Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИФиРЭ
_____ А.В. Минаков
«15» ____12____ 2022 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Адаптивная обработка сигналов

Группа научных специальностей 2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь
Научная специальность 2.2.4 Приборы и методы измерения (по видам измерений)

Красноярск 2022

2

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями
Группа научных специальностей /научная специальность
2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь /2.2.4 Приборы и методы измерения (по видам измерений)».

Программу составил А.С.Глинченко _____

Заведующий кафедрой «Радиоэлектронные системы» Ф.В.Зандер_____
«26_»_октября___2022__г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Радиоэлектронные системы»

«26_»_октября___2022__г протокол № 2

Заведующий кафедрой РЭС _.Ф.В.Зандер /_____/
Дополнения и изменения в учебной программе на 20__/20__ учебный год.
В учебную программу вносятся следующие изменения:
_____
_____
_____
_

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
«____» _____ 20__г. протокол № _____

Заведующий кафедрой _____
(*фамилия, и. о., подпись*)

Внесенные изменения **УТВЕРЖДАЮ**:

Директор института ИИФРЭ А.В. Минаков /_____/

## 1. Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1. Цель преподавания дисциплины

**Целью** преподавания дисциплины «Адаптивная обработка сигналов» для аспирантов является углубленное теоретическое и практическое освоение новых эффективных методов и средств обработки сигналов, позволяющее аспиранту успешно вести научные исследования с их использованием и выполнять разработки, направленные на создание радиоэлектронных измерительных систем, устройств и приборов с качественно новыми функциональными и техническими характеристиками.

### 1.2. Задачи изучения дисциплины

К задачам изучения дисциплины относится овладение:

знаниями методов анализа и синтеза систем адаптивной обработки сигналов (АОС) на основе новых эффективных алгоритмов обработки и средств автоматизированного проектирования, моделирования и аппаратно-программной реализации;

умениями применять полученные знания к решению прикладных задач АОС в различных областях профессиональной деятельности в соответствии с требованиями квалификационной характеристики направления подготовки аспирантов.

### 1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Аспирант, изучивший курс «Адаптивная обработка сигналов», должен

знать:

- физические и математические основы преобразования сигналов при адаптивной обработке и связанные с ними искажения и погрешности;
- оптимальные математические алгоритмы адаптивной цифровой фильтрации и спектрального анализа сигналов;
- методы и критерии синтеза адаптивных цифровых фильтров и оценки их точности;

уметь:

- сформулировать задачу исследования точности и помехоустойчивости системы, использующей адаптивные и не адаптивные алгоритмы обработки сигнала;
- обосновать в процессе исследования необходимые параметры адаптации системы;

- выбрать наиболее эффективный алгоритм адаптации системы;
- выполнить синтез адаптивного цифрового фильтра на ЭВМ;
- определить необходимую разрядность процессора исходя из требуемой точности обработки;
- провести моделирование адаптивной обработки на ЭВМ;
- выбрать современные программно-инструментальные средства исследования и реализации адаптивных систем;

владеть:

- методами системного анализа и синтеза алгоритмов АОС;
- программно-инструментальными средствами исследования и автоматизированного проектирования аппаратного и программного обеспечения АОС;

1.4. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Для изучения дисциплины необходимы знания в рамках базовых дисциплин подготовки магистров и дипломированных специалистов по родственным направлениям и специальностям.

Знания и умения, приобретенные в процессе изучения этой дисциплины, используются для научно-исследовательской работы и научно-исследовательской практики и при работе над главами и соответствующими разделами кандидатской диссертации.

Дисциплина является факультативной.

1.5 Особенности реализации дисциплины.

Дисциплина реализуется на русском языке

## 2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Объем дисциплины и виды учебной работы приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

| Вид учебной работы | Всего, зачетных единиц (акад. часов) | Семестр | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| **Общая трудоемкость дисциплины** | 2/72 | | | 2/72 | |
| **Контактная работа с преподавателем:** | 0,78/28 | | | 0,78/28 | |
| занятия лекционного типа | 0,39/14 | | | 0,39/14 | |
| практические занятия<br>лабораторные работы | 0,39/14 | | | 0,39/14 | |
| **Самостоятельная работа обучающихся:** | 1,22/44 | | | 1,22/44 | |
| **Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)** | зачет | | | зачет | |

## 3. Содержание дисциплины

3.1. Модули и разделы дисциплины, виды занятий в часах (тематический план занятий)

| № п/п | Темы занятий | Занятия лекционного типа | Лабораторные работы | Самостоятельная работа, |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Раздел 1. Введение в адаптивную обработку сигналов. Алгоритмы оптимальной винеровской фильтрации. | 2 | 2 | 8 |
| 2 | Раздел 2. Алгоритмы адаптации и линейного предсказания. | 4 | 4 | 10 |
| 3 | Раздел 3. Анализ – синтез сигналов и подавление помех на основе адаптивного линейного предсказания. | 4 | 4 | 12 |
| 4 | Раздел 4. Адаптивное подавление помех по эталонному сигналу, идентификация и моделирование объектов. | 4 | 4 | 14 |
| | Итого: | 14 | 14 | 44 |

3.2. Занятия лекционного типа

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование занятий | Объем в акад. часах |
|---|---|---|---|
| 1 | 1. | Введение в адаптивную обработку сигналов. Алгоритмы оптимальной винеровской фильтрации.<br>Тема 1.1. Методы и задачи адаптивной обработки сигналов. Оптимальная винеровская фильтрация.<br>Содержание и логическая структура курса.<br>Определение адаптивной обработки сигналов, основные понятия, классификация алгоритмов и систем адаптивной обработки сигналов.<br>Базовая структура системы адаптивной обработки сигналов. Задачи, решаемые с помощью адаптивной обработки сигналов.<br>*Функции АОС, реализуемые в среде графического программирования Matlab, LabView.<br>Точный алгоритм адаптации Винера.<br>Уравнение Винера-Хопфа.<br>Квазиоптимальная винеровская фильтрация.<br>*Расчет коэффициентов оптимального фильтра Винера.<br>*Программирование фильтра Винера средствами Matlab, LabView. | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | 2. | Алгоритмы адаптации и линейного предсказания.<br>Тема 2.1. Итерационные градиентные и рекурсивные алгоритмы адаптации. Основные принципы методов градиентного поиска. Итерационный градиентный поиск методом Ньютона.<br>Градиентный поиск методом наискорейшего спуска.<br>*Идеальный алгоритм.*Алгоритмы случайного поиска.<br>Оценка градиента и процесс адаптации.<br>Метод наименьших квадратов (алгоритм МНК).<br>Рекурсивный алгоритм наименьших квадратов (алгоритм РНК).<br>Характеристики качества адаптивных алгоритмов.<br>*Сравнение адаптивных алгоритмов.<br>*Программирование алгоритмов адаптации МНК и РНК средствами Matlab, LabView.<br>Тема 2.2. Адаптивный нерекурсивный фильтр как линейное предсказывающее устройство. Задача линейного предсказания. Решение задачи линейного предсказания во временной области. Вычисление коэффициентов линейного предсказания.<br>*Решение задачи линейного предсказания в частотной области.<br>Структурные схемы линейного предсказания вперед и назад, на один шаг, на М шагов.<br>*Ошибки предсказания и условия устойчивости.<br>*Программирование алгоритма адаптивного линейного предсказания средствами Matlab, LabView. | 2<br><br>2 |
| 3 | 3. | Анализ – синтез сигналов и подавление помех на основе алгоритмов линейного предсказания.<br>Тема 3.1. Анализ-синтез сигналов на основе линейного предсказания.<br>Применение линейного предсказания для анализа речи.<br>Применение линейного предсказания для синтеза речи.<br>Спектральный анализ сигналов с помощью линейного предсказания.<br>Решетчатые адаптивные цифровые фильтры.<br>*Программирование алгоритмов линейного предсказания средствами Matlab, LabView.<br>Тема 3.2. Подавление шумов и помех на основе алгоритмов линейного предсказания.<br>Применение алгоритма линейного предсказания для подавления периодической помехи. Следящий фильтр на основе линейного предсказания. Адаптивное обнаружение слабых сигналов на основе линейного предсказания.<br>*Программирование подавления шумов и помех с помощью линейного предсказания средствами Matlab, LabView. | 2<br><br>2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 4. | Адаптивное подавление помех по эталонному сигналу, идентификация и моделирование объектов.<br>Тема 4.1. Адаптивное подавление помех при наличии эталонного сигнала. Алгоритмы адаптивного подавления помех при наличии эталонного сигнала.<br>Подавление стационарных помех.<br>*Влияние попадания составляющих сигнала на эталонный вход.<br>Адаптивный режекторный фильтр. Подавление многих помех. Подавление помех в речевых сигналах.<br>*Подавление отражений в длинных линиях.<br>*Подавление помех в боковых лепестках диаграммы направленности антенн.<br>*Программирование прикладных задач адаптивной обработки сигналов средствами Matlab, LabView. | 2 | |
| | | Тема 4.2. Адаптивное моделирование и идентификация систем. Адаптивные системы идентификации объектов. Адаптивные системы моделирования объектов и процессов. Применение адаптивного моделирования для синтеза цифровых КИХ-фильтров. Адаптивные системы обратного моделирования (адаптивные корректоры).<br>*Адаптивное выравнивание телефонных каналов.<br>*Компенсация многолучевого распространения.<br>*Программирование прикладных задач адаптивной обработки сигналов средствами Matlab, LabView. | 2 | |
| | | Тема 4.3. Новые направления и перспективы развития АОС. *Нелинейные алгоритмы АОС.*Методы сингулярного спектрального анализа случайных сигналов.*Современные аппаратно-программные средства реализации АОС. | | |

Примечание: вопросы, помеченные символом (*), выносятся на самостоятельную работу.

## 3.3. Занятия семинарского типа

| № п/п | № разделадисциплины | Наименование занятий | Объем в акад. часах | |
|---|---|---|---|---|
| | | | всего | в том числе в инновационной форме |
| 1 | 1 – 4 | Изучение технологии программирования и исследования адаптивной обработки сигналов в Matlab, LabView (2 | 2 | |
| 2 | 1 | Исследование оптимальной винеровской фильтрации сигналов (2 часа). | 2 | |
| 3 | 2 | Исследование итерационных алгоритмов адаптации и адаптивного линейного предсказания. (2 часа). | 2 | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 3 | Исследование адаптивного подавления помех на основе линейного предсказания (4 часа). | 4 | 2 |
| 5 | 4 | Исследование адаптивной компенсации помех и идентификации и моделирования объектов (4 часа). | 4 | 2 |

## 4. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Глинченко А. С. Адаптивная обработка сигналов [Электронный ресурс]: электрон. учебное пособие. – Красноярск: СФУ. Режим доступа: «Электронные образовательные ресурсы СФУ».

2. Глинченко А. С. Программирование и исследование адаптивной обработки сигналов / [Электронный ресурс]: электрон. учебное пособие. – Красноярск: СФУ. Режим доступа: «Электронные образовательные ресурсы СФУ».

3. Джиган В. И. Адаптивные фильтры. М., Техносфера, 2013.

4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. Учебник для вузов. – 3-е изд. – СПб.: BHV, 2011. 768 с. Число экз. в библ.5.

5. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink/ СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 432 с. Доступ в сети Интернет.

6. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / А.И. Солонина, Д.А. Улахович., С. М. Арбузов, Е. Б. Соловьева. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 768 с. Число экз. в библ. 3.

7. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание: Пер. с англ. –М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. –992 с. Число экз. в библ. 3.

8. Кехтарнаваз Н., Ким Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW/ Пер. с англ. –М .: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. –304 с.

9. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. –М.: Радио и связь, 1989. –440 с. Число экз. в библ. 5.

10. Федосов В. П., Нестеренко А. К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / под ред. В. П. Федосова. –М.: ДМК Пресс, 2007. –472 с. Число экз. в библ. 5.

11. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. /Под ред. К. Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта. –М.: Мир, 1988. –392 с.

12. Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. 464 с.Число экз. в библ. 3.

13. Марпл.-мл. С. Л. Цифрвой спектральный анализ и его приложения.: Пер. с англ. –М.: Мир, 1990. –584 с.

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение)

1. Среда графического программирования LabVIEW.
2. Система MatLab 6(7.3) + Simulink 5 (учебная).
3. Программные средства собственной разработки (программы синтеза цифровых фильтров (4), программа структурного моделирования систем ЦОС SDCAD, программа спектрально-корреляционного анализа сигналов SCANA).

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1 Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]: - http://elibrary.ru
2 Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]: - http://www.znanium.com
3 Электронная естественнонаучная библиотека [Электронный ресурс]: - http://bib.tiera.ru

## 5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

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

Учебный класс ПЭВМ, научная лаборатория «Цифровая обработка сигналов».

Устройства ввода-вывода данных для разработки и реализации систем ЦОС на базе ПЭВМ.

Модули разработки и реализации систем ЦОС на базе ПЛИС.

Модули разработки и реализации систем ЦОС на основе ЦСП.