**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Устройства СВЧ и антенны

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиолокационные системы и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **3, 4**
Семестр: **6, 7**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 34 | 0 | 34 | часов |
| 2 | Практические занятия | 16 | 16 | 32 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 0 | 16 | часов |
| 4 | Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 0 | 8 | 8 | часов |
| 5 | Всего аудиторных занятий | 66 | 24 | 90 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 42 | 48 | 90 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 108 | 72 | 180 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 0 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 144 | 72 | 216 | часов |
| | | 4.0 | 2.0 | 6.0 | З.Е. |

Экзамен: 6 семестр
Курсовой проект / курсовая работа: 7 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 37721

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 9 от «24» 5 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 11.08.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. СВЧиКР _____ А. В. Фатеев

доцент каф. СВЧиКР _____ А. Ю. Попков

Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР _____ С. Н. Шарангович

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф. РТС _____ С. В. Мелихов

Эксперты:

Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР) _____ А. Ю. Попков

Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС) _____ В. А. Громов

Согласована на портале № 37721

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Подготовка специалистов в области создания и обеспечения функционирования устройств СВЧ и антенн в специальных радиотехнических системах

### 1.2. Задачи дисциплины

– Изучение студентами:

– • основных типов фидерных линий, устройств СВЧ, классов антенн, их параметров и характеристик;

– • основных конструкций устройств СВЧ и антенн;

– • различных способов согласования устройств СВЧ и антенн;

– • методов измерений основных параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Устройства СВЧ и антенны» (Б1.Б.24) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Устройства СВЧ и антенны, Электродинамика.

Последующими дисциплинами являются: Устройства СВЧ и антенны.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-9 способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии;

– ПК-5 способностью использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** физическую сущность волновых процессов, происходящих в устройствах СВЧ и антеннах, их математическое описание

– **уметь** проводить оптимизацию параметров устройств СВЧ и антенн с использованием различных методов исследований характеристик устройств СВЧ и антенн;

– **владеть** методами исследований по оптимизации параметров устройств СВЧ и антенн

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры | |
|---|---|---|---|
| | | 6 семестр | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 90 | 66 | 24 |
| Лекции | 34 | 34 | 0 |
| Практические занятия | 32 | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 | 0 |
| Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 8 | 0 | 8 |
| Самостоятельная работа (всего) | 90 | 42 | 48 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 | 0 |
| Проработка лекционного материала | 12 | 12 | 0 |
| Подготовка к практическим занятиям, | 62 | 14 | 48 |

Согласована на портале № 37721

| | | | |
|---|---|---|---|
| семинарам | | | |
| Всего (без экзамена) | 180 | 108 | 72 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | 0 |
| Общая трудоемкость, ч | 216 | 144 | 72 |
| Зачетные Единицы | 6.0 | 4.0 | 2.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | КП/КР, ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | | | | |
| 1 Линии передачи | 4 | 2 | 0 | 0 | 6 | 12 | ОПК-9, ПК-5 |
| 2 Устройства СВЧ | 12 | 4 | 8 | 0 | 16 | 40 | ОПК-9, ПК-5 |
| 3 Антенны | 14 | 6 | 8 | 0 | 16 | 44 | ОПК-9, ПК-5 |
| 4 Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ и антенн | 4 | 4 | 0 | 0 | 4 | 12 | ОПК-9, ПК-5 |
| Итого за семестр | 34 | 16 | 16 | 0 | 42 | 108 | |
| 7 семестр | | | | | | | |
| 5 Автоматизированное проетирование устройств СВЧ и антенн | 0 | 16 | 0 | 8 | 48 | 64 | ОПК-9, ПК-5 |
| Итого за семестр | 0 | 16 | 0 | 8 | 48 | 72 | |
| Итого | 34 | 32 | 16 | 8 | 90 | 180 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Линии передачи | Основные типы фидерных линий (двухпроводные, коаксиальные, полосковые, щелевые, волноводные, диэлектрические, с поверхностной волной, волоконно-оптические), их параметры и характеристики. | 4 | ОПК-9, ПК-5 |

Согласована на портале № 37721

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 4 | |
| 2 Устройства СВЧ | Пассивные устройства фидерных трактов СВЧ (реактивные и согласованные нагрузки, переходы, аттенюаторы, фазовращатели, фильтры, вентили, циркуляторы, делители, направленные ответвители, резонаторы, управляемые устройства). Их технические параметры и характеристики, методы расчёта, конструкции, назначения. Принцип декомпозиции анализа сложных устройств. Каскадное соединение базовых элементов многополюсников. | 12 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Итого | 12 | |
| 3 Антенны | Технические параметры и характеристики передающих и приёмных антенн. Линейные непрерывные и дискретные системы, антенны бегущей волны. Вибраторные антенны. Апертурные антенны | 14 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Итого | 14 | |
| 4 Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ и антенн | Основы автоматизированного проектирования разрабатываемых СВЧ устройств и антенн с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ и систем автоматизированного проектирования | 4 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 34 | |
| Итого | | 34 | |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | |
| 1 Устройства СВЧ и антенны | + | + | + | + | + |
| 2 Электродинамика | + | | + | | |
| Последующие дисциплины | | | | | |
| 1 Устройства СВЧ и антенны | + | + | + | + | + |

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| | Виды занятий | Формы контроля |
|---|---|---|

Согласована на портале № 37721

| Компетенции | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | КСР (КП/КР) | Сам. раб. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ОПК-9 | + | + | + | + | + | Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Тест |
| ПК-5 | + | + | + | + | + | Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 2 Устройства СВЧ | Исследование элементов волноводного тракта и согласование сопротивлений нагрузок | 4 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 3 Антенны | Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах | 4 | ОПК-9, ПК-5 |
| | исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

Согласована на портале № 37721

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Линии передачи | Основные типы фидерных линий (двухпроводные, коаксиальные, полосковые, щелевые, волноводные, диэлектрические, с поверхностной волной, волоконно-оптические), их пара-метры и характеристики. Трансформация сопротивлений в линии с нагрузкой. Круговая диаграмма полных сопротивлений и проводимостей. Способы узкополосного и широкополосного согласования, реактивные согласующие цепи и элементы. | 2 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Устройства СВЧ | Математическая модель линий передачи СВЧ. Волновой и классический подходы. Матричное описание и методы расчёта пассивных устройств СВЧ. Пассивные устройства фидерных трактов СВЧ (реактивные и согласованные нагрузки, переходы, аттенюаторы, фазовращатели, фильтры, вентили, циркуляторы, делители, направленные ответвители, резонаторы, управляемые устройства). Их технические параметры и характеристики, методы расчёта, конструкции, назначения. Принцип декомпозиции анализа сложных устройств. Каскадное соединение базовых элементов многополюсников. | 4 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Антенны | Характеристики и параметры передающих и приёмных антенн. Электрически малые излучатели. Симметричные и несимметричные вибраторы, антенны бегущих волн. Симметричные и несимметричные вибраторы, антенны бегущих волн | 6 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ и антенн | Основы автоматизированного проектирования разрабатываемых СВЧ устройств и антенн с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ и систем автоматизированного проектирования | 4 | ОПК-9, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| 7 семестр | | | |
| 5 Автоматизированное проетирование | Проектирование разрабатываемых устройств СВЧ и антенн с использованием современных универ- | 16 | ОПК-9, ПК-5 |

Согласована на портале № 37721

| | | | |
|---|---|---|---|
| устройств СВЧ и антенн | сальных пакетов прикладных программ и систем автоматизированного проектирования | | |
| | Итого | 16 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 32 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Линии передачи | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-9, ПК-5 | Опрос на занятиях, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Устройства СВЧ | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-9, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 16 | | |
| 3 Антенны | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-9, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 16 | | |
| 4 Основы автоматизированного проектирования устройств СВЧ и антенн | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-9, ПК-5 | Опрос на занятиях, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| Итого за семестр | | 42 | | |
| | Подготовка и сдача экза- | 36 | | Экзамен |

Согласована на портале № 37721

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | мена | | | |
| 7 семестр | | | | |
| 5 Автоматизированное проетирование устройств СВЧ и антенн | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 48 | ОПК-9, ПК-5 | Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Тест |
| | Итого | 48 | | |
| Итого за семестр | | 48 | | |
| Итого | | 126 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта / курсовой работы представлены таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта / курсовой работы

| Наименование аудиторных занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| 7 семестр | | |
| Выдача задания на курсовой проект/работу | 2 | ОПК-9, ПК-5 |
| Консультации | 4 | |
| Защита курсового проекта/работы | 2 | |
| Итого за семестр | 8 | |

### 10.1. Темы курсовых проектов / курсовых работ

Примерная тематика курсовых проектов / курсовых работ:

- 1. Волноводно-щелевая антенная решётка резонансного типа
- 2. Волноводно-щелевая антенная решётка с частотным сканированием
- 3. Микрополосковая антенная решётка
- 4. Многолучевая микрополосковая антенная решётка
- 5. Параболическая зеркальная антенна РЛС обнаружения воздушных целей
- 6. Логопериодическая вибраторная антенна станций контроля электромагнитной обстановки

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Защита курсовых проектов / курсовых работ | | | 30 | 30 |
| Опрос на занятиях | 5 | 10 | 15 | 30 |
| Отчет по курсовому проекту / курсовой рабо- | | | 30 | 30 |

Согласована на портале № 37721

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| те | | | | |
| Тест | | | 10 | 10 |
| Итого максимум за период | 5 | 10 | 85 | 100 |
| Нарастающим итогом | 5 | 15 | 100 | 100 |
| 6 семестр | | | | |
| Конспект самоподготовки | 4 | 4 | 6 | 14 |
| Опрос на занятиях | 4 | 4 | 8 | 16 |
| Отчет по лабораторной работе | | 10 | 10 | 20 |
| Тест | | 10 | 10 | 20 |
| Итого максимум за период | 8 | 28 | 34 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 8 | 36 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Гошин Г. Г. - 2012. 145 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2794 (дата обращения: 06.07.2018).

Согласована на портале № 37721

2. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Соколова Ж. М. - 2012. 283 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/634 (дата обращения: 06.07.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 17 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и фидеры [Электронный ресурс]: Сборник задач с формулами и решениями (для практических работ) / Гошин Г. Г. - 2012. 237 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2795 (дата обращения: 06.07.2018).
2. Антенны и устройства СВЧ [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по курсовой работе для студентов, обучающихся по направлениям подготовки специалистов 210601.65 "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Гошин Г. Г., Буянов Ю. И., Фатеев А. В. - 2013. 77 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3745 (дата обращения: 06.07.2018).
3. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Гошин Г. Г. - 2010. 42 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7 (дата обращения: 06.07.2018).
4. Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Никифоров А. Н., Фатеев А. В., Замотринский В. А., Соколова Ж. М., Падусова Е. В. - 2013. 27 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3730 (дата обращения: 06.07.2018).
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛНОВОДНОГО ТРАКТА И СОГЛАСОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ НАГРУЗОК [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М. - 2011. 17 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/132 (дата обращения: 06.07.2018).
6. Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Никифоров А. Н., Фатеев А. В., Замотринский В. А. - 2013. 18 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3700 (дата обращения: 06.07.2018).
7. Исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г. Г., Никифоров А. Н., Фатеев А. В., Шангина Л. И., Замотринский В. А. - 2013. 28 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3699 (дата обращения: 06.07.2018).

#### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы дан-

Согласована на портале № 37721

ных, к которым у ТУСУРа имеется доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-вычислительная лаборатория «Информатики и информационных технологий»

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 337б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (12 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome
- Microsoft Office 2007
- PTC Mathcad 15
- Tracker PDF-XChange Viewer

#### 13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория Микроволновой техники

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (14 шт.);
- Демонстрационное оборудование для презентаций (проек-тор 1 шт., экран 1 шт.);
- Осциллограф GDS – 71022 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-18 (1 шт.);
- Генератор сигнала 33522А (1 шт.);
- Вольтметр циф. GDM 8145 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-04 (1 шт.);
- Анализатор спектра СК4М-04 (1 шт.);
- Осциллограф цифровой MS07104 (1 шт.);
- Мультиметр цифровой 34405А (1 шт.);
- Источник питания GPD-73303S (1 шт.);
- Генератор Г3-14 (2 шт.);

Согласована на портале № 37721

- Генератор Г4-126 (1 шт.);
- Измеритель Р2-60 (2 блока);
- Измеритель Р5-12 (1 шт.);
- Измерительная линия Р1-27 (1 шт.);
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18 (1 шт.);
- Опорно-поворотное устройство (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Google Chrome
– Microsoft Office 2010 и ниже
– PTC Mathcad 15
– Tracker PDF-XChange Viewer

### 13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

Согласована на портале № 37721

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. По какому закону при изменении частоты изменяются потери в металлах?
-при увеличении частоты уменьшаются по линейному закону,
-при увеличении частоты растут пропорционально корню квадратному из частоты,
-при увеличении частоты растут линейно,
-уменьшаются при увеличении частоты пропорционально корню квадратному из частоты.

2. Толщина скин-слоя – это
-толщина оксидной плёнки, образующейся на поверхности металла,
-глубина проникновения поля в металл с увеличением его амплитуды в раз,
-глубина проникновения поля в металл с уменьшением его амплитуды в е раз,
-глубина проникновения поля в металл с уменьшением его амплитуды в 2 раза.

3. Резонансные сечения в ЛП – это сечения, в которых
-компоненты напряженности полей имеют вещественные значения,
-компоненты напряженности полей принимают максимальные или минимальные значения,
-сопротивление линии равно сопротивлению нагрузки,
-сопротивление линии является вещественным.

4. Эквивалентные сечения в ЛП – это сечения, в которых
-компоненты напряженности полей имеют вещественные значения,
-компоненты напряженности полей принимают максимальные или минимальные значения,
-сопротивление линии равно сопротивлению нагрузки,
-сопротивление линии является вещественным.

5. Каким в общем случае является полное сопротивление линии?
-вещественным,
-постоянным,
-переменным,
-комплексным.

6. Каким является волновое сопротивление линии?:
-реактивным,
-вещественным,
-постоянным,
-переменным,

7. Шлейф – это отрезок фидера,
-разомкнутый на конце,
-короткозамкнутый на конце,
-нагруженный на активное сопротивление,
-имеющий чисто реактивное входное сопротивление.

8. К четырехполюсникам относятся
-фильтры
-нагрузки
-делители мощности

Согласована на портале № 37721

-направленные ответвители

9. В закрытых резонаторах возможны только такие колебания, для которых по длине резонатора укладывается целое число
-λ
-λ/2
-λ/4
-2λ

10. К диссипативным устройствам относятся
-фазовращатели
-переходы
-аттенюаторы
-направленные ответвители

11. С помощью какого поля можно изменить направление циркуляции в Y-циркуляторе?
-постоянного магнитного
-переменного магнитного
-электрического
-электромагнитного

12. Внутренняя задача теории антенн применительно к линейным антеннам означает нахождение
-распределения поля внутри проводника,
-запасённой в антенне энергии,
-распределения тока вдоль проводника,
-температуры внутренних шумов.

13. Какую поляризацию называют вращающейся?
-горизонтальную,
-наклонную,
-круговую,
-эллиптическую.

14. У каких поляризаций вектор сохраняет свою ориентацию в пространстве?
-у вертикальной,
-у горизонтальной,
-у наклонной,
-у эллиптической.

15. Правильные соотношения между коэффициентами усиления, направленного действия и полезного действия:
-КНД = КПД * КУ
-КУ = КПД*КНД
-КПД = КНД / КУ
- КПД = КУ / КНД

16. Шумовая температура антенны – это температура:
-среды, в которой находится антенна,
-до которой разогревается антенна в режиме передачи,
-собственных шумов антенны в режиме приёма,
-собственных и внешних шумов приемной антенны.

17. У какой из антенн в осевом режиме излучения шире рабочий диапазон?

Согласована на портале № 37721

-у трёхвитковой цилиндрической спиральной антенны,
-у шестивитковой цилиндрической спиральной антенны,
-у трёхвитковой конической спиральной антенны.
-у шестивитковой конической спиральной антенны.

18. Какую поляризацию в осевом режиме излучения имеют спиральные антенны в направлении максимума ДН?
-вертикальную,
-наклонную,
-круговую,
-эллиптическую.

19. Какие типы апертурных антенн в радиодиапазон пришли из оптики?
-рупорные антенны,
-антенны на замедляющих линзах,
-антенны на ускоряющих линзах,
-зеркальные антенны.

20. Какой профиль имеет малое зеркало в классической схеме Кассегрена?
-сферический,
-параболический,
-гиперболический,
-эллиптический.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

Вопрос №1

1. Линии передачи: определение; регулярные, нерегулярные, однородные, не однородные. Открытые, закрытые – их достоинства и недостатки, применения. Примеры. 2. Радиолиния: понятие, структурная схема, примеры. Достоинства и недостатки по сравнению с фидерными линиями. Принцип электродинамического подобия и его использование при расчетах и экспериментальных исследованиях. 3. Основные параметры и характеристики фидеров: типы волн, дисперсионная характеристика, затухание, электрическая прочность, предельная и допустимая мощности, волновое сопротивление, погонные пара-метры. 4. Математическая модель линий передачи СВЧ. Основные требования, предъявляемые к фидерным линиям. Частотные зависимости затухания в проводниках и диэлектриках. 5. Объясните, почему обычно работают на волне одного типа, в частности основного. В каких случаях работают на волнах высших типов? В каких линиях имеет место дисперсия и в чем проявляется? Как она влияет на распространение сигналов? 6. Двухпроводная и коаксиальная линии: волна основного типа, ее длина и фаз-вая скорость, волновое со-противление, погонные параметры. Условие работы на волне основного типа в коаксиальной линии. Мар-кировка коаксиальных ка-белей. 7. Полосковые и микрополосковые линии: разновидности, волна основного типа, ее длина и фазовая ско-рость, волновое сопротивление, погонные параметры, структура поля. 8. Волноводы прямоугольного сечения. Типы волн, критические длины волн. Волна основного типа, условие ее существования, структура поля, характеристическое и волновое сопротивления, передаваемая мощ-ность. Технология изготовления и стандарты. Применения. 9. Волноводы круглого сечения. Типы волн, критические длины волн. Волна ос-новного типа, условие ее су-ществования, структура поля, характеристическое и волновое сопротивления, передаваемая мощность. Технология изготовления. Применения. 10. Линии передачи с поверхностной волной. Понятие поверхностной волны, ее длина и фазовая скорость, структура поля. Примеры реализаций ЛП с поверхностной волной и применения. 11. Диапазоны длин волн. Понятие СВЧ. Типы применяемых в различных диапазонах фидеров. Понятия экви-валентных линий и схем. Волновой и классический подходы, связь между ними. 12. Коэффициент отражения от нагрузки, КБВ, КСВ, сопротивление линии и со-отношение между ними. Поведение модуля коэффициента отражения в идеальных и реальных ЛП. Резонансные сечения, значения в них напряженностей полей и сопротивлений. 13. Коэффициент отражения от нагрузки, КБВ, КСВ, сопротивление линии и соотношение между ними. Поведение модуля коэффициента отражения в идеальных и реальных линиях. Режимы в ЛП и их связь

Согласована на портале № 37721

с сопро-тивлением нагрузки. 14. Формула трансформации сопротивлений с пояснениями. Эквивалентные сечения и расстояния между ни-ми. Входное сопротивление отрезка фидера, значения в случае реактивных нагрузок. Понятие шлейфов, их входные сопротивления, применения. 15. Формула трансформации сопротивлений с пояснениями. Резонансные сечения и расстояния между ними. Поведение в них компонент напряженности электрического и магнитного полей, связь с модулем коэффициента отражения от на-грузки. Сопротивление линии в резонансных сечениях и связь их с КСВ и КБВ. 16. Узкополосное согласование активных нагрузок. Четвертьволновые понижающие и повышающие транс-форматоры, их включения в ЛП и выбор значений сопротивлений. Эквивалентные схемы, распределения напряжения, КБВ или КСВ вдоль ЛП при согласовании. 17. Узкополосное согласование комплексных нагрузок. Метод компенсирующих реактивностей, последова-тельное и параллельное включения их в ЛП. Эквивалентные схемы. Пояснения на круговой диаграмме Вольперта – Смита. 18. Узкополосное согласование комплексных нагрузок. Метод компенсирующих реактивностей, их реализация в волноводной технике, эквивалентные схемы. 19. Типовые элементы трактов СВЧ: эквиваленты антенн, реактивные нагрузки, четвертьволновые металлические изоляторы. 20. Типовые элементы трактов СВЧ: волноводные соединения, повороты, коаксиально-волноводные переходы и переходы с прямоугольного волновода на круглый. 21. Объемный резонатор: устройство, разновидности, применения. Сравнение с колебательным контуром. Включение в тракт, связь с внешними цепями. 22. Объемные резонаторы: типы колебаний, резонансные длины волн, добротности. Устройство и применение коаксиального резонатора. 23. Ступенчатые и плавные согласующие переходы. Классификация управляющих устройств. Механические аттенюаторы и фазовращатели. 24. Многополюсники СВЧ: плоскости отсчета фаз, волновой и классический под-ходы описания, нормировка токов и напряжений, падающие и отраженные волны. 25. Волновая матрица рассеяния: физический смысл элементов, испытательные режимы. Применения. 26. Матрицы сопротивлений и проводимостей: физический смысл элементов, испытательные режимы. Приме-нения. 27. Идеальные и реальные матрицы. Матрица рассеяния идеального вентиля, физический смысл ее элементов. 28. Фундаментальные свойства матриц: взаимности, симметрии, недиссипативности; понятия, математические формулировки, необходимость учета. 29. Недиссипативный четырехполюсник: матрицы сопротивлений и рассеяния. Реактивный многополюсник. 30. Ферриты и их свойства. Невзаимные устройства на основе эффекта Фарадея и с поперечно-подмагниченным ферритом (вентили). Фазовращатели. 31. Циркулятор: понятие, матрицы рассеяния, устройство, назначение и применения. 32. Направленный ответвитель: понятие, матрица рассеяния, устройство, назначение и применения.

Вопрос №2

Что такое антенна?

2. Определение и особенности класса линейных антенн.

3. Определение и особенности класса апертурных антенн.

4. Дальняя, промежуточная и ближняя зоны антенны. Их границы и свойства полей

5. Назначение и классификация антенн, понятия, определения

6. Внутренняя и внешняя задачи теории антенн

7. Амплитудная ДН, ее форма и ширина, графическое изображение

8. Теорема о перемножении ДН однотипных облучателей

9. Фазовая диаграмма антенны. Фазовый центр и центр излучения

10. Мощность и сопротивление излучения антенны

11. Входное сопротивление антенны, связь с сопротивлением излучения

12. Электрическая прочность. Предельная и допустимая мощности

13. Поляризация, ее виды, необходимость учета при приеме

14. Принцип электродинамического подобия и его использование при исследовании антенн

15. КНД, КПД и КУ антенны, определения, взаимосвязи

16. Действующая длина и диапазон рабочих частот антенны

17. Приемные антенны. Эквивалентная схема. Формулы Неймана для ЭДС

18. Приемные антенны. Условия приема максимальной мощности

19. Принцип взаимности и его использование применительно к расчету характеристик приемных антенн

20. Эффективная площадь антенны, связь с КНД и действующей длиной линейной антенны

Согласована на портале № 37721

21. Шумовая температура антенны, связь с КПД, пути ее снижения

22. Особенности работы антенн на низких и высоких частотах

23. Энергетические соотношения в приемных антеннах на СВЧ в согласованном и рассогласованном режимах

24. Формула идеальной радиопередачи с пояснениями

25. Понятие множителя направленности ЛНС и её элемента.

26. Понятие множителя направленности ЛДС и её элемента.

27. Понятие множителя направленности плоской апертуры и её элемента.

28. Как определяется угол максимума излучения ЛНС бегущей волны?

29. Понятие оптимального режима в ЛНС.

30. Влияние на ДН формы амплитудного распределения в синфазной ЛНС.

31. Влияние на ДН линейных и кубических фазовых искажений в ЛНС с постоянным амплитудным распределением.

32. Влияние на ДН квадратичных фазовых искажений в ЛНС с постоянным амплитудным распределением.

33. Способы подавления дифракционных максимумов

34. Сравнить и прокомментировать множители направленности ЛНС и ЛДС.

35. Множитель направленности плоских излучающих раскрывов

36. КНД, КИП и эффективная поверхность синфазного плоского излучающего раскрыва

37. Симметричный электрический вибратор. Распределение тока, ДН, сопротивление излучения, КНД.

38. Симметричный электрический вибратор. Распределение тока, действующая длина, эффект укорочения длины вибратора, входное сопротивление.

39. Конструкции симметричных линейных вибраторных антенн. Способы питания посредством двухпроводной и коаксиальной линий. Применения

40. Петлеобразный вибратор Пистолькорса. Способы питания посредством двухпроводной и коаксиальной линий, ДН, применения

41. Конструкции несимметричных вибраторов. Способы возбуждения, ДН, применения

42. Способы расширения рабочего диапазона вибраторных антенн

43. Щелевые излучатели. Принцип двойственности и его использование при их расчете

44. Цилиндрическая и коническая спиральные антенны. Режимы излучения, поляризация. Конструкции, принцип действия, их сравнительная характеристика, применения

45. Диэлектрические стержневые антенны. Конструкции, принцип действия, применения

46. Волноводные излучатели. Метод расчета. Конструкции, принцип действия, применения

47. Рупорные антенны. Конструкции, принцип действия, применения

48. Линзовые антенны на замедляющих линзах. Устройство, принцип действия, применения

49. Линзовые антенны на ускоряющих линзах. Устройство, принцип действия, применения

50. Антенна на основе линзы Люнеберга. Конструкция, принцип действия, применение

51. Параболические однозеркальные антенны. Апертурный метод расчета. Конструкции, принцип действия, применения

52. Параболические двухзеркальные антенны Кассегрена и Грегори. Метод расчета. Конструкции, принцип действия, применения

### 14.1.3. Вопросы на самоподготовку

Совпадают с темами опросов на занятиях

### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

Основные типы фидерных линий (двухпроводные, коаксиальные, полосковые, щелевые, волноводные, диэлектрические, с поверхностной волной, волоконно-оптические), их параметры и характеристики.

Пассивные устройства фидерных трактов СВЧ (реактивные и согласованные нагрузки, переходы, аттенюаторы, фазовращатели, фильтры, вентили, циркуляторы, делители, направленные ответвители, резонаторы, управляемые устройства). Их технические параметры и характеристики, методы расчёта, конструкции, назначения. Принцип декомпозиции анализа сложных устройств. Каскадное соединение базовых элементов многополюсников.

Технические параметры и характеристики передающих и приёмных антенн. Линейные не-

Согласована на портале № 37721

прерывные и дискретные системы, антенны бегущей волны. Вибраторные антенны. Апертурные антенны

Основы автоматизированного проектирования разрабатываемых СВЧ устройств и антенн с использованием современных универсальных пакетов прикладных программ и систем автоматизированного проектирования

### 14.1.5. Темы лабораторных работ

Исследование элементов волноводного тракта и согласование сопротивлений нагрузок

Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах

Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов

исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности

### 14.1.6. Темы курсовых проектов / курсовых работ

1. Волноводно-щелевая антенная решётка резонансного типа 2. Волноводно-щелевая антенная решётка с частотным сканированием 3. Микрополосковая антенная решётка 4. Многолучевая микрополосковая антенная решётка 5. Параболическая зеркальная антенна РЛС обнаружения воздушных целей 6. Логопериодическая вибраторная антенна станций контроля электромагнитной обстановки

## 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

## 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

Согласована на портале № 37721

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 37721