**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Алгоритмы цифровой обработки сигналов

Numerical Processing Signal Algorithms

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 4

Регистрационный номер рабочей программы: 042891

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Курс посвящен основам теории цифровой обработки сигналов, а также освоению практических навыков применения методов цифровой обработки сигналов к анализу реальных сигналов и разработке управляющих систем и датчиков на основе ЭВМ.  
После освоения курса обучающиеся должны уметь самостоятельно применять методы цифровой обработки сигналов для решения задач анализа сигналов и разработки систем передачи данных, систем управления и датчиков.

Для достижения этих целей на занятиях рассматриваются основные теоремы теории линейных систем, теорема Котельникова о дискретизации линейных сигналов, методы спектрального анализа дискретных и непрерывных сигналов, ДПФ, БПФ, преобразование Гильберта, БИХ и КИХ линейная фильтрация, методы анализа и синтеза линейных фильтров, особенности практической реализации алгоритмов ЦОС.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Дисциплина изучается в 3-м семестре обучения. Обучающиеся должны обладать математической культурой, обычно приобретаемой к данному этапу обучения, и изучить курсы линейной алгебры, математического анализа, комплексного анализа.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

После освоения курса обучающиеся должны знать основные понятия, методы и подходы, применяемые в теории цифровой обработки сигналов, указанные в разделе 2.2.

Уметь применять полученные знания в практической работе.

Уметь расширить и углубить свои знания по специализированной литературе (например, из списка дополнительной литературы 3.4.2), а также иметь возможность приступить к изучению современных работ, пытаться понимать их проблематику и оценивать ценность излагаемых в этих работах результатов.

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Самостоятельная работа без участия преподавателя: индивидуальная работа с литературой из списка 3.4, или предложенной преподавателем, или самостоятельно выбранной обучающимся в целях удовлетворения личных познавательных потребностей.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 3 | 16 | 16 | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 72 |  | 36 |  | 20 | 4 |
|  | 1-50 | 1-25 | 1-50 |  |  |  |  |  | 1-50 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 16 | 16 | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 72 |  | 36 |  |  | 4 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 3 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

1. Временные ряды и линейные дискретные системы.
2. Равномерная дискретизация непрерывного сигнала.
3. Дискретное преобразование Фурье.
4. Быстрое преобразование Фурье.
5. Линейная фильтрация с конечной импульсной характеристикой (КИХ)
6. Линейная фильтрация с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ)
7. Специализированные фильтры и банки фильтров
8. Квадратурная модуляция (QAM).
9. Дискретное преобразование Гильберта.
10. Изменение частоты дискретизации сигнала.
11. Усреднение сигнала
12. Представление дискретных сигналов в ЭВМ
13. Дополнительные главы.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Обучение проводится последовательно путем чтения лекций с закреплением полученных знаний в ходе самостоятельной работы. На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения вопросы. Для некоторых утверждений и следствий из основных теорем могут быть даны лишь наброски доказательств, детальная проработка которых должна быть проделана обучающимся самостоятельно и, желательно, без обращения к учебным пособиям, статьям и прочим источникам.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При выполнении самостоятельной работы обучающиеся имеют возможность пользоваться специализированными источниками, приведенными в разделе 3.4 и Интернет-ресурсами.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Показателем, характеризующим текущую учебную работу, является вовлечённость в работу на занятиях и состоит, например, в уточняющих вопросах, отслеживании деталей доказательств утверждений, нахождении возможных неточностей в доказательствах.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Промежуточная аттестация состоит из следующих этапов. Если обучающийся не принимал активного участия в работе на занятиях, то до получения экзаменационного билета ему необходимо ответить на 3-5 вопросов на знание определений и формулировок из списка основных вопросов в п. 3.1.4. При успешном ответе на вопросы, обучающийся может либо сразу получить оценку «удовлетворительно», либо взять билет с двумя вопросами: по первой и по второй части курса. При активной работе обучающегося на занятиях достаточно ответить только на один (любой) вопрос из билета. Для получения оценки «хорошо» необходимо подробно ответить на экзаменационные вопросы. Для получения оценки «отлично» требуется (после успешного ответа на теоретические вопросы) решить предложенную задачу.

На первом занятии преподаватель доводит до обучающихся информацию о сроках проведения экзамена и условиях аттестации.

Список основных вопросов:

1. Временные ряды и дискретные системы. Линейные дискретные системы инвариантные к сдвигу.
2. Коммутативность ЛДИС. Импульсная характеристика.
3. Дискретизация непрерывного сигнала. Алиасинг. Дискретизация низкочастотных сигналов.
4. Дискретизация сигналов в полосе частот.
5. Дискретное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. Утечка между отсчетами ДПФ. Окна. Потея амплитуды для некратных частот.
6. Разрешение ДПФ, дополнение нулями и связь с дискретизацией спектра сигнала. Усиление сигнала в результате ДПФ.
7. ДПФ прямоугольного окна.
8. Быстрое преобразование Фурье. Вывод БПФ-2, перестановка битов в индексах.
9. Фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ). Связь со сверткой, теорема о свертке. Расчет НЧ фильтров.
10. Расчет полосовых КИХ фильтров.
11. Фазовая характеристика КИХ фильтров.
12. Анализ КИХ фильтров. Групповая задержка, АЧХ, оценка количества коэффициентов.
13. Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Преобразование Лапласа. Устойчивость непрерывного фильтра.
14. z-преобразование. Устойчивость дискретного фильтра.
15. Использование полюсов и нолей для анализа фильтров. Сравнение КИХ и БИХ фильтров.
16. Вычислительно-эффективные реализации БИХ фильтров.
17. Расчет дискретных БИХ фильтров по непрерывному прототипу.
18. Расчет дискретных БИХ фильтров с использованием билинейного преобразования.
19. Специальные фильтры. Дифференциатор. Интегратор. Согласованный фильтр. Гребенчатый фильтр.
20. Интерполированный НЧ фильтр.
21. Банки узкополосных фильтров.
22. Квадратурная составляющая сигнала.
23. Квадратурная демодуляция.
24. Дискретное преобразование Гильберта.
25. Передискретизация сигналов. Прореживание, интерполяция.
26. Полифазные фильтры.
27. Фильтры половинной частоты. Передискретизация с использованием интерполированных КИХ фильтров.
28. Каскад интеграторов и гребенчатых фильтров.
29. Усреднение сигналов.
30. Форматы данных и точность вычислений. Вычисления с фиксированной точкой.
31. Вычисления с плавающей точкой.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Оценка обучающимися содержания и качества учебного процесса по дисциплине осуществляется в установленном в СПбГУ порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании или учёную степень, соответствующие профилю преподаваемой дисциплины.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Специальных требований нет.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

В аудитории, где проводятся занятия, необходимо наличие досок и желательно наличие средств письма на них.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Требуется стандартная лекционная аудитория с меловыми или маркерными досками.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Специальных требований нет.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Специальных требований нет.

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Мел, маркеры, тряпки для стирания мела, губки для стирания маркерной записи.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Малоземов В. Н. and С. М. Машарский. Основы дискретного гармонического анализа. – СПб: Лань, 2012. – ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2385/book/4046.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Рипол Классик, 1978.

2. Lyons, Richard G. Streamlining Digital Signal Processing. John Wiley & Sons, 2012. – ЭР по подписке СПбГУ.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

1. Статьи, обзоры, видеолекции в сети Интернет, посвященные теории цифровой обработки сигналов.

2. https://www.coursera.org/learn/dsp. – ЭР открытого доступа в сети Интернет.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Салищев С. И., к. ф.-м. н, старший преподаватель кафедры информатики.