

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Электронные приборы и устройства»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«Элементы нелинейной теории приборов О-типа»
направления подготовки

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (ЭЛНЭ)

Профиль - Электронные приборы и устройства

форма обучения – очная

курс – 4.

семестр – 7.

часов в неделю – 1

всего часов – 72 ч.

в том числе:

лекции – 18 ч.

коллоквиумы – нет.

лабораторные занятия – нет.

практические занятия – 18 ч

самостоятельная работа – 54 ч.

зачет – 7 семестр.

экзамен – нет

РГР – нет

Курсовая работа – нет

Курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: формирование знаний, умений и навыков по нелинейной теории приборов О-типа для будущей профессиональной деятельности на основе изучения нелинейных эффектов ЛБВ О-типа.

Задачи изучения дисциплины:

Знать основные нелинейные эффекты при взаимодействии электронного потока с СВЧ полем

Уметь анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

Иметь навыки представления результатов научных исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Элементы нелинейной теории приборов О-типа» относится к факультативным дисциплинам. Пререквизитом данной дисциплины являются курсы по дисциплине «Математика», «Физика», «Информационные технологии», «Физические основы электроники» (3 часть)

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

– Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (**ПК-3**).

Студент должен знать:

– Основные нелинейные эффекты, описывающие взаимодействие электронного потока с СВЧ полем ЛБВ О-типа

– методы повышения эффективности работы ЛБВ О-типа

Студент должен уметь:

– анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Студент должен владеть:

– навыками представления результатов научных исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Модуля	№ Недели	№ Темы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лек- ции	Коллок- виумы	Лабо- ра- тор- ные	Прак- тиче- ские	СРС
1	2	3	4	5	6	7	9	9	10
7 семестр									
1	1	1	Формулировка уравнений ЛБВ О-типа. Метод Эйлера. Метод Лагранжа. Самосогласованная система уравнений ЛБВ-О типа. Необходимость нелинейной теории.	8	2	-	-	-	6
1	2	2	Передающие линии СВЧ. Замедляющие системы. Пространственные гармоники. Спиральные замедляющие системы. Особенности волноведущих структур для мощных приборов. Параметры и характеристики замедляющих систем.	8	2	-	-	-	6
1	3	3	Типы электронных пучков, применяемых в ЛБВ О-типа. Модель одномерных дисков. Влияние пространственного заряда.	8	2	-	-	-	6
1	4	4	Элементы нелинейной теории ЛБВ О-типа. Одномерная, двумерная и трехмерная модель.	8	2	-	-	-	6
1	5	5	Релятивистская ЛБВ О-типа. Преобразователи энергии бегущей волны О-типа.	8	2	-	-	-	6
1	6	6	Основные физические процессы в ЛБВ О-типа. Модуляция электронов по скорости. Фазовая фокусировка электронных сгустков. Группировка электронов. Отбор энергии электронов.	8	2	-	-	-	6
1	7	7	Методы повышения КПД ЛБВ. Коллекторы с понижающим потенциалом. Многоступенчатые коллекторы. Электронный и полный КПД.	8	2	-	-	-	6

1	8	8	Модуляционные характеристики. Математический анализ. Спектр выходного сигнала. Фазоидентичные ЛБВ. Условия комбинаторского минимума для ЛБВ О-типа.	8	2	-	-	-	6
1	9	9	Основные направления развития теории и технологии производства ЛБВ О-типа. Катодные узлы. Системы фокусировки электронного потока. Замедляющие системы. Выводы энергии. Много ступенчатые коллекторы. Повышение рабочей частоты, полосы пропускания.	8	2	-	-	-	6
Всего				72	18	-	-	-	54

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
7 семестр				
1.	2	1.	Формулировка уравнений ЛБВ О-типа. Метод Эйлера. Метод Лагранжа. Самосогласованная система уравнений ЛБВ-О типа. Необходимость нелинейной теории.	[1-6]
2.	2	2.	Передающие линии СВЧ. Замедляющие системы. Пространственные гармоники. Спиральные замедляющие системы. Особенности волноведущих структур для мощных приборов. Параметры и характеристики замедляющих систем.	[1-6]
3.	2	3.	Типы электронных пучков, применяемых в ЛБВ О-типа. Модель одномерных дисков. Влияние пространственного заряда.	[1-6]
4.	2	4.	Элементы нелинейной теории ЛБВ О-типа. Одномерная, двумерная и трехмерная модель.	[1-6]
5.	2	5.	Релятивистская ЛБВ О-типа. Преобразователи энергии бегущей волны О-типа.	[1-6]
6.	2	6.	Основные физические процессы в ЛБВ О-типа. Модуляция электронов по скорости. Фазовая фокусировка электронных сгустков. Группировка электронов. Отбор энергии электронов.	[1-6]
7.	2	7.	Методы повышения КПД ЛБВ. Коллекторы с понижающим потенциалом. Многоступенчатые коллекторы. Электронный и полный КПД.	[1-6]
8.	2	8.	Модуляционные характеристики. Математический анализ. Спектр выходного сигнала. Фазоидентичные ЛБВ. Условия комплексного минимума для ЛБВ О-типа.	[1-6]
9.	2	9.	Основные направления развития теории и технологии производства ЛБВ О-типа. Катодные узлы. Системы фокусировки электронного потока. Замедляющие системы. Выводы энергии. Много ступенчатые коллекторы. Повышение рабочей частоты, полосы пропускания.	[1-6]
	18	ИТОГО		

6. Содержание коллоквиумов Не предусмотрены учебным планом.

7. Перечень практических занятий Не предусмотрены учебным планом.

8. Перечень лабораторных работ Не предусмотрены учебным планом.

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
7 семестр			
1	6	Формулировка уравнений ЛБВ О-типа. Метод Эйлера. Метод Лагранжа. Самосогласованная система уравнений ЛБВ-О типа. Необходимость нелинейной теории.	[1-6]
2	6	Передающие линии СВЧ. Замедляющие системы. Пространственные гармоники. Спиральные замедляющие системы. Особенности волноведущих структур для мощных приборов. Параметры и характеристики замедляющих систем.	[1-6]
3	6	Типы электронных пучков, применяемых в ЛБВ О-типа. Модель одномерных дисков. Влияние пространственного заряда.	[1-6]
4	6	Элементы нелинейной теории ЛБВ О-типа. Одномерная, двумерная и трехмерная модель.	[1-6]
5	6	Релятивистская ЛБВ О-типа. Преобразователи энергии бегущей волны О-типа.	[1-6]
6	6	Основные физические процессы в ЛБВ О-типа. Модуляция электронов по скорости. Фазовая фокусировка электронных сгустков. Группировка электронов. Отбор энергии электронов.	[1-6]
7	6	Методы повышения КПД ЛБВ. Коллекторы с понижающим потенциалом. Многоступенчатые коллекторы. Электронный и полный КПД	[1-6]
8	6	Модуляционные характеристики. Математический анализ. Спектр выходного сигнала. Фазоздвигательные ЛБВ. Условия компрессионного минимума для ЛБВ О-типа.	[1-6]
9	6	Основные направления развития теории и технологии производства ЛБВ О-типа. Катодные узлы. Системы фокусировки электронного потока. Замедляющие системы. Выводы энергии. Много ступенчатые коллекторы. Повышение рабочей частоты, полосы пропускания.	[1-6]
	54	ИТОГО	

Методика прохождения самостоятельной работы студентов представлена в «Информационно-образовательной среде» [6].

10. Расчетно-графическая работа Не предусмотрена учебным планом.

11. Курсовая работа Не предусмотрена учебным планом.

12. Курсовой проект Не предусмотрен учебным планом.

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы формируются отдельные элементы компетенций:

– **ПК-3** - готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Содержание лекционного курса формирует на рассматриваемом этапе элементы компетенций в части, касающейся умения анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается:

- в проведении устного зачетного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала;

- подготовки студентом самостоятельно и под руководством преподавателя отчета и презентации по выданной теме в рамках самостоятельной работы;

- выступление студента с докладом, как способ проверки знаний, умений, навыков по пройденным темам изучаемого предмета в рамках самостоятельной работы.

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная на зачете при ответе на вопросы для зачета. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» (зачтено) и «неудовлетворительно» (не зачтено) и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для зачета. При этом руководствуются следующими критериями.

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Отлично	Заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Хорошо	Заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Удовлетворительно	Заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности при ответе и выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	Выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине

Умения и навыки, приобретенные студентом на этапе освоения указанной части компетенций при преподавании (изучении) рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения:

- самостоятельной работы.

Показателем оценивания степени усвоения знаний элемента компетенций, является оценка, полученная при отчете по самостоятельной работе. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам «зачтено» («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») и «не зачтено» («неудовлетворительно») и осуществляется путем анализа знаний теоретического материала, оформленного отчета, выступления и ответов на вопросы при докладе презентационного материала.

При этом руководствуются следующими критериями при оценивании знаний теоретического материала и оформленного отчета:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности и правил оформления отчета. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения лабораторной работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Зачтено (хорошо)	Выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения и правил оформления отчета, не влияю-

	<p>щие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.</p>
<p>Зачтено (удовлетворительно)</p>	<p>Выставляется студенту, если задание на практическую работу выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.</p>
<p>Не зачтено (неудовлетворительно)</p>	<p>Выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи, неумение оформить отчет. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.</p>

При этом руководствуются следующими критериями при оценивании выступления и ответов на вопросы при докладе презентационного материала [6]:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
<p>Зачтено (отлично)</p>	<p>Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада соответствует заявленной теме и в полной мере ее раскрывает; - Тема полностью раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (не старше 5 лет); изложение материала логично и доступно; - Все ответы на вопросы исчерпывающие и аргументированные;

	<ul style="list-style-type: none"> - Выступление докладчика полностью соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
Зачтено (хорошо)	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада, за исключением отдельных моментов соответствует заявленной теме и в полной мере ее раскрывает; - Тема хорошо раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше 5 лет); в изложении материала есть моменты, нарушающие логичность и доступность; - Все ответы на вопросы даны, но они имеют небольшие неточности и/или недостаточно аргументированы; - Выступление докладчика большей частью соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
Зачтено (удовлетворительно)	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад) с помощью преподавателя.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада большей частью соответствует заявленной теме и ее раскрывает; - Тема раскрыта удовлетворительно: представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше 10 лет); в изложении материала есть моменты, нарушающие логичность и доступность; - Не все ответы на вопросы исчерпывающие и аргументированные; - Выступление докладчика частично соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
Не зачтено (неудовлетворительно)	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад) с помощью преподавателя.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада частично соответствует заявленной теме; - Тема не раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше

	<p>10 лет); изложение материала нелогично и недоступно;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ответы на вопросы отсутствовали или не соответствовали заданной теме; - Выступление докладчика полностью не соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
--	--

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Основы линейной теории приборов О - типа» включает учет успешности выполнения самостоятельной работы и сдачу зачета.

Вопросы для зачета (7 семестр)

1) Формулировка уравнений ЛБВ О-типа. Метод Эйлера. Метод Лагранжа. Самосогласованная система уравнений ЛБВ-О типа. Необходимость нелинейной теории.
2) Передающие линии СВЧ. Замедляющие системы. Пространственные гармоники. Спиральные замедляющие системы. Особенности волноведущих структур для мощных приборов. Параметры и характеристики замедляющих систем.
3) Типы электронных пучков, применяемых в ЛБВ О-типа. Модель одномерных дисков. Влияние пространственного заряда.
4) Элементы нелинейной теории ЛБВ О-типа. Одномерная, двумерная и трехмерная модель.
5) Релятивистская ЛБВ О-типа. Преобразователи энергии бегущей волны О-типа.
6) Основные физические процессы в ЛБВ О-типа. Модуляция электронов по скорости. Фазовая фокусировка электронных сгустков. Группировка электронов. Отбор энергии электронов.
7) Методы повышения КПД ЛБВ. Коллекторы с понижающим потенциалом. Многоступенчатые коллекторы. Электронный и полный КПД.
8) Модуляционные характеристики. Математический анализ. Спектр выходного сигнала. Фазоэдентичные ЛБВ. Условия компрессионного минимума для ЛБВ О-типа.
9) Основные направления развития теории и технологии производства ЛБВ О-типа. Катодные узлы. Системы фокусировки электронного потока. Замедляющие системы. Выводы энергии. Многоступенчатые коллекторы. Повышение рабочей частоты, полосы пропускания.

Вопросы для экзамена. Не предусмотрена учебным планом.

14. Образовательные технологии

Лекционный курс читается с применением *информационно-коммуникационных образовательных технологий* (организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией). Изложение всего материала (*лекции-визуализации*) сопровождается презентациями (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических).

Для контроля выполнения самостоятельной работы применяются *творческие задания*, которые студенты выполняют самостоятельно в виде рефератов и презентаций.

Дисциплина «Элементы нелинейной теории приборов О-типа» состоит: из лекционной части в мультимедийном исполнении; самостоятельных занятий поискового назначения, овладения учебным материалом и освоения дополнительной литературы.

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Основная:

1. Гилмор, А. С. -мл. Лампы с бегущей волной [Текст] / Гилмор А. С. -мл. - Москва: Техносфера, 2013. - 616 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31867>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Соколова, Ж. М. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Соколова Ж. М. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 283 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13961>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Григорьев А.Д., Иванов В.А., Молоковский С.И. Микроволновая электроника: Учебное пособие/Под ред. А.Д.Григорьева - СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 496с.: ил. – (Учебник для вузов. Специальная литература).

Дополнительная

3. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Том 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003 - Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Том 1 / Трубецков Д. И. - 2003. - 496 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17302>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Том 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004 - Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Том 2 / Трубецков Д. И. - 2004. - 647 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17303>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Интернет-ресурсы

6. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. <http://window.edu.ru>

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Учебные аудитории для чтения лекций, проведения лабораторных работ и коллоквиумов: аудитории, оборудованные компьютерами с соответствующим программным обеспечением. Программные и технические средства, используемые при чтении лекций: персональный компьютер, проектор, Microsoft Power Point 2007.

Помещения для самостоятельной работы студентов: аудитории, оборудованные компьютерами с выходом в Интернет.

Информационное и учебно-методическое обеспечение: ЭБС «IPRbooks», электронная библиотека СГТУ им. Гагарина Ю.А., электронная информационно-образовательная среда СГТУ им. Гагарина Ю.А..

Список лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7; Microsoft Office 7; Adobe Acrobat Reader.