

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Электротехника и электроника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

М.1.3.2.2 «Цифровая обработка сигналов»

направления подготовки

15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
профиль «Автоматизация технологических процессов и производств»

форма обучения – очная

курс – 1

семестр – 2

зачетных единиц – 3

часов в неделю – 3

всего часов – 108

в том числе:

лекции – 8

коллоквиумы – нет

лабораторные занятия – нет

практические занятия – 46

самостоятельная работа – 54

экзамен – 2 семестр

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является формирование компетенций и навыков, связанных с использованием методов анализа структуры сигналов различной природы в рамках профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение базовых методов и алгоритмов анализа дискретных сигналов и систем;
- изучение методов анализа стационарных процессов;
- изучение методов анализа нестационарных процессов;
- изучение методов цифровой фильтрации и предварительной обработки экспериментальных данных.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Данная учебная дисциплина относится к дисциплинам по выбору блока М.1.3 учебного плана подготовки магистра в соответствии с профилем «Искусственный интеллект и нейротехнологии».

Для изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» необходимы компетенции, сформированные в ходе изучения дисциплины «Теория эксперимента в исследованиях систем».

Курс «Цифровая обработка сигналов» содержательно и методологически взаимосвязан с курсом «Искусственный интеллект и обработка больших данных».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, используются при изучении дисциплины «Системы реального времени», в преддипломной практике, при выполнении научно-исследовательской работы и подготовке ВКР.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

***ПК-15** – способностью разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством на основе проблемно-ориентированных методов.*

Знает: базовые методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов, включая вероятностные и спектральные методы анализа временных рядов; методы частотно-временного анализа экспериментально регистрируемых сигналов со сложным поведением; методы количественного описания сложности динамики систем различной природы; возможности программных пакетов, применяемых для исследования качества выпускаемой продукции,

изучения особенностей, контроля и диагностики производственных и технологических процессов.

Умеет: использовать программное обеспечение, реализующее алгоритмы спектрально-корреляционного анализа и анализа нестационарных процессов, а также разрабатывать новое программное обеспечение, реализующее алгоритмы различных методов анализа временных рядов.

Владеет: способностью к обработке различных видов экспериментальных данных с применением стандартных методов анализа стационарных процессов и специальных методов анализа нестационарных процессов; способностью к проведению анализа производственных и технологических процессов с помощью имеющегося и разработанного программного обеспечения, реализующего алгоритмы цифровой обработки сложных сигналов; способностью проводить исследования качества выпускаемой продукции, изучения особенностей, контроля и диагностики производственных и технологических процессов.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
2 семестр									
1	1-8	1	Базовые методы и алгоритмы анализа дискретных сигналов и систем	44	4			20	20
1	9-12	2	Методы цифровой фильтрации	30	2			10	18
1	13-18	3	Методы анализа нестационарных процессов	34	2			16	16
Всего				108	8			46	54

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
2 семестр				
1	4	1.	Базовые методы и алгоритмы анализа дискретных сигналов и систем. Дискретные сигналы, их представление в частотной области. Преобразование Фурье, его основные свойства. Z-преобразование. Дискретное преобразование Фурье. Расчет Фурье-преобразования по	1-5, 7, 9-15

			временному ряду. Влияние конечной длины реализации на проводимые расчеты, способы устранения эффектов утечки энергии. Применение оконных функций. Корреляционный анализ случайных процессов. Связь между корреляционной функцией и спектром мощности. Особенности расчета корреляционных функций. Методы расчета спектральных характеристик. Преобразование Гильберта, его основные свойства и методы расчета.	
2	2	2.	Методы цифровой фильтрации. Линейные стационарные фильтры. Импульсная характеристика, комплексная частотная характеристика, амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики, передаточная функция. Нерекурсивные и рекурсивные фильтры. КИХ-фильтры. БИХ-фильтры. Фильтрация сигналов на основе дискретного вейвлет-преобразования. Многомасштабный анализ на основе вещественных базисных функций. Вейвлеты Хаара и Добеши. Реализация вейвлет-фильтров, использующих дискретное вейвлет-преобразование. Фильтрация с применением комплексных вейвлет-базисов.	1-4, 7-15
3	2	3.	Методы анализа нестационарных процессов. Непрерывное вейвлет-преобразование. Сопоставление Фурье- и вейвлет-преобразований. Обратное преобразование. Свойства базисных функций вейвлет-преобразования. Частотно-временная локализация. Возможности вейвлет-анализа. Флуктуационный анализ. Задачи об одномерных случайных блужданиях. Проблема исследования длительных корреляций нестационарных процессов. Метод DFA. Обобщение преобразования Гильберта на случай многочастотных процессов - преобразование Гильберта-Хуанга. Понятие об эмпирических модах, их вычисление по временному ряду.	1, 2, 6-12, 14, 15

6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрены учебным планом

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отработываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
2 семестр				
1	4	1-2	Дискретные сигналы, их представление в частотной области. Расчет преобразования Фурье.	1-5, 7, 9-15
1	6	3-5	Расчет Фурье-преобразования по временному ряду малой длительности. Оконный спектральный анализ. Сравнение характеристик различных оконных функ-	1-5, 7, 9-15

			ций.	
1	6	6-8	Вероятностные методы анализа временных рядов. Корреляционный анализ случайных процессов.	1-5, 7, 9-15
1	4	9-10	Метод аналитического сигнала. Методы вычисления преобразования Гильберта, их сопоставление.	1-5, 7, 9-15
2	4	11-12	Нерекурсивные и рекурсивные фильтры. КИХ-фильтры. БИХ-фильтры.	1-4, 7-15
2	6	13-15	Фильтрация сигналов на основе дискретного вейвлет-преобразования. Реализация вейвлет-фильтров, использующих дискретное вейвлет-преобразование.	1-4, 7-15
3	4	16-17	Непрерывное вейвлет-преобразование. Сопоставление Фурье- и вейвлет-преобразований.	1, 2, 6-12, 14, 15
3	4	18-19	Многомасштабный анализ нестационарных процессов.	1, 2, 6-12, 14, 15
3	4	20-21	Флуктуационный анализ. Метод DFA.	1, 2, 6-12, 14, 15
3	4	22-23	Метод эмпирических мод, расчет преобразования Гильберта-Хуанга.	1, 2, 6-12, 14, 15

8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Литература
1	2	3	4
2 семестр			
1	20	Базовые методы и алгоритмы анализа дискретных сигналов и систем. Моментные функции, взаимные ковариационные и взаимные корреляционные функции. Сравнение точности вычисления автокорреляционных и взаимных корреляционных функций. Функция когерентности. Параметрические методы определения спектров. Z-преобразование. Анализ эффектов длительных корреляций.	1-5, 7, 9-15
2	18	Методы цифровой фильтрации. Вейвлеты Хаара и Добеши. Проведение вейвлет-фильтрации с применением комплексных базисов и избыточных преобразований (фреймов). Сравнение качества фильтрации для вещественных и комплексных вейвлет-базисов.	1-4, 7-15
3	16	Методы анализа нестационарных процессов. Сравнительный анализ преобразования Гильберта-Хуанга и непрерывного вейвлет-преобразования. Вейвлет-анализ сигналов с различными особенностями. Анализ сингулярностей нестационарных данных с помощью вейвлетов. Метод максимумов модулей вейвлет-преобразования.	1, 2, 6-12, 14, 15

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС.

Темы рефератов (выступлений):

1. Преобразование Фурье, его основные свойства.
2. Z-преобразование.
3. Расчет Фурье-преобразования по временному ряду конечной длительности.
4. Спектральная плотность мощности.
5. Расчет ковариационных и корреляционных функций.
6. Метод аналитического сигнала.
7. Методы цифровой фильтрации зашумленных сигналов.
8. Применение вейвлетов в задачах цифровой фильтрации.
9. Непрерывное вейвлет-преобразование.
10. Сравнительный анализ Фурье и вейвлет-преобразования.
11. Дискретное вейвлет-преобразование.
12. Методы анализа нестационарных процессов.
13. Флуктуационный анализ.
14. Метод эмпирических мод.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА.

Реферат является научной работой, поскольку содержит в себе элементы научного исследования. В связи с этим к нему должны предъявляться требования по оформлению, как к научной работе. Эти требования регламентируются государственными стандартами, в частности:

- ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».
- ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.80-2000 «Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.82—2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Формат

Реферат должен быть выполнен на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297 мм) через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным. Гарнитура шрифта основного текста — «Times New Roman» или аналогичная, кегль (размер) от 12 до 14 пунктов. Размеры полей (не менее): правое — 10 мм, верхнее, нижнее и левое — 20 мм. Формат абзаца: полное выравнивание («по ширине»), отступ — 8–12 мм, одинаковый по всему тексту.

Заголовки разделов и подразделов следует печатать на отдельной строке с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Выравнивание по центру или по левому краю. Отбивка: перед заголовком — 12 пунктов, после — 6 пунктов.

Нумерация

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту (титульный лист включают в общую нумера-

цию). Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки. На титульном листе номер не проставляют.

Титульный лист

В верхней части титульного листа пишется, в какой организации выполняется работа, далее буквами увеличенного кегля указывается тип («Реферат») и тема работы, ниже в правой половине листа — информация, кто выполнил и кто проверяет работу. В центре нижней части титульного листа пишется город и год выполнения.

Библиография

Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в виде номера источника в квадратных скобках.

Библиографическое описание (в списке источников) состоит из следующих элементов:

- основного заглавия;
- обозначения материала, заключенного в квадратные скобки;
- сведений, относящихся к заглавию, отделенных двоеточием;
- сведений об ответственности, отделенных наклонной чертой;
- при ссылке на статью из сборника или периодического издания – сведений о документе, в котором помещена составная часть, отделенных двумя наклонными чертами с пробелами до и после них;
- места издания, отделенного точкой и тире;
- имени издателя, отделенного двоеточием;
- даты издания, отделенной запятой.

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом

11. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом

12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается в проведении устного экзаменационного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала, оценка способности студента применить полученные ранее знания; в проведении модулей как способов межсессионной проверки знаний, умений, навыков студента в середине семестра по пройденным темам изучаемого предмета.

Показателем оценивания степени усвоения знаний этого является оценка, полученная на экзамене при ответе на вопросы для экзамена. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для экзамена. При этом руководствуются следующими критериями.

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения (де-скрипторы)
Отлично	заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Хорошо	заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
Удовлетворительно	заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине.

Умения и навыки, приобретенные при преподавании рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения практических заданий, включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить. Показателем оценивания степени усвоения знаний является оценка, полученная при представлении

материалов и докладе по выданной теме. Оценка выставляется по четырех-бальной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа представленного материала в ответ на практические контрольные задания. При этом руководствуются следующими критериями:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)
Отлично	Оценка «Отлично» выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения практической работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Хорошо	Оценка «Хорошо» выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.
Удовлетворительно	Оценка «Удовлетворительно» выставляется студенту, если задание на практическую работу выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполнивших на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе.
Неудовлетворительно	Оценка «Неудовлетворительно» выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине

Процедура оценивания знаний, умений, навыков включает учет успешности выполнения практических работ, самостоятельной работы и сдачу экзамена.

Вопросы для зачета

Не предусмотрен учебным планом

Вопросы для экзамена

1. Классификация сигналов.
2. Основные свойства преобразования Фурье.
3. Представление дискретных сигналов в частотной области.
4. Z-преобразование.
5. Дискретное преобразование Фурье.
6. Расчет Фурье-преобразования по временному ряду конечной длительности.
7. Влияние конечной длины реализации на результаты спектрального анализа.
8. Применение оконных функций при расчете спектров.
9. Характеристики оконных функций.
10. Корреляционный анализ случайных процессов.
11. Теорема Винера-Хинчина.
12. Особенности расчета корреляционных функций.
13. Методы расчета спектральных характеристик.
14. Преобразование Гильберта, его основные свойства и методы расчета.
15. Линейные стационарные фильтры, их характеристики.
16. Нерекурсивные и рекурсивные фильтры.
17. КИХ-фильтры. БИХ-фильтры.
18. Фильтрация сигналов на основе дискретного вейвлет-преобразования.
19. Многомасштабный анализ на основе вещественных базисных функций.
20. Вейвлеты Хаара и Добеши.
21. Реализация вейвлет-фильтров, использующих дискретное вейвлет-преобразование.
22. Фильтрация с применением комплексных вейвлет-базисов.
23. Непрерывное вейвлет-преобразование.
24. Сопоставление Фурье- и вейвлет-преобразований.
25. Свойства базисных функций вейвлет-преобразования.
26. Частотно-временная локализация. Возможности вейвлет-анализа.
27. Флуктуационный анализ. Задачи об одномерных случайных блужданиях.
28. Проблема исследования длительных корреляций нестационарных процессов. Метод DFA.
29. Преобразование Гильберта-Хуанга.

30. Понятие об эмпирических модах, их вычисление по временному ряду.

Контрольные задания

Задание № 1. Спектральный анализ.

1) Расчет спектра мощности периодического сигнала. Выбор оптимальных значений параметров алгоритма: количества сегментов (периодограмм), длины сегмента, вида оконной функции.

2) Расчет спектра мощности случайного процесса. Сравнение результатов, полученных для различных оконных функций.

Задание № 2. Корреляционный анализ

1) Расчет автокорреляционной функции (АКФ) периодического сигнала. Сопоставление результатов при различных значениях длительности реализации (100% и 10% от предлагаемого временного ряда).

2) Расчет автокорреляционной функции случайного процесса. Оценка времени корреляции и определение закона спадающей огибающей АКФ. Анализ чувствительности результатов к выбору длительности реализации.

Задание № 3. Преобразование Гильберта

1) Проведение расчетов преобразования Гильберта двумя способами: непосредственно по определению и с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье. Сопоставление полученных результатов.

2) Исследование наличия синхронности между взаимодействующими системами по временным рядам.

Задание № 4. Непрерывное вейвлет-преобразование

1) Расчет частотно-временного спектра тестового примера с использованием базисной функции Морле.

2) Вейвлет-анализ нестационарного процесса (предложенный преподавателем вариант сложного сигнала).

Задание № 5. Цифровая фильтрация

1) Цифровая фильтрация зашумленного сигнала с применением КИХ-фильтра.

2) Цифровая фильтрация зашумленного сигнала с применением БИХ-фильтра.

3) Вейвлет-фильтрация на основе базисных функций семейства Добеши.

14. Образовательные технологии

Для успешного освоения дисциплины в ходе изложения материала используются лекции на основе мультимедийных презентаций. При изложении материала лектор обсуждает проблемные вопросы, направленные на практическую и самостоятельную деятельность студента.

Для развития самостоятельной активности в изучении материала студентам предлагается использование интернет-ресурсов (электронных каталогов, специализированных порталов и сайтов), подготовка к участию в дискуссиях по предлагаемым темам курса, выступление с рефератами. По всем

практическим и самостоятельным работам студентам предлагается индивидуальное задание.

При решении задач по программированию студенты делятся на пары. Члены каждой микрогруппы придумывают тесты для проверки задачи коллеги, а также проверяют решения друг друга.

При обучении лиц с ограниченными возможностями и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

Для достижения планируемых результатов также используются следующие образовательные технологии:

1. Дистанционные на основе информационно-образовательной среды СГТУ имени Гагарина Ю.А., позволяющей реализовать возможности самостоятельного изучения материалов по всем видам образовательной деятельности в соответствии с учебным планом, в том числе до прохождения занятий, а также текущего дистанционного консультирования студентов.

2. Развивающее проблемно-ориентированное обучение, направленное на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения на основе рассмотрения примеров из практической деятельности преподавателей, в области научно-практических исследований.

3. Личностно-ориентированное обучение, обеспечивающее в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе в рамках самостоятельной работы.

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основная литература

1. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / А. Оппенгейм, Р. Шафер — Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 1048 с.

Режим доступа:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363295.html>

<http://www.iprbookshop.ru/26906>

2. Гадзиковский, В. И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / Гадзиковский В. И. — Электрон. текстовые данные.— Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2013. - 766 с.

Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/26929>

3. Шостак А.С. Прием и обработка сигналов. Часть 1 [Электронный ресурс]: курс лекций/ Шостак А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск:

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 161 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14021>

4. Шостак А.С. Прием и обработка сигналов. Часть 2 [Электронный ресурс]: курс лекций/ Шостак А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 87 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14022>

5. Дворкович, В. П. Оконные функции для гармонического анализа сигналов [Текст] / Дворкович В. П. - Москва : Техносфера, 2014. - 112 с.

Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/31874>

2. Дополнительная литература

6. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB [Электронный ресурс] / Н.К. Смоленцев. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 628 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

7. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Умняшкин С.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 368 с.— *Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/26902.html>.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

8. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров [Электронный ресурс]/ Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 577 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

3. Периодические издания

9. Успехи физических наук –

Режим доступа: <https://ufn.ru>

10. Цифровая обработка сигналов –

Режим доступа: <http://www.dsps.ru>

4. Интернет-ресурсы

11. Павлов А.Н. Методы анализа сложных сигналов:

http://chaos.sgu.ru/inno_project/2008/1292/posobie1292_3.pdf

12. Интернет - энциклопедия Wikipedia: <http://ru.wikipedia.org>

13. Цифровая обработка сигналов | Видеолекции Физтеха

<http://lectoriy.mipt.ru/course/RadioTechnology-DigitalSignalProcessing-15L>

14. Информационно-обучающая система Саратовского государственного технического университета: <https://portal3.sstu.ru/Pages/Default.aspx>

Источники ИОС

15. Все лекционные и учебно-методические материалы размещены в электронной форме в ИОС СГТУ имени Гагарина Ю.А.

https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.04.04_1/M.1.3.2.2_1/default.aspx

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные и практические занятия проходят с использованием компьютеров в типовой аудитории, оборудованной специализированной учебной мебелью, техническими средствами обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска).

Для проведения практических занятий требуются компьютерные классы с программным обеспечением (Microsoft Office 2007/2010, Matlab), рассчитанные на обучение группы студентов из 15–20 человек, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям, работающие под управлением операционной системы Microsoft Windows XP или Windows 7 с подключением к сети Internet.

Электронная библиотека вуза:

<http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib>

Электронная информационно-образовательная среда:

<https://portal.sstu.ru>