Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электронных приборов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н. Стрельцов С. А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Стрельцов С. А.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Сверхвысокочастотные приборы и устройства

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль: Электронные приборы и устройства

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**7**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	6
2	Всего часов	216
3	Всего занятий в контактной форме, час.	77
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	28
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	36
8	из них практической подготовки, час.	8
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	11
11	Самостоятельная работа, час.	139
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	КР
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

ФГОС введен в действие приказом №927 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭП, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Семенов А. М.

Ответственный за образовательную программу:

профессор Хрусталев В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-5/НА Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
	ПК-5/НА. 3 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков
Профессиональные компетенции	ПК-6/НА Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПК-6/НА. 2 Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-5/НА. 3 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	
строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-6/НА. 2 Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	
методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
принцип учета видов и объемов производственных работ	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: СВЧ приборы					
1. Синхротронное излучение (СИ). История открытия. Свойства синхротронного излучения: интенсивность; угловое распределение; спектр; поляризация. Источники СИ: природные; искусственные.	2	0	0	ПК-5/НА.3	

2. Электроника СВЧ как научная дисциплина. Свойства и применения электромагнитных колебаний и волн СВЧ диапазона. Особенности и классификация приборов и устройств СВЧ.	2	0	0	ПК-5/НА.3	
3. Конвекционный и наведенный ток, расчет наведенного тока во внешней цепи пролетного зазора. Возбуждение колебаний в резонаторе конвекционным током. Механизм возбуждения колебаний, оптимальная форма конвекционного тока, оценка максимального кпд.	2	0	0	ПК-5/НА.3	
4. Управление конвекционным током. Квазистатическое управление, влияние пролетных эффектов. Динамическое управление. Скоростная модуляция в пролетном зазоре, процессы в трубе дрейфа, форма конвекционного тока, гармонический анализ тока. Оптимальная длина трубы дрейфа.	2	0	0	ПК-6/НА.2	
5. Клистроны. Двухрезонаторный пролетный клистрон. Электронный КПД. Коэффициент усиления. Нагрузочная характеристика выходного резонатора. Двухрезонаторный клистрон-автогенератор. Каскадная группировка.	2	0	1	ПК-6/НА.2	Решение типовых задач
6. Отражательный клистрон. Группировка в однородном тормозящем электрическом поле. Электронный КПД отражательного клистрона.	2	0	0	ПК-6/НА.2	
7. Приборы с непрерывным взаимодействием типа О. Группировка немодулированного потока в переменном поле стоячей волны. Сгруппированный конвекционный ток. Электронная мощность взаимодействия. Монотрон.	2	0	0	ПК-5/НА.3	

8. Группировка немодулированного потока в переменном поле бегущей волны постоянной амплитуды. Взаимодействие модулированного электронного потока с бегущей волной постоянной амплитуды.	2	0	0	ПК-5/НА.3	
9. Замедляющие системы. Однородные замедляющие линии. Неоднородные замедляющие линии.	2	0	0	ПК-5/НА.3	
10. Решение самосогласованной задачи взаимодействия электронного потока с бегущей волной. Определение переменной составляющей конвекционного тока как функции электрического поля волны. Определение электрического поля волны как функции переменной составляющей конвекционного тока. Совместное решение уравнения движения и уравнения поля.	2	0	1	ПК-5/НА.3	Решение типовых задач
11. Лампа бегущей волны типа О (ЛБВО). Коэффициент усиления ЛБВО. Электронный КПД ЛБВО. Усилитель обратной волны типа О. Генераторы прямой и обратной волны типа О Генератор прямой волны. Генератор обратной волны - карсинотрон.	2	0	1	ПК-5/НА.3	Решение типовых задач
12. Приборы типа М. Магнетрон. Статический режим работы магнетрона со сплошным анодом. Парабола критического режима. Свойства резонаторной системы магнетрона. Угловая скорость вращения волн в магнетроне. Качественный характер явлений в многорезонаторном магнетроне.	2	0	0	ПК-5/НА.3	

13. Динамический режим работы магнетрона. Пороговая прямая. Электронный КПД магнетрона. Коаксиальный и обращенный магнетроны. Релятивистский магнетрон.	2	0	1	ПК-6/НА.2	Решение типовых задач
14. Транзисторы СВЧ. Особенности структуры биполярных и полевых СВЧ транзисторов, пути повышения рабочей частоты и номинальной мощности, схемотехнические особенности транзисторных усилителей и генераторов.	4	0	2	ПК-5/НА.3, ПК-6/НА.2	Решение типовых задач
15. Структура и особенности ВЧ систем источников синхротронного излучения. Назначение основных элементов ВЧ системы источника СИ. Характеристики основных элементов ВЧ системы источника СИ СКИФ	3	0	2	ПК-6/НА.2	Решение типовых задач
16. Лазер на свободных электронах (ЛСЭ) как источник СИ (ИЯФ СО РАН, Новосибирск). Схема источника СИ, принцип работы, основные узлы. Параметры ЛСЭ. Исследования, проводимые на ЛСЭ. Курчатовский Источник СИ (КИСИ). История создания. Основные параметры. Составные части источника СИ. Принцип работы. Экспериментальные станции.	3	0	0	ПК-5/НА.3, ПК-6/НА.2	

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: СВЧ приборы					
1. Исследова-ние клистрона ВЧ систем источников синхротронного излучения	8	2	8	ПК-5/НА.3, ПК-6/НА.2	Работа с лабораторным оборудованием.
2. Исследование транзисторной ячейки генератора ВЧ систем источников синхротронного излучения	8	2	8	ПК-5/НА.3, ПК-6/НА.2	Работа с лабораторным оборудованием.

3. Исследование транзисторной ячейки усилителя ВЧ систем источников синхротронного излучения	8	2	8	ПК-5/НА.3, ПК-6/НА.2	Работа с лабораторным оборудованием.
4. Исследование многорезонаторного магнетрона	4	2	4	ПК-5/НА.3, ПК-6/НА.2	Работа с лабораторным оборудованием

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Исследова-ние клистрона ВЧ систем источников синхротронного излучения	Лб	Выполняет следующие виды работ: - предварительно производит расчет условий самовозбуждения для различных зон генерации, используя заданные параметры резонатора и электронного потока; - путем модуляции напряжения отражателя производит осциллографирование зон генерации, при помощи резонансного волномера наблюдает по осциллограмме явление электронной настройки генератора и измеряет диапазон электронной настройки; - измеряет выходную мощность в центрах зон генерации; - анализирует экспериментальные данные, сопоставляет эксперимент с расчетом.
2	Исследование транзисторной ячейки генератора ВЧ систем источников синхротронного излучения	Лб	Выполняет следующие виды работ: - предварительно производит расчет дисперсионной характеристики и сопротивления связи спиральной замедляющей структуры, рассчитывает оптимальное ускоряющее напряжение и ожидаемый коэффициент усиления ЛБВ (по заданным размерам спирали и параметрам электронного потока); - при помощи калиброванного аттенюатора генератора сигналов методом замещения производит измерение коэффициента усиления в зависимости от ускоряющего напряжения, частоты, уровня входной мощности, тока пучка электронов; - измеряет зависимость оптимального ускоряющего напряжения от частоты сигнала, а также амплитудную характеристику усилителя, фиксируя при этом уровень выходного сигнала в относительных единицах; - анализирует экспериментальные данные, сопоставляет эксперимент с расчетом.

3	Исследование транзисторной ячейки усилителя ВЧ систем источников синхротронного излучения	Лб	Выполняет следующие виды работ: - предварительно производит расчет дисперсионной характеристики и сопротивления связи спиральной замедляющей структуры, рассчитывает оптимальное ускоряющее напряжение и ожидаемый коэффициент усиления ЛБВ (по заданным размерам спирали и параметрам электронного потока); - при помощи калиброванного аттенюатора генератора сигналов методом замещения производит измерение коэффициента усиления в зависимости от ускоряющего напряжения, частоты, уровня входной мощности, тока пучка электронов; - измеряет зависимость оптимального ускоряющего напряжения от частоты сигнала, а также амплитудную характеристику усилителя, фиксируя при этом уровень выходного сигнала в относительных единицах; - анализирует экспериментальные данные, сопоставляет эксперимент с расчетом.
4	Исследование многорезонаторного магнетрона	Лб	Выполняет следующие виды работ: - предварительно производит расчет критического, порогового анодного напряжения, потенциала синхронизации; - проводит измерение рабочих характеристик магнетрона при его работе на согласованный эквивалент антенны (относительная мощность, частота, анодное напряжение в зависимости от анодного тока); - измеряет абсолютную величину мощности, используя фиксированный аттенюатор и измеритель малых мощностей; - экспериментально исследует явление затягивания частоты генератора при работе магнетрона на несогласованную нагрузку с переменной фазой коэффициента отражения, фиксируя при этом частоту и относительную мощность автоколебаний и (при помощи рефлектометра) величину КСВ в волноводном тракте; - анализирует экспериментальные данные, сопоставляет эксперимент с расчетом.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Курсовая работа	ПК-5/НА.3,ПК-6/НА.2	40	9

: СВЧ-устройства систем радиосвязи и телевидения. Ч. IV : методические указания для 4-го года обучения факультета радиотехники и электроники по направлениям 11.04.01, 11.04.02 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Н. Э. Унру, А. О. Подкопаев]. - Новосибирск, 2019. - 34, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241303				
2	Подготовка к занятиям	ПК-5/НА.3,ПК-6/НА.2	49	0
: СВЧ-устройства систем радиосвязи и телевидения. Ч. IV : методические указания для 4-го года обучения факультета радиотехники и электроники по направлениям 11.04.01, 11.04.02 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Н. Э. Унру, А. О. Подкопаев]. - Новосибирск, 2019. - 34, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241303				
3	Подготовка к аттестации	ПК-5/НА.3,ПК-6/НА.2	50	2
: СВЧ-устройства систем радиосвязи и телевидения. Ч. IV : методические указания для 4-го года обучения факультета радиотехники и электроники по направлениям 11.04.01, 11.04.02 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Н. Э. Унру, А. О. Подкопаев]. - Новосибирск, 2019. - 34, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241303				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
Лабораторная:	25	49
РГЗ/Реферат:	5	11
Экзамен:	20	40

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита КП/КР	Экзамен
ПК-5/НА	ПК-5/НА 3. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	+	+

ПК-6/НА	ПК-6/НА 2. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Унру Н. Э. Автоматизированное проектирование микроволновых устройств : [учебное пособие] / Н. Э. Унру ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 90, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236546

Дополнительная литература

1. Техническая электродинамика : [учебное пособие / Б. И. Иванов и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018.- 113, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000238164

Интернет-ресурсы

1. Федоренко И. А. Применение пакета программ Microwave Office 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ : учеб. пособие / И. А. Федоренко, Н. В Федоркова – Санкт-Петербург : Изд-во Лань, 2012. – 55 с. // Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52430. - Загл. с экрана

2. Сомов А. М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны : учеб. пособие / А. М. Сомов, А. Ю. Виноградов, Р. В. Кабетов, – Санкт-Петербург : Изд-во Лань, 2012. – 440 с. // Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5201. - Загл. с экрана

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. СВЧ-устройства систем радиосвязи и телевидения. Ч. IV : методические указания для 4-го года обучения факультета радиотехники и электроники по направлениям 11.04.01, 11.04.02 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Н. Э. Унру, А. О. Подкопаев]. - Новосибирск, 2019. - 34, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241303

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Создание отчётов для лабораторных работ. Microsoft Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение

1	ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ Я34-87	Л/р по курсу "Электродинамика и микроволновая техника"
2	ИЗМЕРИТЕЛЬ В8-7 отношения напряж.	Л/р по курсу "Электродинамика и микроволновая техника"
3	ГЕНЕРАТОР Г4-76А	Л/р по курсу "Электродинамика и микроволновая техника"
4	ГЕНЕРАТОР Г4-80	Л/р по курсу "Электродинамика и микроволновая техника"