Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ **П.Е. Троян**
«5» 09 **2016 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства»

Уровень основной образовательной программы Бакалавриат

Направление подготовки 11.03.02. – Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль «Системы радиосвязи и радиодоступа»

Форма обучения очная

Факультет Радиотехнический

Кафедра Телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)

Курс третий **Семестр** шестой

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 **годов**

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 6	Всего	Единицы
1.	Лекции	24	24	часов
2.	Лабораторные работы	18	18	часов
3.	Практические занятия	18	18	часов
4.	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5.	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
6.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	48	48	часов
7.	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8.	Экзамен	36	36	часов
9.	Общая трудоёмкость	144	144	часов
	(в зачётных единицах)	4	4	

Зачёт нет **семестр** **Диф. зачёт** нет **семестр**

Экзамен шестой **семестр**

Томск 2016

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень бакалавриата)», утверждённого 11.03.2015, № 174, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СВЧиКР «30» мая 2016 г., протокол № 9.

Разработчик профессор каф. СВЧиКР _____ ГошинГ.Г.
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами.

Декан РТФ _____ Попова К.Ю.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей кафедрой ТОР _____ Демидов А.Я.
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей кафедрой ТОР _____ Демидов А.Я.
(подпись) (Ф.И.О.)

Эксперты:

ТУСУР, каф. СВЧиКР , профессор _____ А.Е. Мандель

ТУСУР, каф. ТОР, доцент _____ С.И. Богомолов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства» является подготовка специалистов в области создания и обеспечения функционирования антенно-фидерных устройств в системах радиосвязи с учётом особенностей распространения радиоволн различных диапазонов и с учётом влияния подстилающей поверхности, тропосферы и ионосферы.

Задачами дисциплины является изучение:

- основных типов фидерных линий и элементов фидерного тракта;
- основных конструкций и параметров передающих и приёмных антенн,
- распространения радиоволн в свободном пространстве и в земных условиях с учётом влияние среды на характеристики систем радиосвязи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Б1.В.ОД.5 – обязательная дисциплина вариативной части.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

- умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов **(ПК-8)**.
- умением проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфо-коммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ **(ПК-9).**

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- принципы действия, основные параметры и характеристики различных типов передающих и приёмных антенн в системах радиосвязи с учётом влияния земной поверхности и свойств среды распространения (ПК-8, ПК-9);

уметь:

- разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники конструкции антенно-фидерных устройств систем радиосвязи (ПК-9);

владеть:

- основными методами расчёта и математического моделирования, включая САПР, параметров и характеристик антенно-фидерных устройств систем радиосвязи (ПК-9);
- методами расчёта напряжённости поля в точке приёма для радиолиний систем радиосвязи и телерадиовещания с учётом влияния земной поверхности и свойств среды распространения (ПК-8, ПК-9).

Согласована на портале № 5979

4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4** зачётных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
Аудиторные занятия (всего)	**60**	**60**
в том числе:		
Лекции	24	24
Лабораторные работы	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**48**	**48**
в том числе:		
Проработка лекционного материала.	14	14
Подготовка к практическим занятиям, контрольным работам, тестированию.	16	16
Подготовка к лабораторным работам и составление отчётов	18	18
Экзамен	**36**	**36**
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Зачётные единицы трудоёмкости	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лаб. раб.	Практ. занят.	СРС	Всего час.	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
	Фидерные линии и пассивные устройства	6	6	8	18	38	ПК-8, ПК-9
1	Регулярные линии передачи	2	-	4	6	12	
2	Линии передачи конеч-ной длины. Согласование	2	2	4	8	16	
3	Пассивные устройства на основе линий передачи	2	4	-	4	10	
	Антенны	10	12	8	24	54	ПК-8, ПК-9
4	Параметры передающих и приёмных антенн	2	-	2	4	8	
5	Линейные антенны	2	4	2	6	14	
6	Апертурные антенны	2	8	2	10	22	
7	Антенные решётки	2	-	2	2	6	
8	Особенности антенн различ-ного назначения и диапазонов	2	-	-	2	4	
	Распространение радиоволн	8	-	2	6	16	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 5979

9	Общие вопросы теории распространения радиоволн	2	-	2	2	6	
10	Распространение земных радиоволн	2	-	-	2	4	
11	Влияние тропосферы и ионосферы на распространение радиоволн	4	-	-	2	6	
	Итого:	**24**	**18**	**18**	**48**	**108**	

5.2. Содержание разделов лекционного курса (24 часа)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоём-кость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
	Фидерные линии и пассивные устройства		**6**	ПК-8, ПК-9
1	Регулярные линии передачи	Линии: двухпроводные, коаксиальные, полые волноводы, волоконно-оптические линии. Структуры полей, технические характеристики, применения.	2	
2	Линии передачи конечной длины. Согласование	Формула трансформация сопротивлений. Круговая диаграмма Вольперта-Смита. Согласованные и реактивные нагрузки, шлейфы. Узкополосное согласование. Четвертьволновый трансформатор. Метод компенсирующих реактивностей согласования произвольных нагрузок. Широкополосное согласование.	2	
3	Пассивные устройства на основе линий передачи	Волновой и классический подходы. Матрица рассеяния. Ограничения на элементы матриц, налагаемые условиями взаимности, симметрии и недиссипативности. Примеры составления матриц для четырёх-, шести- и восьмиполюсников. Каскадные соединения многополюсников. Принцип декомпозиции. Алгоритм объединения устройств в общий тракт.	2	
	Антенны		**10**	ПК-8, ПК-9
4	Параметры передающих и приёмных антенн	Дальняя, промежуточная и ближняя зоны излучения антенн. Комплексная векторная диаграмма направленности, поляризация, КНД, коэффициент усиления, эффективная длина и площадь антенн. Шумовая температура.	2	
5	Линейные антенны	Симметричный вибратор, его диаграмма направленности, входное сопротивление. Петлеобразный вибратор Пистолькорса. Широкополосные вибраторы. Несимметричные штыревые вибраторы. Связанные вибраторы. Применения.	2	
6	Апертурные антенны	Внешняя и внутренняя задачи теории апертурных антенн и методы их решения. Коэффициент использования поверхности антенны. Волноводные и рупорные антенны. Линзовые и зеркальные антенны. Антенны с вынесенным облучателем. Спутниковые передающие антенны с контурными зонами обслуживания. Конструкции, применения.	2	
7	Антенные решётки	Линейные непрерывные и дискретные антенные системы. Теорема о перемножении диаграмм	2	

Согласована на портале № 5979

		направленности. Анализ множителя решётки. Волноводно-щелевые антенные решётки. Директорные и логопериодические антенны. Фазированные антенные решётки.		
	Распространение радиоволн		**8**	ПК-8, ПК-9
8	Общие вопросы теории. Распространение земных радиоволн	Состав и строение атмосферы Земли. Физические явления при распространении волн. Классификация радиоволн по диапазону и способу распространения. Формулы идеальной радиопередачи и множитель ослабления. Определение области пространства, существенной при распространении радиоволн. Расчёт поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости. Интерференционные формулы. Зона, существенная при отражении. Диаграммы направленности поднятых антенн. Учет сферичности Земли при распространении радиоволн в освещённой зоне. Расчёт поля при низко расположенных антеннах. Распространение радиоволн в городских условиях.	3	
9	Распространение радиоволн в тропосфере	Строение тропосферы, её электрические параметры. Распространение радиоволн в неоднородной тропосфере. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли. Сверхрефракция. Рассеяние радиоволн на тропосферных неоднородностях. Дальнее тропосферное распространение (ДТР). Поглощение радиоволн в тропосфере.	2	
10	Распространение радиоволн в ионосфере и на космических трассах	Строение ионосферы. Физические причины образования ионосферы. Диэлектрическая проницаемость ионосферы. Характеристика ионосферных слоев. Критические и максимальные частоты. Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере. Особенности распространение коротких волн, прогноз максимально применимых частот на ионосферных станциях, МПЧ и НПЧ, замирания и зоны молчания. Распространение радиоволн на космических трассах.	3	

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Предшествующие дисциплины												
1	Теория электрических цепей	+	+	+								
2	Электромагнитные поля и волны	+										
Последующие дисциплины												
1	Электромагнитная совместимость и управление радиочастотным спектром	+	+	+	+	+	+	+				

Согласована на портале № 5979

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

Компетенции	Л	ЛР	П	СРС	Формы контроля
ПК-8	+	-	-	+	Опрос на лекциях, контрольные работы, тесты. Экзамен.
ПК-9	+	+	+	+	Опрос на лабораторных работах и практических занятиях. Своевременное выполнение заданий по практическим занятиям, защита отчётов по лабораторным работам. Контрольные работы, тесты.

Л – лекция, ЛР – лабораторная работа, П – практика, СРС – самостоятельная работа студента.

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе и с учётом требований к объёму занятий в интерактивной форме.

Формы **Методы**	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Всего
Обратная связь (опросы на лекциях, на практических занятиях, при проведении лабораторных работ)	2	2	4	8
Работа в команде (выполнение лабораторных работ, составление и защита отчётов)	–	4	–	4
Итого интерактивных занятий	2	6	4	**12**

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (18 часов)

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)	ОК, ПК
2, 3	Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов	6	ПК-9
5	Исследование диэлектрических антенн	4	
6	Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах	4	
6	Исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности	4	

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (18 часов)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Количество часов	ОК, ПК
1	1	Линии передачи с Т-волнами Волноводные линии.	2	ПК-9
2	2	Нагруженные отрезки фидеров. Узкополосное и широкополосное согласование.	2	
3	1-3	Контрольная работа «Фидерные тракты»	2	
4	4	Параметры и характеристики антенн	2	

Согласована на портале № 5979

5	5	Линейные антенны	2
6	6	Апертурные антенны	2
7	4-7	Контрольная работа «Антенны»	2
8	4-7	Тесты «Антенны». Обсуждение результатов	2
9	8-10	Контрольная работа «Распространение радиоволн»	2

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (48 часов)

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоёмкость (час.)	Компетенции	Контроль выполнения работы
1.	1 - 10	Проработка лекционного материала.	12	ПК-8, ПК-9	Конспект, опрос.
2.	1-10	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, контрольным работам, тестированию.	36	ПК-8, ПК-9	Проверка домашних заданий, отчётов по лабораторным работам, контрольных работ, тестов.
	Всего		**48**		

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Не предусмотрены учебным планом

11. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

МЕТОДИКА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости, которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга.

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$KTx\big|_{x=1,2} = \frac{(Сумма_баллов, _набранная_к_KTx)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}.$$

Итоговый контроль освоения дисциплины осуществляется на экзамене по традиционной пятибалльной шкале. Обязательным условием перед сдачей экзамена является выполнение студентом необходимых по рабочей программе для дисциплины видов занятий: выполнение и защита результатов лабораторных работ, выполнение контрольных работ и заданий на практических занятиях.

Экзаменационный билет содержит три вопроса. Максимальная оценка за каждый вопрос составляет 10 баллов. Максимальная экзаменационная оценка составляет 30 баллов. Экзаменационная составляющая менее 10 баллов – экзамен не сдан, требует повторной пересдачи в установленном порядке.

Формирование итоговой суммы баллов осуществляется путем суммирования семестровой (до 70 баллов) и экзаменационной составляющих (до 30 баллов).

Согласована на портале № 5979

Таблица 11.1 Распределение баллов в семестре

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	4	3	3	**10**
Контрольные работы и тесты на практических занятиях	8	8		**16**
Расчётные домашние задания	6	6	4	**16**
Выполнение и защита лабораторных работ		8	8	**16**
Компонент своевременности	4	4	4	**12**
Итого максимум за период:	**22**	**29**	**19**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**22**	**51**	**70**	**100**

Таблица 11.2 Пересчёт 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**

Таблица 11.3 Пересчёт суммы баллов в традиционную и международную оценки

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.

а) основная литература:

1. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства [Электронный ресурс]: Учебное пособие с грифом СибРОУМО / Буянов Ю.И., Гошин Г.Г.; Томск: ТУСУР, 2013. – 300 с. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3608
2. Антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Гошин Г. Г.; Томск: ТУСУР, 2012. – 145 с. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2794

б) дополнительная литература:

3. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. А. Замотринский, Л.И. Шангина; Томск: ТУСУР, 2012. – 223 с. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/712
4. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (**20** экз.)

Согласована на портале № 5979

5. Г.А. Ерохин и др. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 491 с. (**42**)

в) перечень методических указаний по организации самостоятельной работы студентов, по лабораторным работам и практическим занятиям:

1. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Г. Г. Гошин – Томск: ТУСУР, 2010. – 42 с. Режим доступа: :http://edu.tusur.ru/training/publications/7
2. Скалярный анализатор параметров цепей Р2М [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. Томск: ТУСУР, 2012. – 36 с. – Режим доступа: :http://edu.tusur.ru/training/publications/3729
3. Исследование диаграммы направленности параболической антенны по измерениям поля в дальней и ближней зонах [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 18 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3700
4. Исследование диэлектрических антенн [Электронный ресурс]: Руководство к лабора-торной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 23 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3722
5. Исследование ферритовых вентилей и циркуляторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе // Падусова Е. В., Соколова Ж. М., Никифоров А.Н., Фатеев А.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 27 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3730
6. Исследование влияния распределения поля в раскрыве антенны на её диаграмму направленности [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Гошин Г.Г., Фатеев А.В., Шангина Л.И.– Томск: ТУСУР, 2013. – 28 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3699
7. Гошин Г.Г. Антенны и фидеры. Сборник задач с формулами и решениями [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР. – 2012. – 237с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2795

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

Учебно-исследовательская лаборатория «Микроволновая техника», ауд. 328 РК. Рабочие места оборудованы компьютерами с выходом в Интернет.

14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Объём часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только наиболее важные моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным и практическим занятиям, к контрольной работе или коллоквиуму. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии познакомить их с основными положениями и требованиями рабочей программы, с подлежащими изучению темами, списком основной и дополнительной литературы, с положениями балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности. В учебном процессе применяются интерактивные методы обучения для увеличения заинтересованности студентов и повышения их компетенций.

Приложение к рабочей программе

Согласована на портале № 5979

Приложение к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ **П.Е. Троян**
«5» 09 **2016 г.**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства

Уровень основной образовательной программы Бакалавриат

Направление подготовки 11.03.02. – Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль «Системы радиосвязи и радиодоступа»

Форма обучения очная

Факультет Радиотехнический

Кафедра Телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)

Курс третий **Семестр** шестой

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов

Зачёт нет **семестр** **Диф. зачёт** нет **семестр**

Экзамен шестой **семестр**

Томск 2016

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи, контрольные работы, тесты) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов. Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закреплённых за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-8	Умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов.	**Должен знать** основные методики сбора и анализа информации для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов. **Должен уметь** правильно выбрать антенну и фидерную линию, оценить их параметры и выполнить согласование антенно-фидерного тракта. **Должен владеть** основными методами учёта влияния поверхности и атмосферы Земли на параметры и характеристики антенных систем.
ПК-9	Умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.	**Должен знать** принципы функционирования антенн и устройств СВЧ в различных инфокоммуникационных системах с учётом влияния условий распространения радиоволн и характера земной поверхности. **Должен уметь** проводить расчёты антенн и фидерных трактов для инфокоммуникационных систем различных частотных диапазонов и назначения в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов и программных продуктов. **Должен владеть** основными инженерными методами расчёта параметров и характеристик антенн, фидерных трактов и входящих в них устройств.

2. Формирование и реализация компетенций

2.1. Компетенция ПК-8: Умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Согласована на портале № 5979

Таблица 2.1.– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Основные методики сбора и анализа информации для формирования исходных данных для проектиро-вания средств и сетей связи и их элементов.	На основе анализа собранной информации правильно выбрать антенну и фидерную линию, оценить их параметры и выполнить согласование антенно-фидерного тракта для обес-печения работы инфоком-муникационной системы.	Основными методами учёта влияния поверхности и атмосферы Земли на параметры и характерис-тики антенн в системах связи.
Виды занятий	Лекции. Групповые консультации. Самостоятельная работа студентов .	Лекции. Практические занятия. Контрольные работы. Тестирование. Самостоятельная работа студентов.	Практические занятия. Контрольные работы. Коллоквиум. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Контроль самостоятель-ной работы студентов. Экзамен.	Проверка домашних заданий по практикам.. Проверка контрольных работ. Проверка тестов. Контроль самостоятельной работы студентов. Экзамен.	Проверка домашних заданий по практикам. Проверка контрольных работ. Активность на коллоквиуме. Контроль самостоятельной работы студентов. Экзамен.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Основные методики сбора и анализа информации для формирования исходных данных для проектиро-вания средств и сетей связи и их элементов.	На основе анализа собранной информа-ции правильно выбрать антенну и фидерную линию, рассчитать их параметры и выполнить согласование антенно-фидерного тракта.	Основными методами учёта влияния поверхности и атмосферы Земли на параметры и характе-ристики антенн в системах связи.
Хорошо (базовый уровень)	Некоторые методики сбора и анализа информации для формирования исходных данных для проектирова-ния средств и сетей связи и их основных элементов.	На основе анализа собранной информа-ции может выбрать антенну и фидерную линию, рассчитать их параметры и выпол-нить согласование отдельных устройств.	Некоторыми методами учёта влияния поверхности и атмосферы Земли на параметры и характе-ристики антенн в системах связи.
Удовлетворительно	Некоторые методики сбора	На основе анализа	Имеет представление о

Согласована на портале № 5979

(пороговый уровень)	и анализа информации для формирования исходных данных для проектирования средств связи и ряда их элементов.	собранной информации может выбрать антенну и фидерную линию, оценить их параметры.	некоторых методах расчёта параметров и характеристик антенн, фидерных трактов и ряда входящих в них устройств.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Основные методики сбора информации для формирования исходных данных при проектировании средств и сетей связи. Основные методики анализа информации для формирования исходных данных при проектировании средств и сетей связи и их элементов.	На основе анализа собранной информации правильно выбрать антенну и фидерную линию, рассчитать их параметры и выполнить согласование антенно-фидерного тракта.	Основными методами учёта влияния поверхности и атмосферы Земли на параметры и характеристики антенн в системах связи.
Хорошо (базовый уровень)	Некоторые методики сбора информации для формирования исходных данных при проектирования средств и сетей связи. Некоторые методики анализа информации для формирования исходных данных при проектировании средств и сетей связи и их элементов.	На основе анализа собранной информации может выбрать антенну и фидерную линию, рассчитать их параметры и выполнить согласование отдельных устройств.	Некоторыми методами учёта влияния поверхности и атмосферы Земли на параметры и характеристики антенн в системах связи.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Некоторые методики сбора и анализа информации для формирования исходных данных при проектировании средств связи и ряда их элементов.	На основе анализа собранной информации может выбрать антенну и фидерную линию, оценить их параметры.	Имеет представление о некоторых методах расчёта параметров и характеристик антенн, фидерных трактов и ряда входящих в них устройств.

Компетенция ПК-9: Умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2–Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Принципы функционирования антенн и устройств СВЧ в различных инфокоммуникационных	Проводить расчёты антенн и фидерных трактов для инфокоммуникационных систем различных	Основными методами учёта влияния условий распространения

Согласована на портале № 5979

	системах с учётом влияния условий распространения радиоволн и характера земной поверхности.	частотных диапазонов и назначения в соответствии с техническим заданием с использованием стандарт-ных методов и программных продуктов.	радиоволн на параметры и характеристики антенн в инфокоммуникационных системах.
Виды занятий	Лекции. Групповые консультации. Самостоятельная работа студентов.	Лекции. Практические занятия. Контрольные работы. Тестирование. Самостоятельная работа студентов.	Практические занятия. Контрольные работы. Коллоквиум. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Контроль самостоятельной работы студентов. Экзамен.	Проверка домашних заданий по практикам Проверка контрольных работ. Проверка тестов. Контроль самостоятельной работы студентов. Экзамен.	Проверка домашних заданий по практикам. Проверка контрольных работ. Активность на коллоквиуме. Контроль самостоятельной работы студентов. Экзамен.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Принципы функционирования антенн и устройств СВЧ в различных инфокоммуникационных системах с учётом влияния условий распространения радиоволн и характера земной поверхности.	Правильно выбрать антенну и фидерную линию, оценить их параметры и выполить согласование антенно-фидерного тракта для обеспечения работы инфокоммуникационной системы.	Основными методами проведения расчёта параметров и характеристик антенн и фидерных трактов для инфокоммуникационных систем.
Хорошо (базовый уровень)	Общие принципы функционирования антенн и устройств СВЧ в телекоммуникационных системах с учётом влияния условий распространения радиоволн.	Выбрать антенну и фидерную линию, оценить их параметры и выполнить согласование отдельных устройств.	Некоторыми методами и может провести расчёт основных параметров и характеристик антенн и фидерных трактов для инфокоммуникационных систем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Имеет представление об общих принципах функционирования антенн и устройств СВЧ в инфокоммуникационных системах.	Выбрать антенну и фидерную линию, оценить их параметры.	Имеет представление о некоторых методах расчёта параметров и характеристик антенн, фидерных трактов.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.2.

Согласована на портале № 5979

Таблица 4.2. Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции

Отлично (высокий уровень)	Знает физические явления и процессы, происходящие в приземном слое и в ионосфере, определяющие характер распространения радиоволн. Знает физические основы и принципы построения антенн и фидерных трактов.	Умеет обоснованно выбрать нужные физические модели и провести оценку параметров линии связи. В заданном частотном диапазоне способен предложить антенно-фидерный тракт и провести расчёты его конструктивных параметров.	Владеет основными методами расчёта параметров линии связи с использованием физических моделей. Владеет инженерными методами и может провести расчёт параметров и характеристик антенн и фидерных трактов.
Хорошо (базовый уровень)	Имеет представление об общих физических явлениях, происходящих в околоземном пространстве, влияющих на распространение радиоволн. Знает основные физические принципы построения антенн и фидерных трактов.	Способен провести оценку параметров линии связи. Способен предложить антенно-фидерный тракт и провести расчёты его конструктивных параметров.	Владеет некоторыми методами расчёта параметров линии связи с использованием физических моделей. Владеет инженерными методами и может провести расчёт параметров и характеристик некоторых типов антенн и фидерных трактов.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Имеет представление об отдельных физических явлениях, происходящих в атмосфере, оказывающих влияние на распростране-ние радиоволн. Имеет представление об основах построения антенн и фидерных трактов.	Может провести оценку параметров линии связи. Может выбрать антенно-фидерный тракт и провести расчёт некоторых его конструктивных параметров.	Имеет представление о некоторых методах расчёта параметров линии связи. Имеет представление об инженерных методах и может провести расчёт параметров и харак-теристик простейших антенн и фидеров.

3. Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

3.1. Тесты «Антенны».

В каждом тесте необходимо отметить правильные ответы.

Согласована на портале № 5979

1. Внутренняя задача теории антенн применительно к линейным антеннам означает нахождение:

1) распределения поля внутри проводника,
2) температуры внутренних шумов,
3) запасённой в антенне энергии,
4) распределение тока вдоль проводника,
5) входного сопротивления антенны.

2. Решение внешней задачи теории антенн определяет:

1) входные параметры антенны,
2) распределение поля или тока в антенне,
3) характеристики излучения антенны.

3. Какие из антенн относятся к линейным антеннам бегущей волны?:

1) излучатель в виде открытого конца волновода,
2) петлеобразный вибратор Пистолькорса,
3) штыревая антенна движущегося транспортного средства,
4) цилиндрическая спиральная антенна.

4. К какому типу антенн относятся рамочные антенны?:

1) линейные,
2) апертурные,
3) антенные решетки.

5. Чему равен коэффициент A в формуле для оценки минимального расстояния до границы дальней зоны $r/\lambda \geq A(a+b)^2/\lambda^2$, если максимальная фазовая погрешность составляет $\pi/4$?:

1) A=1, 2) A=2, 3) A=3, 4) A=4.

6. Наклонная поляризация – это такая, у которой вектор $\vec{A}$ составляет некоторый угол:

1) с осью линейной антенны, расположенной наклонно к плоскости земли,
2) с направлением распространения волны,
3) относительно плоскости земли.

7. Какую поляризацию называют вращающейся?:

1) вертикальную,
2) горизонтальную,
3) наклонную,
4) круговую,
5) эллиптическую.

8. У каких поляризаций вектор $\vec{A}$ сохраняет свою ориентацию в пространстве?:

1) у вертикальной,
2) у горизонтальной,
3) у наклонной,
4) у круговой,
5) у эллиптической.

9. Правильные соотношения между коэффициентами усиления, направленного действия и полезного действия:

1) $D_0 = \eta G_0$
2) $G_0 = \eta D_0$
3) $\eta = D_0/G_0$
4) $\eta = G_0/D_0$.

10. Шумовая температура антенны – это температура:

1) среды, в которой находится антенна,
2) до которой разогревается антенна в режиме передачи,
3) собственных шумов антенны в режиме приема,
4) внешних шумов, воздействующих на приемную антенну,

Согласована на портале № 5979

5) собственных и внешних шумов приемной антенны.

11. Множитель направленности антенной системы – это диаграмма направленности:

1) линейного проводника, по которому протекает постоянный ток,
2) совокупности направленных излучателей, образующих решетку,
3) системы точечных излучателей, находящихся в узлах решетки,
4) множитель, на который необходимо умножить ДН элемента, чтобы получить ДН решетки.

12. Как влияют при равноамплитудном распределении линейные фазовые изменения на ДН линейной антенны?:

1) приводят к смещению направления максима излучения,
2) приводят к увеличению уровня боковых лепестков,
3) приводят к асимметрии уровней боковых лепестков относительно главного,
4) приводят к уширению главного лепестка ДН,
5) приводят к заплыванию нулей в ДН.

13. Способы подавления побочных (дифракционных) максимумов ДН в линейных решетках:

1) применение направленных элементов,
2) увеличение шага решетки,
3) уменьшение шага решетки,
4) применение ненаправленных элементов,
5) не эквидистантное расположение элементов.

14. У каких настроенных вибраторов входное сопротивление больше по сравнению с входным сопротивлением тонкого полуволнового линейного вибратора?:

1) вибратор Наденeнко,
2) вибратор Пистолькорса,
3) вибратор Брауде.

15. У каких настроенных вибраторов волновое сопротивление меньше по сравнению с волновым сопротивлением тонкого полуволнового линейного вибратора?:

1) вибратор Наденeнко,
2) вибратор Пистолькорса,
3) вибратор Брауде.

16. У какой из антенн в осевом режиме излучения выше направленность?:

1) у трёхвитковой цилиндрической спиральной антенны,
2) у шестивитковой цилиндрической спиральной антенны,
3) у трёхвитковой конической спиральной антенны.

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

1) у трёхвитковой цилиндрической спиральной антенны,
2) у шестивитковой цилиндрической спиральной антенны,
3) у трёхвитковой конической спиральной антенны.

18. Какую поляризацию в осевом режиме излучения имеют спиральные антенны в направлении максимума ДН?:

1) вертикальную,
2) наклонную,
3) круговую,
4) эллиптическую,
5) горизонтальную.

19. Какая из апертурных антенн на волне основного типа в среднем имеет наилучшее согласование со свободном пространством?:

1) круглый волновод,
2) прямоугольный волновод,
3) секториальный рупор,
4) пирамидальный рупор,
5) конический рупор.

20. У какого из оптимальных рупоров при одинаковых максимальных размерах на волне основного типа выше направленность?:

1) у Н-секториального,
2) у Е-секториального.

21. Какие типы апертурных антенн в радиодиапазон пришли из оптики?:

Согласована на портале № 5979

1) волноводные излучатели,
2) рупорные антенны,
3) антенны на замедляющих линзах,
4) антенны на ускоряющих линзах,
5) зеркальные антенны.

22. Какие типы апертурных антенн в радиодиапазон пришли из акустики?:

1) волноводные излучатели,
2) рупорные антенны,
3) антенны на замедляющих линзах,
4) антенны на ускоряющих линзах,
5) зеркальные антенны.

23. Какой профиль имеет малое зеркало в классической схеме Кассегрена?:

1) сферический,
2) параболический,
3) гиперболический,
4) эллиптический.

24. Какой профиль имеет малое зеркало в классической схеме Грегори?:

1) сферический,
2) параболический,
3) гиперболический,
4) эллиптический.

3.2. Темы контрольных работ

1. Фидерные тракты
2. Антенны
3. Распространение радиоволн

3.3. Темы домашних заданий

1. Линии передачи с Т-волнами
2. Волноводные линии передачи
3. Нагруженные отрезки фидеров
4. Узкополосное и широкополосное согласование
5. Параметры и характеристики антенн
6. Линейные антенны
7. Волноводные излучатели и рупорные антенны
8. Линзовые антенны
9. Зеркальные антенны

3.4. Темы самостоятельной работы

Совпадают с приведёнными в пунктах 3.2. и 3.3. темами контрольных работ и домашних заданий.

3.5. Экзаменационные вопросы

1. Состав и строение атмосферы Земли: тропосфера, стратосфера, ионосфера. Их свойства и параметры. Ход зависимости температуры и давления от высоты.
2. Физические явления при распространении радиоволн: интерференция, дифракция, рефракция, рассеяние, поглощение.
3. Распространение радиоволн в свободном пространстве. Область, существенная при распространении, и основные потери в радиолинии.
4. Факторы, влияющие на распространение радиоволн: земная поверхность, тропосфера, ионосфера. Функция ослабления.
5. Расстояние прямой видимости. Интерференционные формулы в случае плоской земной поверхности.
6. Участок поверхности, существенный при отражении волн. Отражение радиоволн от неровной земной поверхности. Критерий Релея. Роль концевых участков трассы.
7. Учет сферичности Земли в интерференционных формулах. Приведенные высоты антенн.

Согласована на портале № 5979

8. Рефракция радиоволн. Виды тропосферной рефракции. Эквивалентный радиус Земли. Тропосферные волноводы.
9. Электрические параметры ионосферы. Влияние магнитного поля Земли. Ионосферные и магнитные бури. Распространение вертикально направленных волн. Критическая частота.
10. Распространение наклонных волн в ионосфере. Закон секанса. Зоны молчания. Максимально применимая частота.
11. Особенности распространения УКВ в городских условиях.

12. Замирания: типы и параметры. Разнесение: назначение и виды.

21. Линии передачи СВЧ. Классификация, технические требования, основные параметры и характеристики. Волновое сопротивление, дисперсия. Радиолиния.
22. Закрытые линии передачи СВЧ: коаксиальные и волноводные различных типов. Критические длины волн. Волна основного типа и высшие типы волн.
23. Линии передачи открытого типа: двухпроводные, полосковые, с поверхностной волной, волоконно-оптические.
24. Математическая модель линии передачи СВЧ. Волновой и классический подходы, связь между ними. Распределения E и H, резонансные и эквивалентные сечения. Г, КСВ, КБВ, режимы. Поведение модуля Г в идеальных и реальных линиях.
25. Трансформация сопротивления в линии передачи. Понятие шлейфов, их входные сопротивления, применения. Круговая диаграмма Вольперта –Смита, её построение и применения.
26. Узкополосное согласование активных и реактивных нагрузок: четвертьволновые трансформаторы, последовательные и параллельные компенсирующие реактивности. Их реализация в волноводной технике и схемы замещения.

27. Типовые элементы для коаксиальных и волноводных ЛП СВЧ: активные и реактивные

нагрузки, четвертьволновые изоляторы, повороты, коаксиально-волноводные переходы.

28. Объёмные резонаторы, их включения в тракт. Типы колебаний, нагруженная и ненагруженная добротности. Применения.
29. Многополюсники СВЧ. Матрицы [S], [Z], [Y]. Испытательные режимы, нахождение элементов матриц, их физический смысл.
30. Многополюсники СВЧ. Свойства взаимности, симметрии, недиссипативности. Идеальные матрицы.
31. Принцип декомпозиции при анализе составных многополюсников.
Матрица [A] , физический смысл её элементов, связь с матрицей [S].
32. Идеальные вентиль, циркулятор и направленный ответвитель, их матрицы [S], свойства и назначение.
41. Дальняя, промежуточная и ближняя зоны антенны. Их границы и свойства полей.
42. Назначение и классификация антенн. Амплитудная ДН, нормировка, её форма и ширина, графическое изображение. Фазовый центр. Центр излучения.
43. Мощность и сопротивление излучения антенны. Входное сопротивление.
44. Поляризация, её виды, необходимость учёта при приёме. Принцип электродинамического подобия и его использование при исследовании антенн.
45. КНД, КПД и КУ антенны. Действующая длина. Диапазон рабочих частот.
46. Приёмные антенны. Эквивалентная схема. Формула Неймана для ЭДС.
Принцип взаимности и его использование при исследовании антенн.
47. Эффективная площадь антенны, связь с КНД и действующей длиной. Шумовая температура, пути её снижения.
48. Режим сильного сигнала в радиолинии на НЧ и СВЧ. Энергетические соотношения на СВЧ в цепи приёмной антенны в согласованном и рассогласованном режимах.
49. Симметричный электрический вибратор. Распределение тока, ДН, сопротивление излучения, действующая длина, КНД, входное сопротивление.
50. Конструкции симметричных и несимметричных вибраторов. Способы их питания посредством двухпроводной и коаксиальной линий.
51. Способы расширения рабочего диапазона вибраторных антенн. Щелевые излучатели. Принцип двойственности и его использование при исследовании антенн.

Согласована на портале № 5979

52. Антенны бегущей волны: спиральные, диэлектрические, директорные. Устройство, принцип действия, применения.
53. Волноводные излучатели и рупорные антенны. Апертурный метод расчёта. Устройство, принцип действия, применения.
54. Линзовые антенны на замедляющих и ускоряющих линзах. Линзы Люнеберга. Устройство, принцип действия, применения.
55. Параболические зеркальные антенны, однозеркальная и двухзеркальная схемы. Апертурный метод расчёта. Устройство, принцип действия, применения.

4. Методические материалы

Для обеспечения учебного процесса и решения задач обучения используются совпадающие с пунктом 12 рабочей программы по дисциплине следующие методические материалы:

а) основная литература:

1. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства [Электронный ресурс]: Учебное пособие с грифом СибРОУМО / Буянов Ю.И., Гошин Г.Г.; Томск: ТУСУР, 2013. – 300 с. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3608
2. Антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Гошин Г. Г.; Томск: ТУСУР, 2012. – 145 с. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2794
3. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. А. Замотринский, Л.И. Шангина; Томск: ТУСУР, 2012. – 223 с. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/712

б) дополнительная литература:

4. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (**20** экз.)
5. Г.А. Ерохин и др. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 491 с. (**42**)

в) перечень методических указаний по организации самостоятельной работы студентов и практическим занятиям:

6. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Гошин Г.Г. – Томск: ТУСУР, 2010. – 42 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/7
7. Антенны и фидеры. Сборник задач с формулами и решениями [Электронный ресурс]: Учебное пособие. / Гошин Г.Г. – Томск: ТУСУР. – 2012. – 237с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2795

Согласована на портале № 5979