

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Направление/специальность подготовки	15.04.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Методы искусственного интеллекта в виброакустике и прочности
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	10	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

15.04.03 Прикладная механика

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ _____
Упоров Павел Анатольевич, преподаватель

Кафедра Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ _____
Олейников Алексей Юрьевич, к.т.н., заведующий кафедрой

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Заведующий кафедрой Олейников А.Ю., к.т.н. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Заведующий кафедрой Олейников А.Ю., к.т.н. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-12 — Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-12

знания:

принципов цифровой обработки акустических сигналов;

умения:

разрабатывать алгоритмы обработки акустических данных;

навыки:

работы с базами данных результатов испытаний.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПУТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИБРАЦИИ И ШУМА, ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-12
5	10	Раздел 1. Основы цифровой обработки сигналов. Сигналы: аналоговые, дискретные, цифровые. Z-преобразование. Преобразование Фурье: амплитудный и фазовый спектр сигнала, ДПФ и БПФ. Свертка и корреляция. Линейная и циклическая свертка. Быстрая свертка. Случайные процессы. Белый шум. Функция плотности вероятностей.	39	15	5	10	24	25
5	10	Раздел 2. Модуляция, фильтрация и ресемплинг. Детерминированные сигналы. Модуляция и манипуляция: АМ, ЧМ, ФМ, ЛЧМ. Фильтрация сигналов: БИХ, КИХ фильтры. Оконная фильтрация. Детектирование слабых сигналов с помощью наложения окна. Ресемплинг: децимация и интерполяция. СИС-фильтры, фильтры скользящего среднего.	35	12	4	8	23	25
5	10	Раздел 3. Спектральный и временной анализ сигналов. Непараметрические методы спектрального анализа. Полифазные схемы преобразования Фурье – усреднение по частоте и по времени. Банки фильтров в задачах аудиокодирования. Фильтры Фарроу.	35	12	4	8	23	25
5	10	Раздел 4. Продвинутое методы обработки акустических сигналов. Мел-спектрограммы. Кепстр и MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients). Вейвлет-преобразование. Алгоритм Герцеля.	35	12	4	8	23	25
Всего за 10 семестр			144	51	17	34	93	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основы цифровой обработки сигналов.	Исследование эффекта наложения спектров при дискретизации сигнала	10
2	Раздел 2. Модуляция, фильтрация и ресемплинг.	Реализация фильтров для децимации сигнала	8
3	Раздел 3. Спектральный и временной анализ сигналов.	Сравнение методов спектрального анализа	8
4	Раздел 4. Продвинутое методы обработки акустических сигналов.	Вычисление MFCC для речевого сигнала	8
Всего за 10 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основы цифровой обработки сигналов.	Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	24
2	Раздел 2. Модуляция, фильтрация и ресемплинг.	Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	23
3	Раздел 3. Спектральный и временной анализ сигналов.	Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	23
4	Раздел 4. Продвинутое методы обработки акустических сигналов.	Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	23
Всего за 10 семестр			93

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10				ИПЗ		ДР		ИПЗ		ДР		ИПЗ			ИПЗ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Л. Магазинникова. . Основы цифровой обработки сигналов. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://github.com/hukenovs/dsp-theory> — GitHub - hukenovs/dsp-theory: Theory of digital signal processing (DSP): signals, filtration (IIR, FIR, CIC, MAF), transforms (FFT, DFT, Hilbert, Z-transform) etc..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Python 3.4.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Python 3.4.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова* кафедрой *Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-12 Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с применением современных программных инструментов для обработки и анализа данных акустических измерений. В рамках курса рассматриваются методы математического моделирования, численные и аналитические подходы к интерпретации акустических сигналов, а также использование профессионального программного обеспечения для визуализации и статистической обработки результатов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основы цифровой обработки сигналов.		
Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	А. Л. Магазинникова. . Основы цифровой обработки сигналов: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1)	24
Итого по разделу 1		24
Раздел 2. Модуляция, фильтрация и ресемплинг.		
Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	А. Л. Магазинникова. . Основы цифровой обработки сигналов: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (2)	23
Итого по разделу 2		23
Раздел 3. Спектральный и временной анализ сигналов.		
Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	А. Л. Магазинникова. . Основы цифровой обработки сигналов: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (3)	23
Итого по разделу 3		23
Раздел 4. Продвинутое методы обработки акустических сигналов.		
Анализ лекционного материала. Просмотр рекомендуемых источников по теме раздела.	А. Л. Магазинникова. . Основы цифровой обработки сигналов: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (4)	23
Итого по разделу 4		23

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- индивидуальное практическое задание;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Индивидуальное практическое задание

По каждому разделу обучающийся выполняет задание в формате программного кода на языке программирования Python или в программном комплексе MatLAB. Темы заданий:

- 1) Исследование эффекта наложения спектров при дискретизации сигнала
- 2) Реализация фильтров для децимации сигнала
- 3) Сравнение методов спектрального анализа
- 4) Вычисление MFCC для речевого сигнала

Процедуры защиты не требуется.

Варианты индивидуальных практических заданий находятся в УМК дисциплины

Экзамен

Экзамен проводится в форме тестирования. В тесте 10 вопросов. По результатам тестирования выставляются оценки по следующим критериям:

- 6 или 7 правильных ответов на вопросы – удовлетворительно;
- 8 правильных ответов на вопросы – хорошо;
- 9 или 10 правильных ответов на вопросы – отлично

Вопросы для экзамена находятся в УМК дисциплины

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-12	
5	10	Раздел 1. Основы цифровой обработки сигналов.	39	15	5	10	24	25	Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 2. Модуляция, фильтрация и ресемплинг.	35	12	4	8	23	25	Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 3. Спектральный и временной анализ сигналов.	35	12	4	8	23	25	Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 4. Продвинутое методы обработки акустических сигналов.	35	12	4	8	23	25	Индивидуальное практическое задание
Всего за 10 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	

Оценочные материалы по дисциплине ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ОПК-12 - Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Опишите процесс вычисления MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) для акустического сигнала. Включите все этапы преобразования и объясните физический смысл использования мел-шкалы.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Объясните принцип оконной фильтрации при спектральном анализе. Какие проблемы решают оконные функции (на примере окон Ханна и Хэмминга)
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Сопоставьте тип фильтра с его характеристикой:
1. КИХ-фильтр
 2. БИХ-фильтр
 3. СИС-фильтр
 4. Фильтр скользящего среднего
- А. Рекурсивная структура, может быть неустойчивым
- Б. Линейная ФЧХ, конечная импульсная характеристика
- В. Эффективен для децимации/интерполяции без умножений
- Г. Частный случай КИХ-фильтра с равными коэффициентами
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между видом модуляции и её свойством:
1. АМ (амплитудная модуляция)
 2. ЧМ (частотная модуляция)
 3. ФМ (фазовая модуляция)
 4. ЛЧМ (линейная частотная модуляция)
- А. Устойчива к амплитудным помехам, сложна в демодуляции
- Б. Ширина спектра пропорциональна девиации частоты
- В. Проста в реализации, чувствительна к шумам
- Г. Используется в радиолокации для сжатия импульса
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Расставьте этапы алгоритма БПФ (Быстрого Преобразования Фурье) по порядку:
- А. Рекурсивное разбиение сигнала на четные/нечетные компоненты.
- Б. Вычисление "бабочек" для пар элементов.
- В. Бит-реверсирование порядка отсчетов.

- Г. Объединение результатов подзадач.
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Укажите последовательность операций при ресемплинге сигнала (децимация):
- А. Фильтрация антиалиасинговым фильтром.
- Б. Уменьшение частоты дискретизации (выбор каждого М-го отсчета).
- В. Расчет новых отсчетов методом интерполяции.
- Г. Оценка частоты Найквиста для новой частоты дискретизации.
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Что характеризует "белый шум" в цифровой обработке сигналов?
- А. Равномерный спектр мощности на всех частотах
- Б. Нулевое математическое ожидание
- В. Автокорреляция в виде дельта-функции
- Г. Гауссово распределение амплитуд
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Z-преобразование используется для:
- А. Анализа устойчивости дискретных систем
- Б. Вычисления спектра сигнала в реальном времени
- В. Синтеза КИХ-фильтров
- Г. Построения мел-спектрограмм
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) отличается от БИХ тем, что:
- А. Не имеет обратной связи
- Б. Всегда устойчив
- В. Может иметь линейную ФЧХ
- Г. Верно А и Б
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие свойства справедливы для преобразования Фурье дискретного сигнала? (Выберите 2 варианта)
- А. Линейность
- Б. Инвариантность к сдвигу во времени
- В. Сохранение энергии (равенство Парсеваля)
- Г. Возможность точного восстановления сигнала
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие методы относятся к непараметрическому спектральному анализу?
- А. Периодограммный метод
- Б. Модель AR (авторегрессия)

В. Метод Уэлча

Г. Метод Кайзера-Бесселя

Д. Модифицированная периодограмма

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Для чего применяются вейвлет-преобразования в акустике?

А. Сжатие аудиоданных без потерь

Б. Анализ нестационарных сигналов

В. Детектирование транзиентных событий (удары, щелчки)

Г. Расчет MFCC

Д. Устранение реверберации