

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО  
Профессор В.А. Шпенст

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Подготовка кадров высшей квалификации
<b>Направление подготовки:</b>	11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи
<b>Направленность (профиль):</b>	Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Нормативный срок обучения:</b>	4 года
<b>Составитель:</b>	д.т.н., профессор В.А.Шпенст

Санкт-Петербург

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические рекомендации разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» и предназначены для проведения практических занятий с аспирантами.

Процесс изучения дисциплины обучающимися направлен на закрепление формирования профессиональной компетенции: владение углубленными профессиональными знаниями о фундаментальных процессах и явлениях, протекающих в радиотехнических устройствах и системах, а также о физике электродинамических процессов. В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность научно-исследовательской деятельности в области электроники, радиотехники и систем связи:

- проводить разработку программ проведения научных исследований опытных, конструкторских и технических разработок систем СВЧ;
- осуществлять разработку физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере;
- планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития в общетехническом, общенаучном и социальном контекстах.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Процесс обучения в аспирантуре предусматривает практические занятия. Практические занятия играют важную роль в выработке у обучающихся навыков применения полученных знаний для решения практических задач совместно с преподавателем. Традиционно практические занятия проводятся через 2–3 лекции и логически продолжают работу, начатую на лекции.

*Цель практических занятий.* Практические занятия призваны углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции в обобщенной форме и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности. Они развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания обучающихся и выступают как средство оперативной обратной связи.

Практическое занятие имеет важное значение в подготовке аспиранта, и позволяет:

1. Научить правильно распознавать, с какими объектами приходится иметь дело в каждом конкретном случае выполнения профессиональных обязанностей.
2. Сформировать профессиональные умения и практические навыки работы с каждым объектом.

Преподаватель выполняет *консультирующую, координирующую и направляющую* функцию. На практических занятиях очень высока степень самостоятельности обучающихся. На нее отводится 70% учебного времени занятия.

### **2. Виды практических занятий**

Вид практического занятия определяется содержанием темы, характером рекомендуемых по ней литературных источников, уровнем подготовки обучающихся данной группы, их специальностью, необходимостью увязать преподавание той или иной учебной дисциплины с профилем вуза и другими факторами. Вид практики призван способствовать

наиболее полному раскрытию содержания и структуры обсуждаемой на нем темы, обеспечить наибольшую активность обучающихся, решение познавательных и воспитательных задач. Гибкость видов практических занятий, широкие возможности постоянного их совершенствования позволяют преподавателю наиболее полно осуществлять обратную связь с обучаемыми, выясняя для себя ряд вопросов, имеющих важное значение для постановки всего учебного процесса.

Наиболее распространенным видом проведения практических занятий является *развернутая беседа*. Данный вид предполагает: подготовку обучающихся по всем вопросам практики с единым для группы перечнем рекомендованной литературы; выступления обучающихся (по их желанию или же по вызову преподавателя); обсуждение выступлений, вступление и заключение преподавателя по отдельным вопросам и практики в целом.

Развернутая беседа позволяет вовлечь в обсуждение поставленных вопросов максимум обучающихся, разумеется, при использовании всего арсенала средств их активизации; постановку хорошо продуманных, четко сформулированных дополнительных вопросов к выступающему и всей группе; умелую концентрацию внимания обучающихся на сильных и слабых сторонах выступлений товарищей; своевременное акцентирование интересов обучающихся на новых моментах, возникающих в процессе обсуждения практической темы.

Возрастающий уровень практических занятий требует, чтобы выступление обучающегося носило, как правило, цельный и всесторонний характер и тем самым приближалось как по содержанию, так и по форме к докладу. Остальным участникам практики предоставляется возможность дополнять, корректировать, если в этом возникает необходимость, выступление своего товарища.

Развернутая беседа на основе подготовки всех обучающихся по каждому пункту плана практики не исключает возможности заслушивания сообщений отдельных обучающихся, получивших от преподавателя предварительное задание по тем или иным дополнительным вопросам. Но во

всех случаях подобные сообщения выступают не в качестве основы для обсуждения, а только дополнением к обсуждению стоящих в плане вопросов. Иначе обстоит дело в следующей форме практических занятия — системе докладов. Здесь доклады аспирантов и их обсуждение составляют как бы стержень всего семинара.

*Методика проведения практики с обсуждением докладов* обучающихся подразумевает большое разнообразие вариантов. Иногда преподаватель сам или по желанию аспирантов назначает докладчиков, содокладчиков, оппонентов. Оппоненты и содокладчики должны предварительно ознакомиться с содержанием докладов, иначе их выступления окажутся повторением сказанного или не будут связаны с ним. Слабость этого варианта в том, что значительная часть участников семинара, а точнее — почти все, кроме докладчиков и содокладчиков, будут в стороне от обсуждения. Да и сами выступающие готовят специально лишь один вопрос, остальной материал нередко остается у них не освоенным в достаточной степени. И все же одно-два занятия такого рода провести можно. Они вызывают определенный интерес у студентов. Докладчики могут выступать и без содокладчиков и оппонентов, более того, желательно, чтобы каждый аспирант был готов дополнить и проанализировать доклад своего товарища, прослушав его на занятии. Такая форма семинара приучает обучающихся выступать с анализом услышанного, подводить итоги высказанным при обсуждении мыслям.

При проведении практических занятий практикуется *метод оппонентов*. В этом случае преподаватель назначает не докладчиков, а оппонентов. Обсуждение каждого вопроса плана практики начинается по схеме развернутой беседы. Затем перед своим заключением преподаватель дает слово оппоненту. Тот оценивает все выступления, отмечает высказанные неверные положения и неточности, дополняет материал, подводит итоги состоявшейся дискуссии. Чтобы справиться со своей задачей, оппонент обязан особенно тщательно готовиться по соответствующему вопросу темы.

Возможен вариант, когда преподаватель поручает отдельным обучающимся руководить обсуждением того или иного вопроса на семинаре и, подводя итоги, делать выводы о его плюсах и минусах. В конце практического курса можно поручить одному из наиболее сильных аспирантов ведение семинара целиком, предварительно подготовив его, оказав помощь в составлении рабочего плана. Такой опыт позволяет особенно эффективно формировать у обучающихся навыки педагогической работы, свободного выступления, ведения дискуссии.

Рассматривая развернутую беседу и систему докладов как относительно самостоятельные формы проведения практик, следует подчеркнуть, что они имеют и много общего. Главное в обеих формах — в творческом обсуждении соответствующих вопросов. Разница лишь в начальном звене обсуждения. В первом случае аспирант не имеет предварительного поручения преподавателя на исходное выступление. Преподаватель либо предоставляет ему слово непосредственно на данном занятии, либо по его заявке, либо по вызову (если этот аспирант не проявил активности на предыдущих семинарах).

Вне зависимости от вида практики, его цель достигнута в том случае, когда каждый участник готов дать такое развернутое выступление по любому вопросу плана, которое приближалось бы по своему содержанию к заранее фиксированным докладам. Используя преимущества каждой из форм, преподаватель чередует на занятиях ту и другую форму, не допуская преобладания ни одной из них.

Во избежание разночтения уместно определять освещение обучающимся основного вопроса практики в ходе развернутой беседы как «исходное выступление», а при докладной системе — как «доклад», дополнения и замечания по исходному выступлению и докладу — как «выступление на семинаре», изложение письменного реферата — как «реферативный доклад».

Исходные выступления и доклады носят характер краткого и вместе с тем аргументированного сообщения по определенной проблеме, в котором раскрывается ее теоретическое и практическое значение, содержится критика

антинаучных толкований данной проблемы. Об этих требованиях преподаватель, как правило, сообщает обучающимся уже на первом практическом занятии.

Темы докладов могут полностью совпадать с формулировкой вопроса в плане практического занятия или отражать одну из его сторон, в частности, связанную с практическим ее значением. Нередко практикуются доклады и сообщения по новым приемам или технологиям используемым в радиотехнике. В зависимости от этого меняется и характер предварительной работы преподавателя при подготовке к семинару. Если по теме, совпадающей с вопросом плана семинара, он консультирует всех аспирантов, то во втором и третьем случаях необходима индивидуальная работа с докладчиком, обсуждение совместно с ним плана доклада, дополнительной литературы.

*Обсуждение рефератов студентов.* Между понятиями реферата и доклада нет существенной разницы. Обычно под *рефератом* понимается письменная работа, посвященная анализу того или иного произведения или какой-то проблеме на основе ряда книг, статей. Реферат может быть публично оглашен, а может остаться в рукописи. Что касается доклада, то это, напротив, прежде всего устное сообщение, которое не обязательно пишется автором целиком. Докладчик может выступить без предварительного составления текста, имея перед собой лишь план, тезисы или конспект выступления. Кроме того, от обычных докладов реферат отличается большей самостоятельностью, углублением элементов собственного исследования, творческого поиска, научности. Хорошо, если реферат был предварительно прочитан перед семинаром остальными студентами, но практически это обеспечить затруднительно. Поэтому зачастую автор воспроизводит свой реферат в качестве устного доклада или в виде сообщения о результатах научных исследований, проведенных аспирантом под руководством преподавателя. Реферативные доклады целесообразнее всего ставить на заключительном семинаре по наиболее значимой теме, когда ее основные вопросы уже рассмотрены на предыдущих семинарах.

Подготовка реферата требует значительных усилий со стороны обучающихся и преподавателей. В начале учебного года кафедра предлагает обучающимся перечень тем реферата. Но аспиранты могут, по согласованию с преподавателем, выдвинуть и свои темы. Работая над рефератом, аспиранты консультируются у преподавателя, дают ему на просмотр подготовленные тексты.

### **3. Структура практического занятия, формы и методы**

#### ***1 Вариант***

1. Организационная часть.
2. Проверка знаний (необходимых в практической деятельности).
3. Инструктаж к выполнению практического задания.
4. Выполнение практической работы.
5. Подведение итогов самостоятельной работы (обсуждение отдельных работ или анализ и оценка работ, или теоретические выводы по результатам практической работы и т.п.)

#### ***2 Вариант***

1. Организационная часть.
2. Контроль исходного уровня знаний
3. Изложение нового материала
4. Сообщение темы цели и плана занятия
5. Самостоятельные работы студентов.
5. Закрепление полученных знаний.
6. Подведение итогов.

#### ***Метод упражнений.***

Самым распространенным среди практических методов является *упражнение*. Упражнения бывают:



- интеллектуальными;
- общенаучными
- профессиональными;
- производственными.

По степени самостоятельности упражнения бывают:

- воспроизводящими (учащиеся лишь воспроизводят объясненный преподавателем теоретический материал и практические действия);
- тренировочными - закрепление и углубление знаний путем применения их в новых условиях и формирование всех видов умений;
- творческими - требующими самостоятельных формулировок и выводов решения и рассмотрения вопросов.

**Проблемно – поисковый метод** - активизирует мыслительную деятельность обучающихся, развивает их умственные способности, способствует - творческому началу, приучает к самостоятельности.

**Репродуктивный** – решение задач.

**Частично-поисковый** - самостоятельная работа студентов, обобщение.

**Эвристический** - эвристическая беседа.

**Метод проблемного изложения** – сочетание словесной информации с элементами проблемности.

**Исследовательский** - лабораторные и исследовательские работы, наблюдения.

**Имитационные методы.** К ним относятся:

- познавательный спор;
- учебные дискуссии;
- метод «мозгового штурма»;
- анализ жизненных ситуаций, т.е. методы активного обучения.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

№ n/n	<i>Наименование раздела дисциплины</i>	<i>Содержание раздела</i>
1	Электродинамика и распространение радиоволн	Прохождение ЭМВ через границу раздела двух сред. Распространение ЭМВ в анизотропных и гиротропных средах Общие закономерности распространения ЭМВ в линиях передачи. Волноводы и объемные резонаторы. Измерение параметров линий передачи. Влияние Земли и атмосферы на распространение радиоволн. Методы расчета радиотрасс.
2	Устройства СВЧ и антенны	Слабонаправленные и частотно-независимые антенны. Вибраторные антенны, их конструкции и параметры. Щелевые антенны. Частотно-независимые спиральные и логопериодические антенны. Общие свойства апертурных антенн. Рупорные антенны. Принципы действия линзовых антенн. Зеркальные параболические антенны: принцип действия и конструкция. Основные характеристики параболических антенн. Управление лучом. Основные типы параболических антенн. Классификация антенных решеток с электрическим сканированием луча. Диаграмма направленности антенной решетки. Методы электрического сканирования. Фазированные антенные решетки (ФАР). Дискретное управление лучом ФАР. Схемы возбуждения ФАР. Активные и адаптивные ФАР. ФАР с обработкой сигнала

### Тематика практических заданий

1.	Раздел 1.	Расчет параметров распространения ЭМВ в анизотропных и гиротропных средах. Расчеты и моделирование распространения ЭМВ в линиях передачи. Проектирование волноводов и объемных резонаторов. Измерение параметров линий передачи. Расчеты влияния Земли и атмосферы на распространение радиоволн. Расчет радиотрасс
2.	Раздел 2.	Проектирование и моделирование антенн и устройств СВЧ. Разработка проекта антенного устройства в составе радиолокационного комплекса и обоснование ее ТТХ. Разработка ТЗ на составные системы и устройства . Измерение основных характеристик и параметров антенн: входного сопротивления, диаграммы направленности, коэффициента усиления, поляризационной характеристики. Экспериментальное исследование и автоматизированное проектирование антенн. Проблемы электромагнитной совместимости.

# РЕКОМЕНДОВАННАЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЛИТЕРАТУРА

## Основная:

1. Муромцев, Д.Ю. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, Ю.Т. Зырянов, П.А. Федюнин, О.А. Белоусов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50680>. — Загл. с экрана.
2. Шпенст В.А. Радиолокационные системы и комплексы [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Шпенст. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. — 399 с. — 978-5-94211-776-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78141.html>
3. Электродинамика: Учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Магистратура). (переплет) ISBN 978-5-98281-329-9. <http://znanium.com/catalog/product/391337>.
4. Шпенст В.А. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных систем : учеб. пособие / В.А.Шпенст ; Нац. минер.-сырьевой ун-т "Горный". - СПб. : Горн. ун-т, 2012. - 80 с. - Библиогр.: с. 77 (14 назв.). - ISBN 978-5-94211-595-1 : 35-00.

## Дополнительная:

1. Григорьев, А.Д. Электродинамика и микроволновая техника [Электронный ресурс] : учебник / А.Д. Григорьев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 704 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118>. — Загл. с экрана.
2. Электродинамика: Учебное пособие / И.И. Каликинский. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 159 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Магистратура). (переплет) ISBN 978-5-16-006771-1. <http://znanium.com/catalog/author/e918681e-f84f-11e3-9766-90b11c31de4c>
3. Классическая электродинамика / Пейсахович Ю.Г. - Новосиб.:НГТУ, 2013. - 636 с.: ISBN 978-5-7782-2211-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/557086>
4. Гринев, А. Ю. Основы электродинамики с Matlab [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Гринев, Е. В. Ильин. - М.: Логос, 2012. - 176 с. - ISBN 978-5-98704-700-2. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/468451>

## Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

- Методические указания для самостоятельной работы аспирантов;
- Индивидуальное задание по дисциплине.

## Ресурсы сети «Интернет»

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».
2. Библиотека ГОСТов [www.gostrf.com](http://www.gostrf.com).
3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>
4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>
5. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>, <http://www.tehlit.ru/>.

## Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>

-ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>  
-Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL»  
<https://informsystema.ru>  
-Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

**Современные профессиональные базы данных:**

-Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>  
-«Clarivate Analytics» <https://Clarivate.com>  
-«Springer Nature» <http://100k20.ru/products/journals/>

**Информационные справочные системы:**

1.Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс  
<http://www.consultant.ru/>.  
2. Электронно-периодический справочник «Система Гарант» <http://www.garant.ru/>.  
3.ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре».  
<http://www.informio.ru/>.  
4.Программное обеспечение Норма CS «Горное дело и полезные ископаемые»  
<https://softmap.ru/normacs/normacs-gornoe-delo-i-poleznye-iskopaemye/>

# КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

## 1 раздел

1. Расчет планарных волноводов для распространения волн Е или Н типов в оптическом диапазоне волн.
2. Расчет диэлектрических волноводов круглого сечения для распространения волн типа -Е или типа -Н в оптическом диапазоне.
3. Расчет резонаторов для оптического диапазона волн.
4. Расчет многослойных диэлектрических зеркал для отражения и пропускания оптического диапазона волн.
5. Обыкновенные и необыкновенные волны в анизотропных средах (намагниченный феррит или плазма) и схема установки для обнаружения эффекта Фарадея или эффекта Коттона–Мутона.
6. Расчет электромагнитных полей в СВЧ установках.
7. Расчет и разработка элементарных вибраторов для исследования поляризационных характеристик радиоволн.
8. Расчет дифракции радиоволн на щелях (прямоугольных, круглых).

## 2 раздел

1. Проектирование рупорной антенны.
2. Проектирование зеркальной параболической антенны.
3. Проектирование антенных решеток с электрическим сканированием луча.
4. Расчет диаграммы направленности антенной решетки.
5. Проектирование фазированной антенной решетки (ФАР).