



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИЭЭ
протокол № 7 от 24.03.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Электроэнергетики и
электроники

Ившин И.В.

« 28 » октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Разработка акустоэлектронных устройств

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Квалификация

магистр

г. Казань, 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

Программу разработал(и):

Доцент, к. ф.- м. н _____ Кротов В.И.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Промышленная электроника и светотехника, протокол №5 от 27.10.2020

Зав. кафедрой _____ Голенищев-Кутузов А.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Промышленная электроника и светотехника, протокол № 5 _____ от 27.10.2020 _____

Зав. кафедрой _____ Голенищев-Кутузов А.В.

Программа одобрена на заседании методического совета института Электроэнергетики и электроники, протокол № 3 от 28.10.2020

Зам. директора института Электроэнергетики и электроники _____
/ Ахметова Р.В. /

Программа принята решением Ученого совета института Электроэнергетики и электроники
протокол № 4 _____ от 28.10.2020 _____

Согласовано:

Руководитель ОПОП _____ / Голенищев-Кутузов А.В. /

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Разработка акустоэлектронных устройств» является углубленное изучение физических принципов преобразования электрических сигналов в поверхностные акустические волны и наоборот, разработка акустоэлектронных приборов и устройств различного назначения, а также ознакомление с методами исследования их частотно-временных характеристик.

Задачи дисциплины:

- формирование навыков научно-исследовательской работы в области проектирования и конструирования;
- научить анализировать физические и математические модели волновых процессов в объектах акустоэлектроники и проводить экспериментальные исследования изделий акустоэлектроники;
- познакомить обучающихся с компьютерными технологиями анализа работы акустоэлектронных устройств и определения их характеристик.

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)

<p>ПК-3 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований и уровня развития цифровых технологий</p>	<p>ПК-3.1 Использует основные средства, способы и методы для проектирования устройств, приборов и систем электронной техники</p>	<p><i>Знать:</i> физические процессы, происходящие в акустоэлектронных приборах, созданных на основе пьезоэлектрических материалов, закономерности изменения свойств материалов в различных условиях эксплуатации; аналоговую и цифровую схемотехнику, схемотехнику импульсных схем, схемы смешанного сигнала</p> <p><i>Уметь:</i> проводить экспериментальные исследования объектов акустоэлектроники с целью их модернизации или создания новых приборов или устройств; выполнять поиск электронных компонентов, их характеристик, возможных поставщиков</p> <p><i>Владеть:</i> методом определения элементов изделий «система в корпусе», реализуемых в пленочном исполнении; навыками исследования физических процессов и явлений в приборах и устройствах акустоэлектронной техники, особенностями использования акустоэлектронных приборов в радиоэлектронной аппаратуре; методом преобразованием структурной электрической схемы в функциональную электрическую схему</p>
	<p>ПК-3.2 Проектирует устройства, приборы и системы электронной техники на основе анализа требуемых параметров</p>	<p><i>Знать:</i> информационные технологии в научных исследованиях; основные типы акустоэлектронных устройств,</p> <p><i>Уметь:</i> участвовать в проектировании, конструировании и модернизации объектов акустоэлектроники; строить функциональные электрические схемы</p> <p><i>Владеть:</i> способностью разделения электрической схемы на активные и пассивные элементы на основе анализа требуемых параметров</p>

<p>ПК-3 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований и уровня развития цифровых технологий</p>	<p>ПК-3.3 Применяет методики расчета с целью проектирования устройств, приборов и систем электронной техники и внедрения цифровых технологий.</p>	<p><i>Знать:</i> методики расчета акустоэлектронных изделий, технологию их изготовления; технические характеристики и особенности изделий акустоэлектроники; расчет конфигурации пленочных элементов для изделий «система в корпусе» и микросборок; вопросы функциональности программы Mathcad и ее системные возможности для разработки акустоэлектронных устройств</p> <p><i>Уметь:</i> рассчитывать конфигурацию пленочных пассивных элементов; измерять основные параметры акустоэлектронных приборов, выбирать и использовать для расчета параметров акустоэлектронных приборов конкретные методы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами проведением расчетов конфигурации и электрических параметров пленочных пассивных элементов, а также их оптимизацией; производить инженерные расчеты в программе Mathcad</p> <p><i>Владеть:</i> проведением расчетов конфигурации и электрических параметров пленочных пассивных элементов, а также их оптимизацией; построением 2D и 3D-моделей в различных системах координат</p>
---	---	--

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Разработка акустоэлектронных устройств относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
УК-1		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
УК-2		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
УК-3		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
УК-4		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
УК-5		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

УК-6		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-1		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-1	Теория и практика научных исследований	
ОПК-2	Теория и практика научных исследований	
ОПК-2		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-3		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
ОПК-3	Математические методы моделирования и прогнозирования	
ОПК-4		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
ПК-1		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
ПК-2		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы Физические принципы неразрушающего контроля
ПК-3		Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные понятия и утверждения теории обыкновенных дифференциальных уравнений;
- физическую сущность волновых процессов и явлений, протекающих на поверхности пьезоэлектрических материалов;
- закономерности изменения свойств материалов в различных условиях эксплуатации;
- методы расчета основных физических параметров элементов электронной техники;

Уметь:

- решать системы линейных алгебраических уравнений;
- решать задачи с применением дифференциального и интегрального исчисления;
- пользоваться различными физическими законами для объяснения физических принципов функционирования электронных приборов ;
- измерять основные параметры электронных приборов, выбирать и использовать для расчета параметров электронных приборов конкретные методы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами ;
- пользоваться методами сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по приборам и устройствам современной электроники;

Владеть:

- основными аналитическими и численными методами решения алгебраических уравнений и систем алгебраических уравнений;
- навыками исследования физических процессов и явлений в приборах и устройствах электронной техники ;
- терминологией в области электроники;
- современными методами расчета, моделирования и проектирования электронных устройств;
- особенностями использования электронных приборов в радиоэлектронной аппаратуре и методами прогнозирования надежности работы;
- опытом сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по приборам и устройствам современной электроники

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 216 часов, из которых 53 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 16 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 32 час., групповые и индивидуальные консультации 2 час., прием экзамена (КПА), зачета с оценкой - 1 час., самостоятельная работа обучающегося 128 час, контроль самостоятельной работы (КСР) - 2 час. Практическая подготовка по виду профессиональной деятельности составляет 5,3 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		2
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	216	216
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	53	53
Лекционные занятия (Лек)	16	16
Лабораторные занятия (Лаб)	16	16
Практические занятия (Пр)	16	16
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	2	2
Консультации (Конс)	2	2
Контактные часы во время аттестации (КПА)	1	1
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	128	128
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (экзамен)	35	35
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	Эк	Эк

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС								Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе	
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации	Сдача зачета / экзамена						Итого
Раздел 1. Физика упругих волн															

1. Типы и свойства объемных и поверхностных акустических волн	2	2				28				30	ПК-3.1-31	Л1.2, Л2.1	К		3
Раздел 2. Методы линейной теории															
2. Временное представление сигналов и устройств	2	3	2	4		20				29	ПК-3.1-31, ПК-3.1-У1, ПК-3.1-В1	Л1.1, Л2.1, Л2.2	К ПЗ ОЛР		10
3. Частотное представление сигналов и устройств	2	3	2	4		20				29	ПК-3.1-31	Л1.1, Л2.1, Л2.2	К ПЗ ОЛР		9
Раздел 3. Устройства на поверхностных акустических волнах															
4. Преобразователи поверхностных акустических волн (ПАВ)	2	2	2	8		10				22	ПК-3.1-31, ПК-3.3-31, ПК-3.3-У1, ПК-3.3-У2, ПК-3.1-У1, ПК-3.1-В1	Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л1.1	К ПЗ ОЛР		11
5. Линии задержки на поверхностных акустических волнах	2	2	2			10				14	ПК-3.1-31	Л1.2, Л2.1	К ПЗ		8
6. Полосовые фильтры на поверхностных акустических волнах	2	2	2			10				14	ПК-3.1-31, ПК-3.1-В1, ПК-3.3-31, ПК-3.3-У1	Л1.2, Л2.1, Л2.2	К ПЗ		7
Раздел 4. Разработка устройств на поверхностных акустических волнах															

7. Возбуждение и регистрация упругих волн	2	2	3			10				15	ПК-3.1 -В1, ПК-3.3 -31, ПК-3.3 -У1, ПК-3.3 -У2	Л1.2, Л2.1, Л1.1, Л2.2	К ПЗ		7
8. Расчет полосового фильтра на поверхностных акустических волнах	2		3		2	20	2			27	ПК-3.1 -У1, ПК-3.3 -31, ПК-3.3 -У1, ПК-3.3 -У2, ПК-3.1 -31, ПК-3.1 -В1, ПК-3.2 -В1	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2	ПЗ		5
Раздел 5. Промежуточная аттестация															
9. Экзамен	2							35	1	36					40
ИТОГО		16	16	16	2	128	2	35	1	216				Экз	100

3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Типы и свойства объемных и поверхностных акустических волн. обобщенная структура акусторадиокомпонентов	2

2	Линейные явления и устройства, принцип наложения, испытательные сигналы, переходная функция, импульсная функция, определение отклика методом наложения, определение отклика при произвольных воздействиях, интеграл Дюамеля	3
3	Частотные характеристики сигналов, спектральные плотности амплитуд и фаз непериодических колебаний	3
4	Клиновый преобразователь ПАВ, однофазный преобразователь ПАВ, двухфазный преобразователь ПАВ, эквивалентная схема преобразователя ПАВ, звукопроводы	2
5	Классификация линий задержки, линии с однократной задержкой, многоотводные линии задержки, дисперсионные линии задержки	2
6	Простейший вариант конструкции однопроходного фильтра, аподизованный преобразователь с внешним взвешиванием, аподизованный преобразователь с изменяющимся перекрытием электродов (с непосредственным взвешиванием)	2
7	Встречно-штыревые преобразователи, метод дискретных источников (модель дельта-функций), аподизованные преобразователи	2
Всего		16

3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Определение отклика методом наложения	2
2	Частотные характеристики сигналов	2
3	Расчет двухфазного неаподизованного преобразователя ПАВ	2
4	Расчет линий задержки	2
5	Расчет конструкции простейшего однопроходного полосового фильтра	2
6	Расчет аподизованного встречно-штыревого преобразователя	3
7	Расчет полосового фильтра на ПАВ с использованием для аподизации преобразователя функции Хемминга	3
Всего		16

3.5. Тематический план лабораторных работ

Номер раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, час.
1	Исследование импульсных откликов линейных систем в программной среде Multisim	4
2	Изучение спектра видеоимпульса, радиоимпульса и дельта-импульса в программной среде Multisim	4
3	Исследование амплитудно-частотной характеристики электродного преобразователя ПАВ в программной среде Multisim	8
Всего		16

3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Изучение теоретического материала	Акустические волны в твердых телах, приборы на объемных волнах. техника поверхностных акустических волн, тонкопленочные металлические элементы на пьезоэлектрических подложках	28
2	Изучение теоретического материала	Линейные явления и устройства, принцип наложения, испытательные сигналы, переходная функция, импульсная функция, определение отклика методом наложения, определение отклика при произвольных воздействиях, интеграл Дюамеля	20
3	Изучение теоретического материала	Частотные характеристики сигналов, спектральные плотности амплитуд и фаз непериодических колебаний	20
4	Изучение теоретического материала	Клиновый преобразователь ПАВ, однофазный преобразователь ПАВ, двухфазный преобразователь ПАВ, эквивалентная схема преобразователя ПАВ, звукопроводы	10
5	Изучение теоретического материала	Классификация линий задержки, линии с однократной задержкой, многоотводные линии задержки, дисперсионные линии задержки	10
6	Изучение теоретического материала	Простейший вариант конструкции однопроходного фильтра, аподизованный преобразователь с внешним взвешиванием, аподизованный преобразователь с изменяющимся перекрытием электродов (с непосредственным взвешиванием)	10
7	Изучение теоретического материала	Встречно-штыревые преобразователи, метод дискретных источников (модель дельта-функций), аподизованные преобразователи	10
8	Изучение теоретического материала	Расчет полосового фильтра на ПАВ с использованием для аподизации преобразователя функции Хемминга	20
Всего			128

4. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий используются традиционные образовательные технологии (лекции в сочетании с практическими занятиями и самостоятельное изучение определённых разделов) и современные образовательные технологии, направленные на обеспечение развития у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств: интерактивные лекции, групповые дискуссии, проблемное обучение, анализ ситуаций и имитационных моделей, работа в команде, контекстное обучение, обучение на основе опыта, опережающая самостоятельная работа, преподавание дисциплины на основе результатов научных исследований с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей.

1. На лекциях:

- проблемное изложение материала;
- компьютерные презентации лекционных материалов в виде фото и видеоматериалов;

Лекционные занятия в активной (диалоговой) и интерактивной форме составляют 35% от всего объема аудиторных занятий.

2. На практических занятиях:

- решение задач по разделам курса;
- разбор конкретных производственных ситуаций .

3. В образовательном процессе также используются:

- дистанционные курсы (ДК), размещенные на площадке LMS Moodle, URL: <https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2507>;

- электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <https://e.kgeu.ru/TeacherResource>

5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без

			негрубых ошибок	ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	

ПК-3.1	Знать				
	<p>физические процессы, происходящие в акустоэлектронных приборах, созданных на основе пьезоэлектрических материалов, закономерности изменения свойств материалов в различных условиях эксплуатации; аналоговую и цифровую схемотехнику, импульсных схем, схемы смешанного сигнала</p>	<p>Свободно и в полном объеме знает физические процессы, происходящие в акустоэлектронных приборах, созданных на основе пьезоэлектрических материалов, закономерности изменения свойств материалов в различных условиях эксплуатации; аналоговую и цифровую схемотехнику, импульсных схем, схемы смешанного сигнала</p>	<p>Достаточно полно знает все физические процессы, происходящие в акустоэлектронных приборах, созданных на основе пьезоэлектрических материалов, аналоговую и цифровую схемотехнику, импульсных схем, схемы смешанного сигнала</p>	<p>Знает физические процессы, происходящие в акустоэлектронных приборах, созданных на основе пьезоэлектрических материалов; аналоговую и цифровую схемотехнику, импульсных схем</p>	<p>Слабо знает физические процессы, происходящие в акустоэлектронных приборах, созданных на основе пьезоэлектрических материалов</p>
Уметь					
	<p>проводить экспериментальные исследования объектов акустоэлектроники с целью их модернизации или создания новых приборов устройств; выполнять поиск электронных компонентов, характеристик, возможных поставщиков</p>	<p>Свободно и в полном объеме проводит экспериментальные исследования объектов акустоэлектроники с целью их модернизации или создания новых приборов устройств; выполняет поиск электронных компонентов, их характеристик, возможных поставщиков</p>	<p>Умеет проводить экспериментальные исследования объектов акустоэлектроники с целью их модернизации или создания новых приборов устройств; выполнять поиск электронных компонентов, их характеристик</p>	<p>Слабо ориентируется в методах экспериментальных исследований объектов акустоэлектроники с целью их модернизации или создания новых приборов</p>	<p>Имеют место грубые ошибки при проведении экспериментальных исследований объектов акустоэлектроники с целью их модернизации или создания новых приборов, или устройств</p>

ПК-3		Владеть				
		методом определения элементов изделий «система в корпусе», реализуемых в пленочном исполнении; навыками исследования физических процессов и явлений в приборах и устройствах акустоэлектронной техники, особенностями использования акустоэлектронных приборов радиоэлектронной аппаратуре; методом преобразованием структурной электрической схемы в функциональную электрическую схему	Владеет методом определения элементов изделий «система в корпусе», реализуемых в пленочном исполнении; таких как штыревые преобразователи электрической энергии в акустическую и наоборот; навыками их исследования, особенностями использования акустоэлектронных приборов в радиоэлектронной аппаратуре	Владеет методом определения элементов изделий «система в корпусе», реализуемых в пленочном исполнении; таких как штыревые преобразователи электрической энергии в акустическую и наоборот; навыками их исследования	Владеет методом определения элементов изделий «система в корпусе», реализуемых в пленочном исполнении; таких как штыревые преобразователи электрической энергии в акустическую и наоборот	Недостаточно владеет методами определения элементов изделий «система в корпусе», реализуемых в пленочном исполнении; таких как штыревые преобразователи электрической энергии в акустическую и наоборот
	ПК-3.2	Знать				
		информационные технологии в научных исследованиях; основные типы акустоэлектронных устройств,	Знает в полном объеме информационные технологии в научных исследованиях ; основные типы акустоэлектронных устройств: линии задержки, полосовые фильтры и согласованные фильтры, применяемые в радиотехнических системах	Знает в полном объеме информационные технологии в научных исследованиях ; основные типы акустоэлектронных устройств: линии задержки, полосовые фильтры	Слабо ориентируется в информационных технологиях, применяемых в научных исследованиях ; знает основные типы акустоэлектронных устройств: линии задержки, полосовые фильтры	Слабо ориентируется в информационных технологиях, применяемых в научных исследованиях ; не знает основные типы акустоэлектронных устройств

	Уметь				
	участвовать в проектировании, конструировании и модернизации объектов акустоэлектроники; строить функциональные электрические схемы	Свободно и в полном объеме разрабатывает и модернизирует объекты акустоэлектроники: линии задержки и полосовые фильтры с аподизованными преобразователями	Свободно и в полном объеме разрабатывает и модернизирует объекты акустоэлектроники: линии задержки и полосовые фильтры с неаподизованными преобразователями	Способен разрабатывать линии задержки и полосовые фильтры	Способен разрабатывать линии задержки
	Владеть				
	способностью разделения электрической схемы на активные и пассивные элементы на основе анализа требуемых параметров	Свободно и в полном объеме владеет способностью разделения электрической схемы на активные и пассивные элементы на основе анализа требуемых параметров	Достаточно полно владеет способностью разделения электрической схемы на активные и пассивные элементы на основе анализа требуемых параметров	Слабо ориентируется в разделении электрической схемы на активные и пассивные элементы на основе анализа требуемых параметров	Ориентируется с большим количеством ошибок в разделении электрической схемы на активные и пассивные элементы на основе анализа требуемых параметров
ПК-3.3	Знать				

		<p>методики расчета акустоэлектронных изделий, технологию их изготовления; технические характеристики и особенности изделий акустоэлектроники; расчет конфигурации пленочных элементов для изделий «система в корпусе» и микросборок; вопросы функциональности программы Mathcad и ее системные возможности для разработки акустоэлектронных устройств</p>	<p>Свободно и в полном объеме рассчитывает акустоэлектронные изделия, технологию их изготовления; технические характеристик и особенности изделий акустоэлектроники; расчет конфигурации пленочных элементов (штыревых преобразователей) для изделий акустоэлектроники</p>	<p>Рассчитывает акустоэлектронные изделия, технологию их изготовления; технические характеристик и особенности изделий акустоэлектроники; расчет конфигурации пленочных элементов (штыревых преобразователей) для изделий акустоэлектроники</p>	<p>Рассчитывает акустоэлектронные изделия, технологию их изготовления; технические характеристик и особенности изделий акустоэлектроники</p>	<p>Рассчитывает с большим количеством ошибок акустоэлектронные изделия, технологию их изготовления</p>
<p>Уметь</p>						
		<p>рассчитывать конфигурацию пленочных пассивных элементов; измерять основные параметры акустоэлектронных приборов, выбирать и использовать для расчета параметров акустоэлектронных приборов конкретные методы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами; производить инженерные расчеты в программе Mathcad</p>	<p>Умеет свободно рассчитывать конфигурацию пленочных пассивных элементов; измерять основные параметры акустоэлектронных приборов, выбирать и использовать для расчета параметров акустоэлектронных приборов конкретные методы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами</p>	<p>Рассчитывает конфигурацию пленочных пассивных элементов; измеряет основные параметры акустоэлектронных приборов, выбирает и использует для расчета параметров акустоэлектронных приборов конкретные методы, сравнивает результаты расчета, полученные различными методами</p>	<p>Рассчитывает конфигурацию пленочных пассивных элементов; измеряет основные параметры акустоэлектронных приборов, выбирает и использует для расчета параметров акустоэлектронных приборов конкретные методы</p>	<p>Слабо рассчитывает конфигурацию пленочных пассивных элементов и измеряет основные параметры акустоэлектронных приборов</p>

		проведением расчетов конфигурации и электрических параметров пленочных пассивных элементов, а также их оптимизацией; построением 2D и 3D-моделей в различных системах координат	Свободно и в полном объеме владеет проведением расчетов конфигурации и электрических параметров пленочных пассивных элементов, а также их оптимизацией	Достаточно полно владеет проведением расчетов конфигурации и электрических параметров пленочных пассивных элементов	Владеет проведением расчетов конфигурации и электрических параметров пленочных пассивных элементов	Рассчитывает с большим количеством ошибок конфигурацию пленочных пассивных элементов
--	--	---	--	---	--	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие,	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Смирнов Ю. А., Соколов С. В., Титов Е. В.	Основы нано- и функциональной электроники	учебное пособие	СПб.: Лань	2013	https://e.lanbook.com/book/5855	
2	Атабеков Г. И.	Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи	учебное пособие	СПб.: Лань	2019	https://e.lanbook.com/book/119286	

Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие,	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Харкевич А. А.	Основы радиотехники	учебное пособие	М.: Физматлит	2007		5

2	Кротов В. И.	Устройства на поверхностных акустических волнах	учебное пособие по курсу "Акустоэлектроника"	Казань: КГЭУ	2006	159
---	--------------	---	--	--------------	------	-----

6.2. Информационное обеспечение

6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Промышленная электроника	https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2507
2	Электронно-библиотечная система «Лань»	https://e.lanbook.com/
3	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	https://ibooks.ru/
4	Электронно-библиотечная система «book.ru»	https://www.book.ru/
5	Энциклопедии, словари, справочники	http://www.rubricon.com
6	Портал "Открытое образование"	http://npoed.ru

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru
2	Физика и техника полупроводников	journals.ioffe.ru	journals.ioffe.ru
3	Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования	http://fgosvo.ru	http://fgosvo.ru
4	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	http://nlr.ru/
5	Мировая цифровая библиотека	В http://wdl.org	В http://wdl.org
6	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	https://rusneb.ru/	https://rusneb.ru/
7	Техническая библиотека	http://techlibrary.ru	http://techlibrary.ru
8	Журнал технической физики	journals.ioffe.ru	journals.ioffe.ru

6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	«Консультант плюс»	http://www.consultant.ru/	http://www.consultant.ru/

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	LabVIEW Professional Development System for Windows	Среда графического программирования и разработки приложений	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
3	NI Academic Site License – Multisim Teaching Only (Smaii)	Пакет программного обеспечения для графического программирования и проектирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
4	NI Academic Site License – LabVIEW Teaching and Research (Smaii)	Пакет программного обеспечения для графического программирования и проектирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
5	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010 от 04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
6	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
7	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
-------	--------------------	--	--

1	Экзамен	Учебная аудитория для проведения промежуточной аттестации	проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф
2	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	доска аудиторная (2 шт.), акустическая система, усилитель-микшер для систем громкой связи, миникомпьютер, монитор, проектор, экран настенно- потолочный, микрофон
3	Лабораторные занятия	Учебная лаборатория «Лаборатория автоматизированного анализа электронных схем. Дисплейный класс » Компьютерный класс с выходом в Интернет	30 посадочных мест, персональный компьютер (16 шт.), коммутационный шкаф для усилителя-микшера с установкой Веллес ; потолочное крепление для проектора, интерактивная доска; проектор, подключение к сети "Интернет", доступ в электронную информационно-образовательную среду

4	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических занятий	доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристоров", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера
5	Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа	Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля	компьютер (16 шт.), коммутационный шкаф для усилителя-микшера с установкой Веллес, интерактивная доска, проектор
6	Самостоятельная работа	Читальный зал	проектор, переносной экран, тонкие клиенты (13 шт.), компьютеры (5 шт.)
		Компьютерный класс с выходом в Интернет	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран
7	Консультации	Учебная аудитория для проведения индивидуальных консультаций	осциллограф, вольтметр универсальный, генератор сигналов низкочастотный, лабораторный стенд для измерения сигналов с датчиков SCXI (2 шт.), цифровой цветной осциллограф OWON (2шт.), лабораторные стенды: "ЭС-23 Исследование схем решающих усилителей", "Магнитный усилитель", ЭС-4 Биполярный транзистор", "Исследование характеристик магнитных сердечников", "Двух магнитный преобразователь"

8	Контактные часы во время аттестации	Учебная аудитория для проведения промежуточной аттестации	<p>проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3-01 (2 шт.), лабораторный стенд КС-11 (3 шт.), генератор, осциллограф</p>
---	-------------------------------------	---	---

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

-

Лист регистрации изменений

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины с 2021/2022 учебного года

В программу вносятся следующие изменения:

1. В соответствии с Приказом Минобрнауки № 1456 от 26.11.2020 внесены следующие изменения:
 - 1.1. изменены компетенции и индикаторы к ним, в том числе цифровые компетенции/индикаторы: ПК-3 (стр.4-5, 15-19).
2. Скорректированы (внесены) следующие цифровые компетенции/ индикаторы к ним:
ПК-3 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований и уровня развития цифровых технологий
ПК-3.3 Применяет методики расчета с целью проектирования устройств, приборов и систем электронной техники и внедрения цифровых технологий.
(стр.4-5, 15-19).

Программа одобрена на заседании кафедры–разработчика «15» июня 2021 г., протокол № 15.

Зав. кафедрой _____ Голенищев-Кутузов А.В.

Программа одобрена методическим советом института ИЭЭ
«22» июня 2021 г., протокол № 11.

Зам. директора по УМР _____

/ Р.В. Ахметова /

Подпись, дата

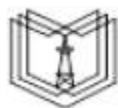
Согласовано:

Руководитель ОПОП _____

/ А.В. Голенищев-Кутузов /

Подпись, дата

*Приложение к рабочей программе
дисциплины*



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Разработка акустоэлектронных устройств

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность(и) (профиль(и)) Промышленная электроника и микропро-
цессорная техника

Квалификация магистр

г. Казань, 2020

Оценочные материалы по дисциплине «Разработка акустоэлектронных устройств» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

ПК-3 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: задачи, коллоквиум, контрольная работа.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 2 семестр. Форма промежуточной аттестации экзамен.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

1. Технологическая карта

Семестр 2

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы				
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично	
				не зачтено	зачтено			
				низкий	ниже среднего	средний	высокий	
Текущий контроль успеваемости								
1	Подготовка коллоквиуму ^к	К	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 3	
2	Выполнение домашнего задания	ПЗ	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 3	
2	Подготовка коллоквиуму ^к	К	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	
2	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы	ОЛР	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 2	2 - 3	
3	Подготовка коллоквиуму ^к	К	ПК-3.1	менее 2	2 - 2	2 - 2	2 - 3	

3	Выполнение домашнего задания		ПЗ	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 3
3	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы	О	ОЛР	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 3
4	Подготовка коллоквиуму	К	К	ПК-3.1, ПК-3.3	менее 2	2 - 2	2 - 2	2 - 3
4	Выполнение домашнего задания		ПЗ	ПК-3.1, ПК-3.3	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4
4	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы	О	ОЛР	ПК-3.1, ПК-3.3	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4
5	Подготовка коллоквиуму	К	К	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4
5	Выполнение домашнего задания		ПЗ	ПК-3.1	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4
6	Подготовка коллоквиуму	К	К	ПК-3.1, ПК-3.3	менее 1	1 - 2	2 - 2	2 - 3
6	Выполнение домашнего задания		ПЗ	ПК-3.1, ПК-3.3	менее 2	2 - 2	2 - 3	3 - 4
7	Подготовка коллоквиуму	К	К	ПК-3.1, ПК-3.3	менее 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4
7	Выполнение домашнего задания		ПЗ	ПК-3.1, ПК-3.3	менее 2	2 - 2	2 - 2	2 - 3
8	Выполнение домашнего задания		ПЗ	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	менее 2	2 - 2	2 - 3	3 - 5
9	Промежуточная аттестация		Экз.		менее 29	30 - 31	32 - 35	36 - 40
Всего баллов					0 - 54	55-69	70-84	85-100

2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам
Практические занятия (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Экзамен (Экз.)	Комплект вопросов и задач для сдачи промежуточной аттестации в форме экзамена	Вопросы для подготовки к экзамену. Задачи для решения

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Оценка промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины «Разработка акустоэлектронных устройств» производится при помощи следующих оценочных средств:

Требования по оформлению лабораторных работ

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: “Отчёт по лабораторной работе «Название работы», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)”. Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт, как правило, должен содержать следующие основные разделы:

1. Цель работы;
2. Теоретическая часть;
3. Оборудование (приборы, используемые в лабораторной работе);
4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, снимки экранов приборов);
5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

Теоретическая часть должна содержать минимум необходимых теоретических сведений о физической сущности исследуемого явления и его описание. Не следует

копировать целиком или частично методическое пособие (описание) лабораторной работы или разделы учебника.

В разделе «Оборудование» необходимо описать, с помощью каких приборов и каким образом проводилось, исследовалось.

Рисунки, блок-схемы установок, описание технологии и её особенностей, необходимость предварительных измерений (градуировка, настройка и т.п.) – все это должно быть представлено в указанном разделе.

Раздел «Результаты» включает в себя таблицы экспериментальных данных, графики, полученные при выполнении лабораторной работы, снимки экранов приборов. Для построения графиков можно использовать миллиметровую бумагу. На графиках обязательно должны быть указаны масштабы по осям, начало отсчета, размерности и обозначения физических величин, откладываемых по осям. Экспериментальные точки на графиках должны быть заметны, четко выделены. Рисунки, графики и таблицы нумеруются и подписываются заголовками.

Выводы не должны быть простым перечислением того, что сделано. Здесь важно отметить, какие новые знания о предмете исследования были получены при выполнении работы, к чему привело обсуждение результатов, насколько выполнена заявленная цель работы. Возможно, получены дополнительные формулы, данные, предложены оригинальные методики, – это должно быть отражено в выводах. Выводы по работе каждый студент делает самостоятельно.

При сдаче отчёта преподаватель может сделать устные и письменные замечания, задать дополнительные вопросы. Все ответы на дополнительные вопросы, новые расчёты, обсуждения выполняются студентом на отдельных листах, включаемых в отчёт (при этом в тексте основного отчёта делается сноска или другой значок, которому будет соответствовать новый материал). При этом письменные замечания преподавателя должны остаться в тексте для ясности динамики работы над отчётом. Объём отчёта должен быть оптимальным для понимания того, что и как сделал студент, выполняя работу. Обязательные требования к отчёту включают общую и специальную грамотность изложения, а также аккуратность оформления. После приёма преподавателем отчёт хранится на кафедре.

Примеры задач для выполнения домашнего задания

После рассмотрения на лекционных занятиях основных тем, необходимых для выполнения письменного задания, студенту предлагается выполнить задание, представленное в виде задачи по тематике лекционного занятия с подробным развернутым решением.

1. Разложите в ряд Фурье следующую периодическую функцию

$$f(x) = \begin{cases} -x & \text{при } -\pi \leq x < 0, \\ 0 & \text{при } 0 \leq x \leq \pi \end{cases} \quad \text{в промежутке } -\pi \leq x \leq \pi.$$

2. Разложите в ряд Фурье следующую периодическую функцию

$$f(x) = \begin{cases} -1 & \text{при } -\pi \leq x \leq 0, \\ 3 & \text{при } 0 < x \leq \pi \end{cases} \quad \text{в промежутке. } -\pi \leq x \leq \pi$$

3. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию $f(x)=2x+3$ в промежутке $-\pi \leq x \leq \pi$.

4. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по синусам функцию

$$f(x) = x.$$

5. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по синусам функцию $f(x) = \pi/4$.

6. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по синусам функцию $f(x) = \pi - 2x$.

7. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по синусам функцию $f(x) = \begin{cases} x & \text{при } 0 \leq x \leq \pi/2, \\ 0 & \text{при } \pi/2 < x \leq \pi. \end{cases}$

8. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по синусам функцию $f(x) = \begin{cases} x & \text{при } 0 \leq x \leq \pi/2, \\ \pi - x & \text{при } \pi/2 < x \leq \pi. \end{cases}$

9. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию $f(x) = |x|$ при $-\pi \leq x \leq \pi$.

10. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию $f(x) = \frac{x^2}{4}$.

11. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию $f(x) = \frac{\pi}{4} - \frac{x}{2}$.

12. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию $f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq x \leq \pi/2, \\ 1/2 & \text{при } \pi/2 < x \leq \pi. \end{cases}$

13. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию $f(x) = \begin{cases} \pi/3 & \text{при } 0 \leq x < \pi/3, \\ 0 & \text{при } \pi/3 \leq x < 2\pi/3, \\ -\pi/3 & \text{при } 2\pi/3 \leq x \leq \pi. \end{cases}$

14. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 2\pi$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq x \leq \pi, \\ x & \text{при } \pi < x \leq 2\pi. \end{cases}$$

15. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 2\pi$

$$f(x) = \begin{cases} x & \text{при } 0 \leq x \leq \pi/2, \\ \pi/2 & \text{при } \pi/2 < x \leq 3\pi/2, \\ 2\pi - x & \text{при } 3\pi/2 < x \leq 2\pi. \end{cases}$$

16. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 2\pi$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq x < \pi/2, \\ -1 & \text{при } \pi/2 \leq x < 3\pi/2, \\ 1 & \text{при } 3\pi/2 \leq x \leq 2\pi. \end{cases}$$

17. Разложите в ряд Фурье функцию $f(x) = x$, заданную в промежутке $-2 \leq x \leq 2$.

18. Разложите в ряд Фурье функцию $f(x) = |x|$, заданную в промежутке $-1/2 \leq x \leq 1/2$.

19. Разложите в ряд Фурье только по синусам функцию $f(x) = x^2$, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 1/2$.

20. Разложите в ряд Фурье функцию $f(x) = x^2/2$, заданную в промежутке $-3 \leq x \leq 3$.

21. Найти емкость преобразователя $C_{\text{п}}$, если число электродов в преобразователе $N = 44$, $C_{\text{уд}} = 4,6436 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 44$ мм.

22. Найти полное входное сопротивление $Z(\omega_0)$ встречно-штыревого преобразователя $k^2 = 0,045$, $f_0 = 80$ МГц, $C_{\text{уд}} = 4,6436 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 2$ мм, $N = 10$.

23. Рассчитать индуктивность согласования $L_{\text{согл}}$ для преобразователя с $N=30$, $C_{\text{уд}} = 4,6436 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 1$ мм.

24. Найти оптимальное количество штырей в преобразователе на звукопроводе с $k_{\text{м}}^2 = 0,045$.

25. Найти акустическую и электроакустическую добротности ВШП. $k_{\text{м}}^2 = 0,045$, $N=44$.

26. Найти сопротивление излучения ВШП при $k_{\text{м}}^2 = 0,0023$, $C_{\text{уд}} = 0,5 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 5$ мм; $f_0 = 20$ МГц.

27. Найти реактивное сопротивление излучения ВШП на частоте 15 МГц при $k_{\text{м}}^2 = 0,0023$, $C_{\text{уд}} = 0,5 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 5$ мм; $f_0 = 20$ МГц.

28. Найти активное сопротивление излучения ВШП на частоте 15 МГц при $k_{\text{м}}^2 = 0,0023$, $C_{\text{уд}} = 0,5 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 5$ мм; $f_0 = 20$ МГц.

29. Найти акустическую и электроакустическую добротность ВШП. $k_{\text{м}}^2 = 0,0023$, $N=100$.

30. Найти оптимальное количество штырей в преобразователе на звукопроводе с $k_{\text{м}}^2 = 0,0023$.

Вопросы для проведения коллоквиума

1. Что такое объемная упругая волна?
2. Что такое поверхностная упругая волна?
3. Чем отличаются упругие волны от электромагнитных волн?
4. Каковы преимущества упругих волн по сравнению с другими волнами при использовании их в разработках линий задержек?
5. Каким основным уравнением описываются упругие бегущие волны?
6. Каковы принципы построения акустоэлектронных устройств?
7. Назовите основные элементы акустоэлектронных устройств?
8. Какие материалы используются в разработках акустоэлектронных устройств?
9. Чем отличаются анизотропные материалы от изотропных материалов?
10. В чем заключается явление пьезоэффекта?
11. Какие материалы используются при изготовлении звукопроводов?
12. Какие основные недостатки клинового преобразователя?

13. Что такое электродный преобразователь?
14. Как влияет межэлектродное расстояние в электродных преобразователях на его характеристики?
15. На что влияет число электродов в преобразователе?
16. Что такое аподизованный преобразователь?
17. Что такое МПО?
18. Чем отличается линия задержки на ПАВ от электронных задержек?
19. Каковы принципы построения акустоэлектронных устройств?
20. Каковы особенности функциональной акустоэлектроники?
21. Что такое функциональная акустоэлектроника?
22. Какова технология изготовления устройств акустоэлектроники?

Критерии оценивания результатов

Номер задания	Критерии оценки	Баллы
1	Выполнение домашнего задания	0-22
2	Собеседования преподавателя с обучающимися во время коллоквиума	0-22
3	Выполнение и сдача лабораторных работ	0-16

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Вопросы для приема экзамена по дисциплине

Экзамен проводится в письменной форме, экзаменуемый получает билет в котором содержится два вопроса и задача.

Низкий уровень

1. Какими величинами характеризуется скорость упругой волны, распространяющейся в неограниченно протяженной струне?
2. Какие упругие волны могут распространяться в монокристаллах?
3. Каким образом происходит смещение частиц в продольной упругой волне?
4. Каким образом происходит смещение частиц в поперечной упругой волне?
5. Чем принципиально отличается волна Рэлея от продольных и поперечных волн?

Ниже среднего уровень

1. Какими величинами характеризуется скорость упругой волны, распространяющейся в неограниченно протяженной струне?
2. Какие упругие волны могут распространяться в монокристаллах?
3. Каким образом происходит смещение частиц в продольной упругой волне?
4. Каким образом происходит смещение частиц в поперечной упругой волне?
5. Чем принципиально отличается волна Рэлея от продольных и поперечных волн?
6. В чем сущность принципа наложения?

7. Для каких систем применим принцип наложения?
8. Какие функции можно представить рядом Фурье?
9. Как называется слагаемые ряда Фурье?
10. В каких представлениях может быть записан сигнал?
11. Для каких функций применим интеграл Фурье?
12. Каким параметром определяется расстояние между спектральными линиями в спектре амплитуд?
13. Какая функция содержит сведения как о спектре амплитуд, так и о спектре фаз?
14. От чего зависит отклик линейной системы?
15. Отклики на какие воздействия описывают коэффициент передачи и импульсный отклик?

Средний уровень

1. Какими величинами характеризуется скорость упругой волны, распространяющейся в неограниченно протяженной струне?
2. Какие упругие волны могут распространяться в монокристаллах?
3. Каким образом происходит смещение частиц в продольной упругой волне?
4. Каким образом происходит смещение частиц в поперечной упругой волне?
5. Чем принципиально отличается волна Рэлея от продольных и поперечных волн?
6. В чем сущность принципа наложения?
7. Для каких систем применим принцип наложения?
8. Какие функции можно представить рядом Фурье?
9. Как называется слагаемые ряда Фурье?
10. В каких представлениях может быть записан сигнал?
11. Для каких функций применим интеграл Фурье?
12. Каким параметром определяется расстояние между спектральными линиями в спектре амплитуд?
13. Какая функция содержит сведения как о спектре амплитуд, так и о спектре фаз?
14. От чего зависит отклик линейной системы?
15. Отклики на какие воздействия описывают коэффициент передачи и импульсный отклик?
16. Какое основное преимущество поверхностной акустической волны перед остальными носителями информации?
17. Назовите основную характеристику звукопровода.
18. При каком угле α наблюдается эффективное возбуждение ПАВ в клиновом преобразователе?
19. Какие основные преимущества электродных преобразователей по сравнению с клиновым преобразователем?
20. Какой вид имеет импульсный отклик неаподизованного электродного преобразователя?
21. Какой вид имеет амплитудно-частотная характеристика неаподизованного электродного преобразователя?
22. Какой основной недостаток однофазного и двухфазного преобразователей ПАВ?

Высокий уровень

1. Какими величинами характеризуется скорость упругой волны, распространяющейся в неограниченно протяженной струне?
2. Какие упругие волны могут распространяться в монокристаллах?
3. Каким образом происходит смещение частиц в продольной упругой волне?
4. Каким образом происходит смещение частиц в поперечной упругой волне?
5. Чем принципиально отличается волна Рэлея от продольных и поперечных волн?
6. В чем сущность принципа наложения?
7. Для каких систем применим принцип наложения?
8. Какие функции можно представить рядом Фурье?
9. Как называется слагаемые ряда Фурье?
10. В каких представлениях может быть записан сигнал?
11. Для каких функций применим интеграл Фурье?
12. Каким параметром определяется расстояние между спектральными линиями в спектре амплитуд?
13. Какая функция содержит сведения как о спектре амплитуд, так и о спектре фаз?
14. От чего зависит отклик линейной системы?
15. Отклики на какие воздействия описывают коэффициент передачи и импульсный отклик?
16. Какое основное преимущество поверхностной акустической волны перед остальными носителями информации?
17. Назовите основную характеристику звукопровода.
18. При каком угле α наблюдается эффективное возбуждение ПАВ в клиновом преобразователе?
19. Какие основные преимущества электродных преобразователей по сравнению с клиновым преобразователем?
20. Какой вид имеет импульсный отклик неаподизованного электродного преобразователя?
21. Какой вид имеет амплитудно-частотная характеристика неаподизованного электродного преобразователя?
22. Какой основной недостаток однофазного и двухфазного преобразователей ПАВ?
23. Какие недостатки ограничивают применение однонаправленных преобразователей ПАВ?
24. Из каких основных элементов состоит эквивалентная схема преобразователя ПАВ?
25. Какие акустические эффекты препятствуют достижению предельных (потенциальных) значений параметров АРК?
26. Какое принципиальное отличие линий с многократной задержкой от линий с однократной задержкой?
27. Какими параметрами определяется задержка ЛЗ?
28. Какой принцип заложен в дисперсионные линии задержки на ПАВ?
29. Какие методы аподизации применяются в разработках полосовых фильтров?
30. В чем недостаток аподизованного преобразователя с внешним взвешиванием?
31. Какие основные достоинства и недостатки аподизованного преобразователя с изменяющимся перекрытием электродов?
32. Как влияет качество рабочей поверхности звукопровода на распространение поверхностной акустической волны?

Примеры задач для решения на экзамене

1. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по синусам функцию

$$f(x) = \begin{cases} x & \text{при } 0 \leq x \leq \pi/2, \\ \pi - x & \text{при } \pi/2 < x \leq \pi. \end{cases}$$

2. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию $f(x) = |x|$ при $-\pi \leq x \leq \pi$.

3. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию

$$f(x) = \frac{x^2}{4}.$$

4. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию

$$f(x) = \frac{\pi}{4} - \frac{x}{2}.$$

5. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq x \leq \pi/2, \\ 1/2 & \text{при } \pi/2 < x \leq \pi. \end{cases}$$

6. В промежутке $0 \leq x \leq \pi$ разложите в ряд Фурье по косинусам функцию

$$f(x) = \begin{cases} \pi/3 & \text{при } 0 \leq x < \pi/3, \\ 0 & \text{при } \pi/3 \leq x < 2\pi/3, \\ -\pi/3 & \text{при } 2\pi/3 \leq x \leq \pi. \end{cases}$$

7. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 2\pi$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq x \leq \pi, \\ x & \text{при } \pi < x \leq 2\pi. \end{cases}$$

8. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 2\pi$

$$f(x) = \begin{cases} x & \text{при } 0 \leq x \leq \pi/2, \\ \pi/2 & \text{при } \pi/2 < x \leq 3\pi/2, \\ 2\pi - x & \text{при } 3\pi/2 < x \leq 2\pi. \end{cases}$$

9. Разложите в ряд Фурье периодическую функцию, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 2\pi$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq x < \pi/2, \\ -1 & \text{при } \pi/2 \leq x < 3\pi/2, \\ 1 & \text{при } 3\pi/2 \leq x \leq 2\pi. \end{cases}$$

10. Разложите в ряд Фурье функцию $f(x) = x$, заданную в промежутке $-2 \leq x \leq 2$.

11. Разложите в ряд Фурье функцию $f(x) = |x|$, заданную в промежутке $-1/2 \leq x \leq 1/2$.

12. Разложите в ряд Фурье только по синусам функцию $f(x) = x^2$, заданную в промежутке $0 \leq x \leq 1/2$.

13. Разложите в ряд Фурье функцию $f(x) = x^2/2$, заданную в промежутке $-3 \leq x \leq 3$

14. Найти емкость преобразователя $C_{\text{п}}$, если число электродов в преобразователе $N = 44$, $C_{\text{уд}} = 4,6436 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 44$ мм.

15. Найти полное входное сопротивление $Z(\omega_0)$ встречно-штыревого преобразователя $k^2 = 0,045$, $f_0 = 80$ МГц, $C_{\text{уд}} = 4,6436 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 2$ мм, $N = 10$.

16. Рассчитать индуктивность согласования $L_{\text{согл}}$ для преобразователя с $N=30$, $C_{\text{уд}} = 4,6436 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 1$ мм.

17. Найти оптимальное количество штырей в преобразователе на звукопроводе с $k_{\text{М}}^2 = 0,045$.

18. Найти акустическую и электроакустическую добротности ВШП. $k_{\text{М}}^2 = 0,045$, $N=44$.

19. Найти сопротивление излучения ВШП при $k_{\text{М}}^2 = 0,0023$, $C_{\text{уд}} = 0,5 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 5$ мм; $f_0 = 20$ МГц.

20. Найти реактивное сопротивление излучения ВШП на частоте 15 МГц при $k_{\text{М}}^2 = 0,0023$, $C_{\text{уд}} = 0,5 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 5$ мм; $f_0 = 20$ МГц.

21. Найти активное сопротивление излучения ВШП на частоте 15 МГц при $k_{\text{М}}^2 = 0,0023$, $C_{\text{уд}} = 0,5 \cdot 10^{-10}$ ф/м, $W = 5$ мм; $f_0 = 20$ МГц.

22. Найти акустическую и электроакустическую добротность ВШП. $k_{\text{М}}^2 = 0,0023$, $N=100$.

23. Найти оптимальное количество штырей в преобразователе на звукопроводе с $k_{\text{М}}^2 = 0,0023$.

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации

Оценка	Баллы (баллы полученные в течении семестра, 40 баллов максимально за экзамен)
Удовлетворительно	55-69
Хорошо	70-84
Отлично	85-100

При выставлении баллов за экзамен учитываются следующие критерии: Например, каждый верный ответ на задание дает возможность обучающемуся получить 1 балл.

Максимальное количество баллов за теоретический ответ и практическое задание – 40 баллов

При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:

1. Правильность выполнения практического задания
2. Владение методами и технологиями, запланированными в рабочей программе дисциплины
3. Владение специальными терминами и использование их при ответе.
4. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы
5. Логичность и последовательность ответа
6. Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем

От 36 до 40 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.

От 32 до 35 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна – две неточности в ответе.

От 30 до 31 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.