

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.3 «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ»
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-
технологические 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 «Специальные электроакустические преобразователи» (Б1.В.3) 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, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.07.2021 № 480н.

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний о классификации, принципах работы, конструкции, основных характеристиках и способах их определения, областях применения электроакустических преобразователей.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

- классификация электроакустических преобразователей;
- принципы работы электроакустических преобразователей;
- конструкция электроакустических преобразователей;
- основные характеристики электроакустических преобразователей и способы их определения;
- области применения электроакустических преобразователей для возбуждения и приема упругих колебаний или только для приема (акустико-эмиссионный).

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.

В рамках изучения дисциплины осуществляется практическая подготовка обучающихся к будущей профессиональной деятельности. Результатом обучения по дисциплине является формирования у обучающихся практических навыков.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Организация разработки и внедрения новых методов и средств технического контроля	
ПК-1.2.5 Уметь определять потребности в разработке новых методов и средств измерений и контроля	Обучающийся умеет определять потребности в разработке новых методов и средств измерений и контроля
ПК-2 Организация и проведение оценки соответствия, входного контроля, испытаний и приемки продукции	
ПК-2.3.1 Иметь навыки организация входного контроля сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, контроля и испытаний изготавливаемой продукции, подготовки и проведения приемочных, предъявительских испытаний продукции	Обучающийся имеет навыки организация входного контроля сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, контроля и испытаний изготавливаемой продукции, подготовки и проведения приемочных, предъявительских испытаний продукции

3 Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

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

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		1	2
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	48	32	16
– лекции (Л)	16	16	-
– практические занятия (ПЗ)	16	-	16
– лабораторные работы (ЛР)	16	16	-
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	96	76	20
Контроль	72	36	36
Форма контроля знаний	Э, Э, КП	Э, КП	Э
Общая трудоемкость: час / з.е.	216/6	144/4	72/2

5 Содержание и структура дисциплины

5.1 Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисципли- ны	Содержание раздела	Индикаторы дости- жения компетенций
Модуль 1			
	Введение	Лекция 1. Предмет курса и его задачи. Структура и содержание курса; его связь с другими дисциплинами учебного плана. Общие понятия об излучении и приеме упругих колебаний и волн.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
1	Пьезоэффект. Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП)	Лекция 2. Основные понятия. Пьезоматериалы. Основные характеристики ПЭП. Классификация ПЭП. Лекция 3. Фокусирующие преобразователи. Фазированные решетки. Широкополосные преобразователи. Веерные преобразователи. Преобразователи для контроля по грубой поверхности. Методы определения характеристик и параметров ПЭП.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
		Лабораторная работа 1-4. Измерение добротности пьезоэлектрических и магнито-	

№ п/п	Наименование раздела дисципли- ны	Содержание раздела	Индикаторы дости- жения компетенций
		стрикционных преобразователей. Самостоятельная работа. Основные поня- тия. Пьезоматериалы. Основные характе- ристики ПЭП. Классификация ПЭП. Фо- кусирующие преобразователи. Фазиро- ванные решетки. Широкополосные пре- образователи. Веерные преобразователи. Преобразователи для контроля по грубой поверхности. Методы определения харак- теристик и параметров ПЭП.	
2	Физические явле- ния, используемые для бесконтактного возбуждения и при- ема акустических волн	Лекция 4. Воздушно-акустическая связь. Термоакустический (термоупругий) эф- фект. Возбуждение колебаний воздушной ударной волной. Эффект электрического поля. Эффекты электромагнитного поля. Самостоятельная работа. Воздушно- акустическая связь. Термоакустический (термоупругий) эффект. Возбуждение ко- лебаний воздушной ударной волной. Эф- фект электрического поля. Эффекты элек- тромагнитного поля.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
3	Типы и основные характеристики бесконтактных пре- образователей	Лекция 5. Преобразователи с воздушной связью (с продольными и изгибными ко- лебаниями). Преобразователи микрофон- ного и конденсаторного типа. Электро- магнитоакустические преобразователи. Оптические (лазерные) преобразователи. Самостоятельная работа. Преобразователи с воздушной связью (с продольными и из- гибными колебаниями). Преобразователи микрофонного и конденсаторного типа. Электромагнитоакустические преобразо- ватели. Оптические (лазерные) преобра- зователи.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
4	Методы измерения параметров ПЭП	Лекция 6. Измерение импульсного коэф- фициента преобразования. Измерение ам- плитудно-частотной характеристики. Лекция 7. Измерение электрического со- противления, времени распространения ультразвука в призме, угла ввода, ширины диаграммы направленности, фокусного расстояния, АД-диаграмм по ГОСТ 23702. Лабораторная работа 5-6. Определение характеристики направленности пьезо- электрических преобразователей в иммер- сионной ванне.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1

№ п/п	Наименование раздела дисципли- ны	Содержание раздела	Индикаторы дости- жения компетенций
		Лабораторная работа 7-8. Измерение z-метровых характеристик пьезопреобразователей.	
		Самостоятельная работа. Основные характеристики пьезоэлектрических преобразователей. Расчет параметров биморфных преобразователей. Расчет коэффициента двойного преобразования пьезоэлектрического преобразователя. Расчет диаграммы направленности прямого пьезоэлектрического преобразователя в режиме излучения. Расчет диаграммы направленности наклонного пьезоэлектрического преобразователя в режиме излучения. Расчет диаграммы направленности наклонного пьезоэлектрического преобразователя в режиме излучения-приема.	
5	Основные области применения преобразователей различных типов	Лекция 8. Основные области применения контактных и бесконтактных преобразователей в производственных и лабораторных условиях. Чувствительность, рабочие частоты, влияние производственных факторов.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
		Самостоятельная работа. Основные области применения контактных и бесконтактных преобразователей в производственных и лабораторных условиях. Чувствительность, рабочие частоты, влияние производственных факторов.	
Модуль 2			
1	Пьезоэффект. Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП)	Практическое занятие 1-2. Изучение принципа формирования поля ультразвуковых волн дефектоскопом с антенной решеткой. Принцип формирования поля.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
		Самостоятельная работа. Принцип формирования поля ультразвуковых волн	
2	Физические явления, используемые для бесконтактного возбуждения и приема акустических волн	Практическое занятие 3-4. Изучение принципа формирования поля ультразвуковых волн дефектоскопом с антенной решеткой. Расчет поля излучения	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
		Самостоятельная работа. Расчет поля излучения.	
3	Типы и основные характеристики бесконтактных преобразователей	Практическое занятие 5. Влияние параметров линейной антенной решетки на возможность выявления отражателей. Анализ акустического тракта.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1

№ п/п	Наименование раздела дисципли- ны	Содержание раздела	Индикаторы дости- жения компетенций
		Самостоятельная работа. Анализ акусти- ческого тракта.	
4	Методы измерения параметров ПЭП	Практическое занятие 6. Влияние пара- метров линейной антенной решетки на возможность выявления отражателей. Анализ акустического тракта.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
		Самостоятельная работа. Анализ акусти- ческого тракта.	
5	Основные области применения преоб- разователей раз- личных типов	Практическое занятие 7-8. Влияние пара- метров линейной антенной решетки на возможность выявления отражателей. За- висимость эхо-сигнала от отражателя от параметров решетки.	ПК-1.2.5 ПК-2.3.1
		Самостоятельная работа. Зависимость эхо-сигнала от отражателя от параметров решетки.	

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
	Введение	2				2
1	Пьезоэффект. Пьезоэлектрические преобразователи	4	4	8	19	35
2	Физические явления, используемые для бесконтактного возбуждения и приема акустических волн	2	4		19	25
3	Типы и основные характеристики бесконтактных преобразователей	2	2		19	23
4	Методы измерения параметров ПЭП	4	2	8	19	33
5	Основные области применения преобразователей различных типов	2	4		20	26
Итого		16	16	16	96	144

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. фонд оценочных средств 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 «Физические методы контроля», оборудованная следующими *приборами и установками*, используемыми в учебном процессе:

- дефектоскоп ультразвуковой УД2-12 – 1 шт.;
- дефектоскоп акустический АД-50У – 1 шт.;
- дефектоскоп ультразвуковой УД2-70 – 5 шт.;
- 32 канальная ультразвуковая установка на основе фазированных решеток Harfang – 1 шт.

8.2. 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.ndt.ru/> - Режим доступа свободный;
- Промышленный портал Complexdoc [Электронный ресурс]. URL: <http://www.complexdoc.ru/> - Режим доступа - свободный.

8.5 Перечень изданий, используемых в образовательном процессе:

Учебная литература:

1. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 576 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63211 — Загл. с экрана.
2. Е.Ф. Кретов. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении. Издательство «Радиоавионики» Санкт-Петербург 1995, 327 с.
3. 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> — Загл. с экрана;
4. Герасимова, А. Г. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : «Вышэйшая школа», 2011. — 272 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/65558> — Загл. с экрана;

5. 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> — Загл. с экрана;

6. 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> — Загл. с экрана;

7. Бадалян, В.Г. Ультразвуковая дефектометрия металлов с применением голографических методов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В.Г. Бадалян, Е.Г. Базулин, А.Х. Вopilкин [и др.]. — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2008. — 368 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=784 — Загл. с экрана. Содержание раздела.

Нормативно-правовая документация:

1. ГОСТ 23702 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Методы испытаний.
2. ГОСТ 26266 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Общие технические требования.
3. ГОСТ 26266 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Общие технические требования.

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

С.А. Краснобрыжий