

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Наземные транспортно-технологические комплексы»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Б1.В.ДВ.2.2 «АКУСТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ И МЕТОДЫ ИХ ОБРАБОТКИ»

для направления подготовки

12.04.01 «Приборостроение»

по магистерской программе

«Приборы и методы контроля качества и диагностики»

Форма обучения – очная

Санкт-Петербург
2025

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена, обсуждена на заседании кафедры
«Наземные транспортно-технологические комплексы»
Протокол № 4 от «16» января 2025 г.

И. о. заведующего кафедрой
«Наземные транспортно-технологиче-
ские комплексы»
«16» января 2025 г.

Д. П. Кононов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП
«16» января 2025 г.

В.Н. Коншина

1 Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки» (Б1.В.ДВ.2.2) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение», утвержденного «22» сентября 2017 г. приказ Минобрнауки России №957, с учетом профессионального стандарта

40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.07.2021 № 480н.

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний о методах обработки акустических сигналов при решении задач неразрушающего контроля.

Для достижения цели решаются задачи формирования навыков:

- применения цифровой обработки сигналов при нескольких скоростях;
- узкополосного спектрального анализа с высоким разрешением;
- разработки алгоритмов адаптивной фильтрации;
- применения нейронных сетей в задачах распознавания и классификации сигналов.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе магистратуры индикаторами достижения компетенций

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине является формирование у обучающихся компетенций (части компетенций). Сформированность компетенций (части компетенции) оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Организация разработки и внедрения новых методов и средств технического контроля	
<p>ПК-1.3.1 Иметь навыки контроля состояния технического контроля качества продукции на производстве, внедрения и актуализации документов по стандартизации в области технического контроля качества продукции, составления обзоров новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, разработки предложений по внедрению новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, организации и проведения исследований в области разработки новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, разработки методических документов по использованию новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, внедрения новых методов, методик, средств измерений и технического контроля в производственные процессы на этапах жизненного цикла</p>	<p>Обучающийся имеет навыки контроля состояния технического контроля качества продукции на производстве, внедрения и актуализации документов по стандартизации в области технического контроля качества продукции, составления обзоров новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, разработки предложений по внедрению новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, организации и проведения исследований в области разработки новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, разработки методических документов по использованию новых методов и средств измерений, контроля и испытаний, внедрения новых методов, методик, средств измерений и технического контроля в производственные процессы на этапах жизненного цикла</p>
ПК-3 Организация работ по анализу претензий и рекламаций потребителей на выпускаемую продукцию в подразделении	
<p>ПК-3.2.1 Умеет определять причины возникновения брака, анализировать информацию и статистические данные о претензиях и рекламациях на изготавливаемую продукцию, анализировать причины возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции</p>	<p>Обучающийся умеет: определять причины возникновения брака, анализировать информацию и статистические данные о претензиях и рекламациях на изготавливаемую продукцию, анализировать причины возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции</p>

3 Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

В рамках изучения дисциплины осуществляется практическая подготовка

обучающихся к будущей профессиональной деятельности. Результатом обучения по дисциплине является формирования у обучающихся практических навыков.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Таблица 4.1

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	32	32
– лекции (Л)		
– практические занятия (ПЗ)	16	16
– лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	144	144
Контроль	4	4
Форма контроля знаний	3	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	180/5	180/5

5 Содержание и структура дисциплины

5.1 Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

Таблица 5.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Цифровая обработка при нескольких скоростях	Практические занятия 1-2 Области применения обработки данных при нескольких скоростях в задачах неразрушающего контроля. Лабораторная работа 1 Фильтрация и преобразование частоты дискретизации в среде MatLab.	ПК-3.2.1 ПК-1.3.1

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>Самостоятельная работа Концепции обработки сигналов при нескольких скоростях.</p> <p>Разработка практических конверторов частоты дискретизации.</p> <p>Преобразование частоты дискретизации с использованием многофазного фильтра.</p> <p>Узкополосная цифровая фильтрация с обработкой при нескольких скоростях.</p> <p>Узкополосная цифровая фильтрация с обработкой при нескольких скоростях.</p>	
2	Адаптивные цифровые фильтры	<p>Практические занятия 3 Концепции адаптивной фильтрации.</p> <p>Лабораторная работа 2 Разработка алгоритма адаптивного выделения узкополосных сигналов маскированного шумами.</p> <p>Самостоятельная работа Основы теории фильтров Винера.</p> <p>Стандартный адаптивный алгоритм наименьших квадратов.</p> <p>Рекурсивный алгоритм наименьших квадратов.</p>	<p>ПК-3.2.1</p> <p>ПК-1.3.1</p>
3	Оценка и анализ спектра	<p>Практические занятия 4-5 Принципы оценки спектра.</p> <p>Лабораторная работа 3 Применение весовых функций в задачах анализа амплитудного спектра.</p> <p>Самостоятельная работа Традиционные методы: периодограмм, Блэкмана-Тьюки, быстрой корреляции.</p> <p>Сравнение методов оценки спектральной плотности мощности.</p>	<p>ПК-3.2.1</p> <p>ПК-1.3.1</p>
4	Авторегрессионная оценка спектра	<p>Практические занятия 6 Авторегрессионная модель и авторегрессионный фильтр.</p> <p>Лабораторная работа 4 Фильтрация</p>	<p>ПК-3.2.1</p> <p>ПК-1.3.1</p>

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		сигналов неразрушающего контроля на основе нейронных сетей. Спектральная плотность мощности авторегрессионного ряда. Сравнение методов оценки.	
5	Нейросетевые алгоритмы распознавания и классификации сигналов в задачах неразрушающего контроля	Практические занятия 7-8 Модель нейрона и архитектура сети. Лабораторная работа 5 Разработка алгоритма классификации сигналов ультразвукового контроля рельсов. Самостоятельная работа Обучение нейронных сетей. Линейные сети. Радиальные базисные сети GRNN и PNN. Сети классификации и кластеризации данных. Аппроксимация и фильтрация сигналов на основе нейронных сетей. Распознавание образов.	ПК-3.2.1 ПК-1.3.1

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

Таблица 5.3

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Цифровая обработка при нескольких скоростях		4	4	25	33
2	Адаптивные цифровые фильтры		2	2	25	29
3	Оценка и анализ спектра		4	4	25	33
4	Авторегрессионная оценка спектра		2	2	25	29
5	Нейросетевые алгоритмы распознавания и классификации сигналов в задачах неразрушающего контроля		4	4	44	52
Итого:			16	16	144	176
Контроль						4
Всего(общая трудоемкость, час.)						180

6 Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации программы магистратуры по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой магистратуры, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры «Проектирование приборов неразрушающего контроля», оборудованная следующими *приборами*, используемыми в учебном процессе:

- ультразвуковой тестер УЗТ РДМ – 4 шт.;
- осциллограф MOS-620 FG – 4 шт.;
- ультразвуковой дефектоскоп УД2-12 – 3 шт.;
- генератор ГЗ-112 – 1 шт.;
- генератор Г5-54 – 1 шт.;
- генератор Г4-102А – 1 шт.

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). – URL:

- [https:// ibooks.ru /](https://ibooks.ru/) — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/>— Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Сервер «Неразрушающий контроль в России» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.complexdoc.ru/> - Режим доступа - свободный.

8.5 Перечень изданий, используемых в образовательном процессе:

Учебная литература:

1. Носов, В.В. Метод акустической эмиссии. [Электронный ресурс] / В.В. Носов, А.Р. Ямилова. — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2017. — 304 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91069>.
2. Мухин, О.В. Технология ультразвукового контроля. [Электронный ресурс] / О.В. Мухин, М.Н. Преображенский. — Электрон.дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2005. — 75 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/35809>.
3. Бадалян, В.Г. Ультразвуковая дефектометрия металлов с применением голографических методов. [Электронный ресурс] / В.Г. Бадалян, Е.Г. Базулин, А.Х. Вopilкин, Д.А. Кононов. — Электрон.дан. — М. : Машиностроение, 2008. — 368 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/784>.
4. Потапов, Л.А. Теоретические основы электротехники: краткий курс. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2016. — 376 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76282>.

5. Новиков, Ю.Н. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2011. — 368 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/691>.

6. Муханин, Л.Г. Схемотехника измерительных устройств. Учебное пособие. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2009. — 288 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/275>.

7. Волков, Владимир Юрьевич. Адаптивные и инвариантные алгоритмы обнаружения объектов на изображениях и их моделирование в Matlab: учебное пособие / В. Ю. Волков. -2-е изд., доп. - Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2014. -191 с. : ил. - (Учебники для вузов.Специальная литература). - Библиогр.: с. 188-189 (39 назв.).

8. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2013. — 532 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58968>.

9. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев [и др.]. - 2-е изд., доп. - Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2014. - 448 с. : рис. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 440-441.

10. Анисимова, Г.В. Исследование основных характеристик пьезоэлектрических преобразователей ультразвуковых импульсных дефектоскопов общего назначения. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — СПб. : ПГУПС, 2014. — 15 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/49113>.

11. Лазарев, В.Л. Ультразвуковой контроль деталей подвижного состава. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2006. — 83 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/60005>.

12. Громова, Е.С. Обработка результатов лабораторного физического эксперимента. Методические указания к лабораторной работе № 100. [Электронный ресурс] / Е.С. Громова, Е.Н. Бодунов. — Электрон.дан. — СПб. : ПГУПС, 2016. — 33 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91093>.

13. Батоврин, В.К. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий. [Электронный ресурс] / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В.Ф. Папуловский. — Электрон.дан. — М. : ДМК Пресс, 2009. — 232 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1096>.

Нормативно-правовая документация:

При освоении данной дисциплины нормативно-правовая документация не используется.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

- Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. – URL: my.pgups.ru — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – URL: <http://docs.cntd.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Официальный сайт НИИ мостов и дефектоскопии <http://www.ndt.sp.ru/> - Режим доступа свободный.
- Сервер «Неразрушающий контроль в России» [Электронный ресурс]. URL:<http://www.ndt.ru/> - Режим доступа свободный;
- Акустический журнал URL:<http://www.akzh.ru/> - - Режим доступа свободный.

Разработчик программы
к.т.н., доцент
16.01.2025

А. В. Курков