и обмена данными (OPC UA); навыками подготовки технических отчётов и документации.		
--	--	--	---	--	--

3. Вопросы к контрольным работам (пороговый уровень)

1. Дайте определение сигнала. Приведите классификацию сигналов.
2. В чём отличие аналогового сигнала от дискретного и цифрового?
3. Сформулируйте теорему Котельникова (теорему дискретизации).
4. Что такое эффект наложения спектров (алиасинга)? Как его избежать?
5. Объясните физический смысл прямого и обратного преобразования Фурье.
6. Что показывает амплитудный спектр сигнала? Как его построить?
7. Для чего применяются оконные функции при спектральном анализе? Назовите 2–3 типа окон.
8. Что такое корреляционная функция сигнала? Как она используется в обработке сигналов?
9. Чем отличаются КИХ фильтры от БИХ фильтров? Укажите преимущества и недостатки каждого типа.
10. Перечислите основные этапы проектирования цифрового фильтра.
11. Что такое АЧХ и ФЧХ фильтра? Нарисуйте их для ФНЧ, ФВЧ и полосового фильтра.
12. Как влияет порядок фильтра на его характеристики?
13. Что такое адаптивный фильтр? Приведите пример его применения.
14. Объясните принцип работы фильтра Калмана. В каких задачах он применяется?
15. Дайте определение идентификации системы. Какие виды идентификации вы знаете?
16. В чём разница между структурной и параметрической идентификацией?
17. Опишите суть метода наименьших квадратов (МНК) для оценки параметров модели.
18. Что такое рекуррентный метод наименьших квадратов? В чём его преимущество перед обычным МНК?
19. Какие типы математических моделей используются для описания динамических объектов? Приведите примеры.
20. Что такое модель ARMAX? Для каких задач она применяется?
21. Перечислите критерии адекватности модели. Как оценить точность идентификации?
22. Что такое валидация модели? Зачем она нужна?
23. Какие тестовые сигналы используются для идентификации объектов? Назовите 3–4 типа.
24. В чём преимущества псевдослучайных двоичных последовательностей (ПСБП) перед ступенчатыми воздействиями?
25. Что такое критерий оптимальности эксперимента? Приведите пример.
26. Как учесть помехи и возмущения при планировании эксперимента?
27. Опишите этапы предварительной обработки промышленных данных (фильтрация, нормализация и т. д.).
28. Какие программные средства используются для цифровой обработки сигналов и идентификации? Кратко охарактеризуйте 2–3 пакета.
29. Приведите пример применения цифровых двойников с использованием методов идентификации в промышленности.
30. Как методы обработки сигналов и идентификации используются в системах предиктивного обслуживания оборудования?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «контрольная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90 – 100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75 – 89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50 – 74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

2. Вопросы для обсуждения (в виде индивидуальных заданий)

(базовый уровень)

Рефераты:

1. Теорема Котельникова и её роль в цифровой обработке сигналов: условия применения и практические ограничения.
2. Преобразование Фурье в обработке сигналов: прямое и обратное преобразование, физический смысл и области применения.
3. Оконные функции в спектральном анализе: сравнение окон Ханна, Хэмминга и Кайзера.
4. Корреляционный анализ сигналов: методы расчёта и применение в системах автоматизации.
5. КИХ фильтры: принципы проектирования, преимущества и недостатки по сравнению с БИХ фильтрами.
6. БИХ фильтры: методы синтеза и особенности применения в промышленных системах управления.
7. Адаптивная фильтрация: алгоритмы и примеры использования в обработке промышленных сигналов.
8. Вейвлет анализ как инструмент обработки нестационарных сигналов: преимущества перед преобразованием Фурье.
9. Фильтр Калмана: принцип работы, модификации и применение для оценки состояния динамических систем.
10. Метод наименьших квадратов (МНК) в задачах идентификации параметров моделей: алгоритм и примеры реализации.
11. Рекуррентный метод наименьших квадратов: особенности алгоритма и преимущества в задачах онлайн идентификации.
12. Модели ARMAX и их применение для описания динамических объектов управления: структура, идентификация параметров, примеры.
13. Планирование эксперимента для идентификации промышленных объектов: выбор тестовых сигналов и критерии оптимальности.
14. Цифровая обработка вибрационных сигналов для диагностики состояния оборудования: методы и алгоритмы.
15. Применение методов машинного обучения в идентификации динамических систем: обзор подходов и кейсы из промышленности.

Тесты:

1. Какой сигнал описывается непрерывной или кусочно-непрерывной функцией, причём и функция, и её аргумент могут принимать любые значения на заданных интервалах?

- а) дискретный сигнал;
- б) цифровой сигнал;
- в) аналоговый сигнал;
- г) квантованный сигнал.

2. Что утверждает теорема Котельникова?

а) сигнал можно восстановить без потерь, если частота дискретизации равна максимальной частоте сигнала;

б) сигнал можно восстановить без потерь, если частота дискретизации не менее чем в два раза выше максимальной частоты сигнала;

- в) сигнал нельзя восстановить без потерь при дискретизации;
- г) сигнал можно восстановить, если использовать фильтр нижних частот.

3. Что такое эффект алиасинга?

- а) искажение сигнала из-за недостаточной частоты дискретизации;
- б) усиление сигнала при фильтрации;
- в) уменьшение амплитуды сигнала;
- г) изменение фазы сигнала.

4. Какое преобразование используется для анализа сигнала во временной и частотной областях?

- а) преобразование Лапласа;
- б) преобразование Фурье;
- в) Z-преобразование;
- г) вейвлет-преобразование.

5. Для чего применяются оконные функции при спектральном анализе?

- а) для увеличения амплитуды сигнала;
- б) для уменьшения эффекта утечки спектра;
- в) для изменения частоты сигнала;
- г) для усиления высокочастотных составляющих.

6. Чем отличается КИХ-фильтр от БИХ-фильтра?

- а) КИХ имеет бесконечную импульсную характеристику, БИХ — конечную;
- б) КИХ имеет конечную импульсную характеристику, БИХ — бесконечную;
- в) КИХ работает только с цифровыми сигналами, БИХ — с аналоговыми;
- г) КИХ всегда имеет линейную фазу, БИХ — нелинейную.

7. Какой метод используется для оценки параметров модели по экспериментальным данным?

- а) метод главных компонент;
- б) метод Монте-Карло;
- в) метод наименьших квадратов (МНК);
- г) метод градиентного спуска.

8. Что такое рекуррентный метод наименьших квадратов?

- а) итеративный алгоритм оценки параметров модели в реальном времени;
- б) метод построения нелинейных моделей;
- в) способ фильтрации шумов;
- г) метод спектрального анализа.

9. Какой тип модели описывает систему с помощью передаточной функции или пространства состояний?

- а) статистическая модель;

- б) линейная динамическая модель;
- в) нейросетевая модель;
- г) нечёткая модель.

10. Что такое валидация модели?

- а) проверка адекватности модели на независимых данных;
- б) процесс построения модели;
- в) выбор структуры модели;
- г) сбор данных для идентификации.

11. Какой тестовый сигнал часто используется для идентификации динамических объектов?

- а) синусоидальный сигнал;
- б) ступенчатое воздействие;
- в) псевдослучайная двоичная последовательность (ПСБП);
- г) все перечисленные.

12. Что показывает амплитудный спектр сигнала?

- а) зависимость амплитуды от частоты;
- б) зависимость фазы от частоты;
- в) зависимость амплитуды от времени;
- г) зависимость энергии от времени.

13. Какой алгоритм используется для фильтрации сигналов с изменяющимися характеристиками?

- а) фильтр Калмана;
- б) БИХ-фильтр;
- в) КИХ-фильтр;
- г) фильтр Чебышева.

14. Что такое вейвлет-анализ?

- а) метод анализа стационарных сигналов;
- б) метод анализа нестационарных сигналов с временным и частотным разрешением;
- в) способ построения цифровых фильтров;
- г) алгоритм идентификации линейных систем.

15. Какой критерий используется для оценки точности модели?

- а) среднеквадратичная ошибка (RMSE);
- б) коэффициент корреляции;
- в) отношение сигнал/шум (SNR);
- г) всё перечисленное.

16. Что такое структурная идентификация?

- а) определение параметров модели при заданной структуре;
- б) выбор структуры модели (вида уравнения);
- в) проверка адекватности модели;
- г) построение графика переходного процесса.

17. Какой программный пакет часто используется для моделирования и обработки сигналов?

- а) MATLAB;
- б) Excel;
- в) Word;
- г) PowerPoint.

18. Что такое корреляционная функция сигнала?

- а) мера сходства сигнала с его сдвинутой копией;
- б) мера амплитуды сигнала;
- в) мера частоты сигнала;
- г) мера энергии сигнала.

19. Какой фильтр имеет линейную фазовую характеристику?

- а) БИХ-фильтр;

- б) КИХ-фильтр;
 - в) эллиптический фильтр;
 - г) фильтр Бесселя.
20. Что означает аббревиатура ARMAX?
- а) Adaptive Real-time Model Analysis;
 - б) AutoRegressive Moving Average with eXogenous inputs;
 - в) Advanced Real-time Measurement Algorithm;
 - г) Automatic Response Model Analysis.
21. Какой метод подходит для идентификации нелинейных систем?
- а) метод наименьших квадратов;
 - б) нейросетевые модели;
 - в) корреляционный анализ;
 - г) преобразование Фурье.
22. Что такое OPC UA?
- а) протокол обмена данными в промышленных системах;
 - б) тип цифрового фильтра;
 - в) метод идентификации;
 - г) вид сигнала.
23. Какой показатель оценивает качество фильтрации?
- а) отношение сигнал/шум (SNR);
 - б) частота дискретизации;
 - в) порядок фильтра;
 - г) амплитуда сигнала.
24. Что такое What-If Analysis?
- а) анализ чувствительности модели к изменениям параметров;
 - б) метод фильтрации сигналов;
 - в) способ сбора данных;
 - г) тип математической модели.
25. Какой инструмент подходит для визуализации данных и построения дашбордов?
- а) Power BI;
 - б) MATLAB;
 - в) Python (Matplotlib);
 - г) всё перечисленное.
26. Что такое цифровая обработка сигналов (ЦОС)?
- а) обработка аналоговых сигналов;
 - б) обработка дискретных сигналов с помощью цифровых алгоритмов;
 - в) передача сигналов по цифровым каналам;
 - г) усиление сигналов.
27. Какой метод используется для подавления шумов в сигналах?
- а) цифровая фильтрация;
 - б) корреляционный анализ;
 - в) спектральный анализ;
 - г) моделирование.
28. Что такое модель пространства состояний?
- а) описание системы через входные и выходные сигналы;
 - б) описание системы через переменные состояния, уравнения динамики и выхода;
 - в) график переходного процесса;
 - г) спектр сигнала.
29. Какой метод позволяет адаптировать параметры фильтра в реальном времени?
- а) адаптивная фильтрация;
 - б) оконное преобразование;

- в) быстрое преобразование Фурье;
 - г) Z-преобразование.
30. Что такое предиктивное обслуживание?
- а) ремонт оборудования после поломки;
 - б) плановое техобслуживание;
 - в) прогнозирование отказов оборудования на основе анализа сигналов;
 - г) замена компонентов по сроку службы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «разноуровневые задания и задачи»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями
4	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы
3	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач
2	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала

4. Вопросы к практическим работам

(высокий уровень)

- Какие типы сигналов (аналоговые, дискретные, цифровые; детерминированные, случайные) использовались в работе? Кратко охарактеризуйте их особенности применительно к вашей задаче.
- Как выбор частоты дискретизации повлиял на результаты анализа сигнала? Соблюдены ли условия теоремы Котельникова для избежания алиасинга?
- Какие методы анализа сигналов во временной области были применены? Приведите примеры полученных характеристик (амплитуда, длительность, форма импульса и т. д.).
- Какие методы спектрального анализа использовались для перехода в частотную область? Опишите полученные результаты (доминирующие частоты, гармоники, шумы).
- Для чего применялись оконные функции при анализе спектра? Сравните результаты с разными окнами (например, Ханна и Хэмминга) — какое показало лучшую разрешающую способность?

6. Какие типы цифровых фильтров (КИХ, БИХ) проектировались в работе? Обоснуйте выбор конкретного типа фильтра для вашей задачи.

7. Какие требования предъявлялись к характеристикам фильтра (частота среза, неравномерность в полосе пропускания, подавление в полосе заграждения)? Насколько итоговая АЧХ соответствует заданным параметрам?

8. Какие алгоритмы фильтрации были реализованы? Оцените эффективность фильтрации по критериям SNR (отношение сигнал/шум) и RMSE (среднеквадратичная ошибка).

9. Какие тестовые сигналы использовались для идентификации динамического объекта? Почему выбраны именно они (ступенчатое воздействие, синусоидальный сигнал, ПСБП и т. д.)?

10. Какую структуру математической модели вы выбрали для описания объекта (апериодическое звено, модель ARMAX, пространство состояний и т. п.)? Обоснуйте свой выбор.

11. Какой метод идентификации применялся для оценки параметров модели (МНК, рекуррентный МНК, метод максимального правдоподобия)? Почему выбран именно он?

12. Как оценивалась адекватность построенной модели? Приведите значения метрик (MAE, RMSE) и опишите визуальные методы проверки (сравнение графиков отклика модели и реального объекта).

13. Как проводилась валидация модели на независимых данных? Совпали ли результаты идентификации и валидации? Если нет, укажите возможные причины расхождений.

14. Какие программные инструменты (MATLAB/Simulink, Python и т. п.) использовались для выполнения работы? Приведите пример ключевого фрагмента кода или блок-схемы алгоритма.

15. В каких реальных промышленных системах или задачах могут быть применены методы и алгоритмы, освоенные в ходе этой работы? Приведите 2–3 конкретных примера (например, диагностика оборудования по вибрационным сигналам, предиктивное обслуживание, настройка регуляторов в АСУ ТП).

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству
«практическая работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Практическая работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Практическая работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Практическая работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Практическая работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

**5. Оценочные средства для промежуточной аттестации
(зачет)**

1. Дайте классификацию сигналов. Приведите примеры аналоговых, дискретных и цифровых сигналов в промышленных системах.

2. Сформулируйте теорему Котельникова. Как выбрать частоту дискретизации, чтобы избежать алиасинга?
3. Что такое эффект алиасинга? Опишите способы его предотвращения при обработке сигналов.
4. Объясните физический смысл прямого и обратного преобразования Фурье. Где они применяются?
5. Что показывает амплитудный спектр сигнала? Как его построить с помощью БПФ?
6. Для чего применяются оконные функции при спектральном анализе? Сравните окна Ханна и Хэмминга.
7. Что такое корреляционная функция сигнала? Приведите пример её применения в системах автоматизации.
8. Чем отличаются стационарные и нестационарные сигналы? Какие методы анализа подходят для нестационарных сигналов?
9. Что такое вейвлет преобразование? В чём его преимущество перед преобразованием Фурье для анализа нестационарных сигналов?
10. Как интерпретировать фазовый спектр сигнала? Приведите пример, где фазовая информация важна.
11. Чем отличаются КИХ фильтры от БИХ фильтров? Укажите преимущества и недостатки каждого типа.
12. Перечислите основные этапы проектирования цифрового фильтра. Как выбрать порядок фильтра?
13. Что такое АЧХ и ФЧХ фильтра? Нарисуйте их для ФНЧ, ФВЧ и полосового фильтра.
14. Как влияет выбор оконной функции на характеристики КИХ фильтра при проектировании методом окон?
15. Опишите метод билинейного преобразования для синтеза БИХ фильтров. Какие искажения он вносит?
16. Что такое адаптивный фильтр? Приведите пример его применения в промышленности.
17. Объясните принцип работы фильтра Калмана. В каких задачах он применяется?
18. Как оценить эффективность фильтрации? Назовите и поясните 2–3 метрики качества (например, SNR, RMSE).
19. Какие типы цифровых фильтров используются для подавления узкополосных помех? Приведите пример.
20. Что такое линейная фазовая характеристика? Какие фильтры её обеспечивают и почему это важно?
21. Дайте определение идентификации системы. Какие виды идентификации вы знаете (параметрическая, непараметрическая)?
22. В чём разница между структурной и параметрической идентификацией? Приведите примеры.
23. Опишите суть метода наименьших квадратов (МНК) для оценки параметров модели. Каковы его ограничения?
24. Что такое рекуррентный метод наименьших квадратов? В чём его преимущество перед обычным МНК?

25. Какие типы математических моделей используются для описания динамических объектов? Приведите примеры моделей ARMAX, пространства состояний.

26. Какие тестовые сигналы используются для идентификации объектов? Сравните ступенчатое воздействие и ПСБП.

27. Что такое валидация модели? Как проверить адекватность модели на независимых данных?

28. Назовите 2–3 критерия адекватности модели. Как оценить точность идентификации (приведите формулы MAE, RMSE)?

29. Что такое активный и пассивный эксперимент в идентификации? Приведите примеры их применения.

30. Как методы обработки сигналов и идентификации используются в системах предиктивного обслуживания оборудования? Приведите конкретный пример из промышленности.

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации «зачет»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
зачтено	Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
не зачтено	Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
- продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобренны изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)