



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



Декан ~~Буднев Н.М.~~ Буднев Н.М.

«22» апреля 2020 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) ФТД.02 Цифровая обработка сигналов

Направление подготовки 10.03.01 Информационная безопасность

Тип образовательной программы академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки № 4 "Безопасность автоматизированных систем"
(по отрасли или в сфере профессиональной деятельности)

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 25 от «21» апреля 2020 г.
Председатель ~~Буднев Н.М.~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 8
От «20» марта 2020 г.
И.О.Зав. кафедрой ~~Колесник С.Н.~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2020 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля):	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП:	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля).....	4
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	4
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.....	5
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	5
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	6
6.1. План самостоятельной работы студентов.....	6
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	7
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	7
а) основная литература.....	7
б) дополнительная литература	7
в) программное обеспечение:	7
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	7
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):	7
10. Образовательные технологии:.....	8
11. Оценочные средства (ОС):	8
11.1. Оценочные средства для входного контроля.....	8
11.2. Оценочные средства текущего контроля.....	8
11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).	8

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Цели и задачи дисциплины состоят в овладении обучающимися основами теории дискретных сигналов и систем, методы спектрального анализа и фильтрации дискретных сигналов, алгоритмы синтеза дискретных фильтров, влияние эффектов квантования и конечной точности вычислений на работу цифровых устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Учебная дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к факультативным дисциплинам.

Для изучения дисциплины необходимы базовые знания по следующим предметам: «Электричество, магнетизм и волновая оптика», «Электроника и схемотехника», «Математический анализ».

Полученные знания могут использоваться при прохождении преддипломной практики и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

общепрофессиональных компетенций:

ОПК-7: способностью определять информационные ресурсы, подлежащие защите, угрозы безопасности информации и возможные пути их реализации на основе анализа структуры и содержания информационных процессов и особенностей функционирования объекта защиты.

профессиональные компетенции:

ПК-7: способностью проводить анализ исходных данных для проектирования подсистем и средств обеспечения информационной безопасности и участвовать в проведении технико-экономического обоснования соответствующих проектных решений

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-7	математическое описание методов цифровой обработки сигналов для анализа функционирования объекта защиты
ПК-7	методы анализа дискретных данных для проектирования подсистем и средств обеспечения информационной безопасности

Уметь:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-7	использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы для изучения методов цифровой обработки сигналов, применяемых при анализе структуры и содержания информационных процессов и особенностей функционирования объекта защиты

Владеть:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-7	основными методами цифровой обработки, реализованными в технических средствах защиты информации

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры		
			8	
Аудиторные занятия (всего)	44/1,22		44/1,22	
Из них объем занятий с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий		-		-
В том числе:		-		-
Лекции	22/0,61		22/0,61	
Практические занятия (ПЗ)	22/0,61		22/0,61	
Семинары (С)				
Лабораторные работы (ЛР)				
Самостоятельная работа (всего)	20/0,56		20/0,56	
В том числе:		-		-
Курсовой проект (работа)				
Расчетно-графические работы				
Реферат (при наличии)				
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)	8/0,22		8/0,22	
Контактная работа (всего)	52/1,44		52/1,44	
Общая трудоемкость	часы	72	72	
	зачетные единицы	2	2	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).

Раздел 1. Основы анализа сигналов

1.1 Ряд Фурье, формы записи, примеры

1.2. Преобразование Фурье, примеры расчета, свойства

1.3. Корреляционный анализ, связь между КФ и спектрами сигналов

1.4. Преобразование Лапласа

1.5. Комплексная огибающая, преобразование Гильберта, спектр аналитического сигнала

Раздел 2. Дискретные сигналы

2.1. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы, аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование, частота Найквиста, спектр дискретного сигнала, влияние формы дискретизирующих импульсов

2.2. Теорема Котельникова, восстановление радиосигнала по отсчетам видеосигнала, квадратурная дискретизация узкополосных сигналов

2.3. Z-преобразование, примеры вычисления z-преобразования, связь z-преобразования с преобразованиями Лапласа и Фурье, свойства z-преобразования, обратное z-преобразование

Раздел 3. Дискретные системы

3.1. Сущность линейной дискретной обработки, импульсная характеристика, функция передачи, нули и полюсы, полюсы и вычеты

3.2 Рекурсивные и нерекурсивные дискретные фильтры

3.3 Формы реализации дискретных фильтров каноническая форма, транспонированная форма, последовательная (каскадная) форма, параллельная форма

Раздел 4. Спектральный анализ

4.1. Свойства дискретного преобразования Фурье, восстановление непрерывного сигнала с помощью ДПФ, матрица ДПФ, связь ДПФ и спектра дискретного сигнала

4.2 Алгоритм быстрого преобразования Фурье, БПФ с прореживанием по времени, БПФ с прореживанием по частоте, основание алгоритма БПФ

4.3. Взаимосвязь ДПФ и фильтрации, ДПФ как дискретная фильтрация дискретная фильтрация с помощью ДПФ, растекание спектра, весовые функции

Раздел 5. Проектирование дискретных фильтров

5.1. Проектирование дискретных фильтров, синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу.

5.2. Метод билинейного z-преобразования

5.3. Метод инвариантной импульсной характеристики

5.4. Прямые методы синтеза

5.5. Субоптимальные методы, субоптимальный синтез нерекурсивных фильтров

5.6. Синтез с использованием окон, фильтры с косинусоидальным сглаживанием

АЧХ

Раздел 6. Эффекты квантования в цифровых системах

6.1 Форматы отрицательных чисел, с фиксированной и плавающей запятой

6.2 Шум квантования, неравномерное квантование

6.3 Квантование коэффициентов цифровых фильтров, масштабирование

6.4 Переполнение, округление результатов

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
1.	Преддипломная практика	P1	P2	P3	P4	P5	P6
2.	Выпускная квалификационная работа	P1	P2	P3	P4	P5	P6

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Основы анализа сигналов	2					2
2.	Дискретные сигналы	4	4			4	12
3.	Дискретные системы	4	4			4	12
4.	Спектральный анализ	4	6			4	14
5	Проектирование дискретных фильтров	4	4			4	12
6	Эффекты квантования в цифровых системах	4	4			4	12

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	2	Дискретные сигналы	4	Письменный текущий контроль	ОПК-7 ПК-7
2	3	Дискретные системы	4	Письменный текущий контроль	ОПК-7 ПК-7
3	4	Спектральный анализ	6	Письменный текущий контроль	ОПК-7 ПК-7
4	5	Проектирование дискретных фильтров	4	Письменный текущий контроль	ОПК-7 ПК-7
5	6	Эффекты квантования в цифровых системах	4	Письменный текущий контроль	ОПК-7 ПК-7

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
3	Компаратор, триггер Шмидта, стабилизаторы, конвер отрицательного сопротивления, гиратор	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	Подготовка к практическим занятиям, анализ литературы по теме	Источники из основной и дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступных по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	4
4	Задачи на преобразование Фурье, Лапласа.				4
5-7	Задачи на вычисление АЧХ цепей, импульсной характеристики и динамического описания				4
8-9	Восстановление непрерывного сигнала по дискретным отсчетам				4
10-11	Импульсные и частотные характеристики цифровых фильтров				4

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируется компетенция ОПК-7, ПК-7.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Планом не предусмотрено

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Вадутов, О. С. Электроника. Математические основы обработки сигналов : учебник и практикум для вузов / О. С. Вадутов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 307 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6551-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451375>

б) дополнительная литература

1. Умняшин С.В. Теоретические основы цифровой обработки сигналов 2012 г. ЭБС «Айбукс». (Неограниченный доступ) <http://ibooks.ru/reading.php?productid=339871>
2. Цифровая обработка сигналов. Издание 3-е, исправленное. Оппенгейм А., Шафер Р. Москва: Техносфера, 2012 г. , 1048 с. ЭБС «Айбукс». (Неограниченный доступ) <http://ibooks.ru/reading.php?productid=339869>

в) программное обеспечение:

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: АТ30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно.
4. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/> . Бессрочно.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ИГУ http://library.isu.ru/ru/resources/edu_resources/index.html
2. БД книг и продолжающихся изданий http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT
3. Электронный читальный зал «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
4. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Практикум организован на базе универсальной рабочей станции «National Instrument ELVIS» и платы расширения «EMONA-SIGEX». В состав станции входит функциональный генератор, осциллограф, мультиметр, анализатор спектра, Боде-плоттер и другие приборы.

Рабочее место преподавателя включает необходимую аппаратуру для проведения теоретических занятий и демонстраций, оснащено мультимедийным проектором, персональным компьютером.

10. Образовательные технологии:

На лекциях используются активные методы обучения (презентации и компьютерные симуляции). Практические занятия проводятся в интерактивной форме.

Практикум организован на базе универсальной рабочей станции «National Instrument ELVIS» и платы расширения «EMONA-SIGEX». В состав станции входит функциональный генератор, осциллограф, мультиметр, анализатор спектра, Боде-плоттер.

11. Оценочные средства (ОС):

11.1. Оценочные средства для входного контроля.

Не предусмотрено

11.2. Оценочные средства текущего контроля.

Текущий контроль реализуется в виде письменного текущего контроля. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенции ПК-4. Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете. Назначение оценочных средств ТК – выявить сформированность компетенций ОПК-7, ПК-7.

Вопросы для письменного текущего контроля:

1. Что такое дискретный сигнал? Имеют ли физический смысл его характеристики и операции, производимые над ним? Почему?
2. Приведите формулу для вычисления свертки дискретных сигналов бесконечной длительности.
3. Какой смысл имеет круговая частота дискретного гармонического сигнала? В каких единицах она измеряется? Почему ее невозможно однозначно определить?
4. При каком условии дискретный гармонический сигнал является периодическим?
5. Чему равна частота Найквиста? Чем объясняется ее важность в системах дискретной обработки сигналов?
6. Приведите формулы прямого и обратного преобразования Фурье в дискретном времени.
7. Какой дискретный сигнал аналогичен дельта-функции по своим спектральным свойствам?
8. Приведите формулу, связывающую спектры аналогового и дискретизированного сигналов.
9. (В тестовом задании будут фигурировать конкретные числовые значения) Вещественный гармонический сигнал с частотой ... Гц дискретизируется с частотой ... Гц. Чему равна минимально возможная нормированная частота (в радианах на отсчет) получившегося дискретного гармонического сигнала? Приведите соответствующие расчеты.
10. Приведите формулу прямого z-преобразования. При каких значениях z определена данная функция?
11. Приведите формулы, описывающие дискретный односторонний экспоненциальный сигнал и его z-преобразование. Какова область определения z-преобразования данного сигнала?
12. Как связано преобразование Фурье в дискретном времени с z-преобразованием?
13. Какая линия играет роль частотной оси на z-плоскости? Какие точки z-плоскости соответствуют нулевой частоте и частоте Найквиста?
14. Чему равно z-преобразование свертки двух дискретных сигналов? Приведите соответствующую формулу.
15. Как на структурных схемах дискретных устройств обозначается блок, осуществляющий задержку дискретного сигнала на один отсчет? Почему?

16. Дайте определения свойствам линейности, стационарности и причинности.
17. Почему линейная стационарная система с частотно-избирательными свойствами должна обязательно обладать памятью?
18. Приведите формулу алгоритма дискретной фильтрации и поясните использованные в ней обозначения.
19. Что такое порядок дискретного фильтра? В чем разница между порядком и длиной дискретного фильтра?
20. Дайте определение импульсной характеристики дискретной системы. При каких начальных условиях она определяется? Как с помощью импульсной характеристики описывается преобразование сигнала дискретной системой во временной области?
21. Что такое функция передачи дискретной системы? В каком стандартном виде ее можно записать для линейной стационарной причинной системы?
22. (В тестовом задании будет фигурировать конкретный рисунок) По приведенному графику расположения нулей и полюсов функции передачи на комплексной плоскости определите, к какому типу (ФНЧ, ФВЧ, полосовой или режекторный фильтр) относится данный фильтр. Ответ обосновать.
23. Запишите формулу для импульсной характеристики дискретного фильтра, выразив ее через параметры разложения функции передачи на простые дроби (полюсы и вычеты). Предполагается, что кратных полюсов система не имеет.
24. Дайте определение устойчивости и сформулируйте условие устойчивости линейной стационарной дискретной системы. Какие дискретные системы (рекурсивные и/или нерекурсивные) могут быть неустойчивыми и почему?
25. Запишите функцию передачи дискретного фильтра второго порядка. Каковы условия устойчивости такого фильтра? (Фильтр считать вещественным.)
26. Запишите формулу для функции передачи резонатора второго порядка, настроенного на частоту ω_0 . Что регулирует оставшийся в формуле свободный параметр? Какие значения он может принимать при условии сохранения устойчивости фильтра?
27. Какие типы симметрии может быть у нерекурсивных фильтров? Чему равны ФЧХ и групповая задержка для симметричных фильтров?
28. Изобразите структурную схему прямой формы реализации дискретного рекурсивного фильтра.
29. Изобразите структурную схему канонической формы реализации дискретного рекурсивного фильтра.
30. Изобразите структурную схему транспонированной формы реализации дискретного рекурсивного фильтра. Каково главное достоинство этой схемы?
31. Запишите формулы прямого и обратного ДПФ.
32. Как связаны друг с другом результаты ДПФ и спектр дискретного сигнала (преобразование Фурье в дискретном времени)? Приведите соответствующую формулу.
33. Изобразите частотную шкалу ДПФ. Чему равен шаг частотной сетки ДПФ?
34. (В тестовом задании будут фигурировать конкретные числовые значения) Частота дискретизации сигнала равна ... Гц, размерность ДПФ $N = \dots$. Какой частоте соответствует результат вычисления ДПФ, имеющий индекс $n = \dots$ (нумерация начинается с нуля)? Привести соответствующие расчеты.
35. В чем заключается основная идея алгоритма быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени?
36. Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления ДПФ по прямой формуле, от длины преобразуемого сигнала? Привести соответствующую формулу.
37. Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления быстрого преобразования Фурье, от длины преобразуемого сигнала? Привести соответствующую формулу, считая, что длина сигнала равна степени двойки.
38. Каким образом можно вычислить линейную свертку с помощью круговой свертки?

Для чего используется такой способ ее вычисления?

39. Опишите процедуру фильтрации в частотной области методом перекрытия с суммированием

40. Что такое растекание спектра? Каковы причины этого явления? Как борются с этим эффектом?

41. Каков типичный набор исходных данных при проектировании фильтра нижних частот?

42. Опишите процедуру синтеза дискретного фильтра по аналоговому прототипу методом билинейного z-преобразования.

43. Приведите формулу, описывающую трансформацию частотной оси при билинейном z преобразовании.

44. У какого фильтра нижних частот крутизна спада АЧХ больше — у аналогового прототипа или у дискретного фильтра, синтезированного по этому прототипу методом билинейного z-преобразования? Ответ обосновать.

45. На каких частотах дискретный фильтр, синтезированный методом билинейного z преобразования, имеет такой же комплексный коэффициент передачи, как аналоговый прототип при частоте, стремящейся к бесконечности?

46. В каких целях используются весовые функции при прямом оптимальном синтезе дискретных фильтров?

47. Запишите формулу для целевой функции, используемой при прямом синтезе дискретных фильтров по заданной АЧХ в случае $p = \infty$. Какой характерной чертой обладают частотные характеристики нерекурсивных фильтров, синтезированных данным методом?

48. Опишите процедуру прямого синтеза нерекурсивного дискретного фильтра оконным методом. Какие искажения идеализированной АЧХ происходят при использовании данного метода синтеза?

49. Как рассчитать импульсную характеристику идеализированного фильтра по его частотной характеристике? Приведите соответствующую формулу.

50. Приведите формулу для импульсной характеристики идеального фильтра нижних частот, изобразите АЧХ и ФЧХ данного фильтра.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).

Форма промежуточного контроля – зачет. Зачет выставляется по итогам изучения дисциплины в течение семестра при условии положительных результатов защиты всех лабораторных работ, предусмотренных программой.

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций ОПК-7, ПК-7 и проводится в форме зачета. Для реализации промежуточного контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

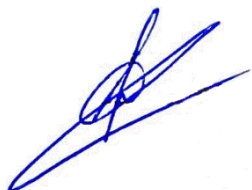
Зачет выставляется по сумме баллов, полученных при изучении дисциплины.

Усвоение бакалавром изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Из них 90 баллов обучающийся может набрать в течение семестра и от 0 до 10 баллов могут быть даны в качестве «премиальных» баллов за активные формы работы, высокое качество выполненных лабораторных и т.д.

Параметры оценочного средства для аттестации в форме зачета.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
0-59 баллов	«не зачтено»
60-100 баллов	«зачтено»

Разработчик:



Колесник С.Н.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники
«20» марта 2020 г.

Протокол № 8 И.О.Зав. кафедрой



Колесник С.Н.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.