

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

Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА

к.т.н. Вильбергер М. Е.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Фотоника и оптоэлектроника

Образовательная программа: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств,
профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовом комплексе

Курс: 2, семестры : 3 4

Факультет мехатроники и автоматизации, заочная форма обучения

		Семестр	
№	Вид деятельности	3	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	0	5
2	Всего часов	0	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	2	26
4	Лекции, час.	2	6
5	Практические занятия, час.	0	4
6	Лабораторные занятия, час.	0	4
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0	0
8	Аттестация, час.	0	2
9	Консультации, час.		10
10	Самостоятельная работа, час.	0	152
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)		РГЗ
12	Вид аттестации		Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

ФГОС введен в действие приказом №200 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 27.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭТК, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Спиридонов Е. А.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Щуров Н. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Аносов В. Н.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.19 способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами; в части следующих результатов обучения:
з11. знать основы оптики и фотоники
з6. знать свойства электромагнитных волн и фотометрии, особенности распространения света в изотропных и анизотропных средах
у8. уметь рассчитывать и анализировать простейшие оптические системы

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Фотоника и оптоэлектроника	
ПК.19.з11 знать основы оптики и фотоники	
1. знать основы оптики и фотоники	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.19.з6 знать свойства электромагнитных волн и фотометрии, особенности распространения света в изотропных и анизотропных средах	
2. знать свойства электромагнитных волн и фотометрии, особенности распространения света в изотропных и анизотропных средах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.19.у8 уметь рассчитывать и анализировать простейшие оптические системы	
3. уметь рассчитывать и анализировать простейшие оптические системы	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 3			
Дидактическая единица: Основы фотоники и оптики			
1. Введение. Основные понятия оптики и фотоники	0	2	1
Семестр: 4			
Дидактическая единица: Основы фотоники и оптики			
2. Волновое уравнение	0	2	1
Дидактическая единица: Законы распространения света			
5. Потери в оптических волокнах	0	2	2
Дидактическая единица: Простейшие оптические системы			
6. Модуляция света	0	1	3
7. Оптические квантовые генераторы	0	0,5	3

8. Полупроводниковые лазеры	0	0,5	3
-----------------------------	---	-----	---

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Основы фотоники и оптики				
3. Измерение длины волны света	0	2	1	Измерение длины световой волны от различных источников света, сравнение полученных результатов
Дидактическая единица: Простейшие оптические системы				
1. Изучение характеристик светодиодов	0	2	3	Проведение исследований характеристик светодиодов. Сравнение полученных результатов с паспортными данными

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Основы фотоники и оптики				
1. Волновые уравнения	0	2	1	Применение уравнений Максвелла, законов Снеллиуса, формул Френеля.
Дидактическая единица: Законы распространения света				
2. Оптические волокна	0	2	2	Решение уравнений Максвелла, изучение Гауссовых пучков в однородной среде

Таблица 3.4

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Законы распространения света				
3. Распространение света в двумерном световоде	0	15	2	Самостоятельное изучение вопросов, связанных с распространением света в двумерном световоде
4. Распространение света в оптических волокнах	0	15	2	Самостоятельное изучение вопросов, связанных с распространением света в оптических волокнах
Дидактическая единица: Простейшие оптические системы				
3. Электрооптический эффект	0	15	3	Расчеты модуляции света
4. Генераторы света	0	15	3	Расчеты квантовых генераторов, полупроводниковых лазеров, светодиодов

9. Лазеры на гетероструктурах	0	11	3	Самостоятельное изучение принципов работы и устройства лазеров на гетероструктурах
-------------------------------	---	----	---	--

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	РГЗ	3	35	4
Самостоятельное выполнение РГЗ и подготовка к его защите: Основы оптики : лабораторные работы для 2 курса ФТФ по направлениям 200200 - Опотехника и 200600 - Фотоника и оптоинформатика / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Арбузов и др.]. - Новосибирск, 2006. - 70, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000067760				
2	Подготовка к занятиям	1, 2	19	2
Повторение предыдущего теоретического материала перед практическими и лабораторными занятиями: Основы оптики : лабораторные работы для 2 курса ФТФ по направлениям 200200 - Опотехника и 200600 - Фотоника и оптоинформатика / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Арбузов и др.]. - Новосибирск, 2006. - 70, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000067760				
3	Подготовка к аттестации	1, 2, 3	27	2
Повторение теоретического материала: Основы оптики : лабораторные работы для 2 курса ФТФ по направлениям 200200 - Опотехника и 200600 - Фотоника и оптоинформатика / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Арбузов и др.]. - Новосибирск, 2006. - 70, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000067760				
4	Самостоятельное изучение теоретического материала	2, 3	73	2
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.4 : Основы оптики : лабораторные работы для 2 курса ФТФ по направлениям 200200 - Опотехника и 200600 - Фотоника и оптоинформатика / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Арбузов и др.]. - Новосибирск, 2006. - 70, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000067760				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:spiridonov@corp.nstu.ru
Консультирование	e-mail:spiridonov@corp.nstu.ru; Портал НГТУ
Контроль	e-mail:spiridonov@corp.nstu.ru
Размещение учебных материалов	ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 4		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	0	
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	0	
<i>Лабораторная:</i>	5	10
Контролирующие материалы - Защита лабораторных работ		
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>РГЗ:</i>	20	40
Контролирующие материалы - Защита РГЗ		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита ЛР	Защита РГЗ	Экзамен
ПК.19	311. знать основы оптики и фотоники	+	+	+
	36. знать свойства электромагнитных волн и фотометрии, особенности распространения света в изотропных и анизотропных средах		+	+
	у8. уметь рассчитывать и анализировать простейшие оптические системы	+	+	+

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

7. Литература

Основная литература

1. Легкий В. Н. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения : [учебник] / В. Н. Легкий, Б. В. Галун, О. В. Санков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 454 с. : табл., ил., схемы - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000159492
2. Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Н. Давыдов— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010.— 139 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13872.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

1. Фотоника : научно-технический журнал / учредитель и издатель-ЗАО РИЦ "Техносфера". - Москва, 2007 - . - Режим доступа: <http://www.photonics.su>
2. Современные проблемы оптоэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.С. Гулина [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010.— 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31256.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Основы оптики : лабораторные работы для 2 курса ФТФ по направлениям 200200 - Оптотехника и 200600 - Фотоника и оптоинформатика / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Арбузов и др.]. - Новосибирск, 2006. - 70, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000067760

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Office
- 2 Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

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

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

Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н., доцент М.Е. Вильбергер
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Фотоника и оптоэлектроника

Образовательная программа: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовом комплексе

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Фотоника и оптоэлектроника** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.19/НИ способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами	з5. знать свойства электромагнитных волн и фотометрии, особенности распространения света в изотропных и анизотропных средах	Потери в оптических волокнах Распространение света в двумерном световоде Распространение света в оптических волокнах	РГЗ, разделы 1-2	Экзамен, вопросы 16-24
ПК.19/НИ	з10. знать основы оптики и фотоники	Введение. Основные понятия оптики и фотоники Волновое уравнение Измерение длины волны света	РГЗ, раздел 3	Экзамен, вопросы 1-15
ПК.19/НИ	у8. уметь рассчитывать и анализировать простейшие оптические системы	Изучение характеристик светодиодов Лазеры на гетероструктурах Модуляция света Оптические квантовые генераторы Полупроводниковые лазеры Электрооптические модуляторы	РГЗ, разделы 2,3	

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.19/НИ.

Форма проведения экзамена и примеры экзаменационных вопросов предсвлены в Паспорте экзамена.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.19/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

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

Паспорт экзамена

по дисциплине «Фотоника и оптоэлектроника», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. На ответ студенту отводится 2 академических часа. За это время студент готовит максимально подробные ответы на вопросы билета. При оглашении результатов студент вправе потребовать дополнительное устное собеседование, в ходе которого результат экзамена может как увеличиться, так и уменьшиться.

Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-15, второй вопрос из диапазона вопросов 16-24 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Фотоника и оптоэлектроника»

1. Распространение света в оптических волокнах.
2. Общие принципы работы лазера. Двухуровневая система. Спонтанное и вынужденное излучение. Усиление света в среде.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭТК _____ д.т.н., профессор Н.И. Щуров
(подпись)

Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *0-49 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет *50 - 73 балла*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, оценка составляет *74 – 86 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, если студент проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет *87 - 100 баллов*.

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям составляет не менее 50 баллов (из 100 максимально возможных).

2. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Полученный балл за экзамен переводится в общую БРС дисциплины с коэффициентом 0,4.

3. Вопросы к экзамену по дисциплине «Фотоника и оптоэлектроника»

1. Основные достижения и проблемы физики оптических явлений и оптоэлектроники
2. Основные достоинства оптоэлектроники, волоконной и интегральной оптики в технике связи и системах обработки информации.
3. Распространение света в диэлектрических световодах.
4. Падение плоской волны на границу раздела двух сред. Коэффициенты Френеля. Угол Брюстера.
5. Угол полного внутреннего отражения. Сдвиг фазы при отражении от оптически более плотной среды.
6. Распространение света в оптических волокнах.
7. Цилиндрический световод со скачком показателя преломления. Числовая апертура и межмодовая дисперсия. Способы уменьшения межмодовой дисперсии. Цилиндрический световод с градиентом показателя преломления. Уравнение траектории.
8. Материальная дисперсия. Связь показателя поглощения и преломления. Нормальная и аномальная дисперсия. Распространение пакета волн в диспергирующей среде.
9. Потери в волокне. Поглощение. Рассеяние.
10. Образование гауссовых пучков. Функция Гаусса

11. Ход лучей в гауссовом пучке. Перетяжка
12. Угловая расходимость гауссова пучка
13. Расчет параметров гауссова пучка при помощи лучевых матриц
14. Фокусировка гауссова пучка линзой
15. Гауссовы пучки в среде с квадратичным профилем показателя преломления. Моды. Особенности модовых решений.
16. Плоский металлический световод. Моды распространения. Фазовая и групповая скорости.
17. Плоский диэлектрический световод. Моды распространения. Фазовая и групповая скорости.
18. Общие принципы работы лазера. Двухуровневая система. Спонтанное и вынужденное излучение. Усиление света в среде.
19. Инверсная населенность. Условия генерации лазерного излучения. Лазерный резонатор.
20. Способы достижения инверсной населенности. Трехуровневая схема (на примере рубинового лазера) и четырехуровневая схема (на примере неодимового лазера).
21. Ширина линии излучения. Однородное и неоднородное уширения.
22. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость. Зонная теория полупроводников. Уровень Ферми. p-n переход. Полупроводниковый диод.
23. Светодиод. Прямозонные и непрямоzonные полупроводники. Рекомбинация через экситоны и излучательная рекомбинация. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность.
24. Полупроводниковый лазер. Способы достижения инверсии в полупроводниках. Вырожденные полупроводники. Пороговый ток. Способы уменьшения порогового тока.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Фотоника и оптоэлектроника», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графической работы студентам предлагается рассчитать систему передачи информации посредством оптической линии. Для решения поставленной цели в РГР должны быть решены следующие задачи (по основным структурным разделам работы):

1. Основная характеристика объекта: длина линии, требуемая скорость передачи сигнала, анализ особенностей топологии линии связи (раздел 1);
2. Выбор приемников и передатчиков для транслирования сигнала по линии указанной конфигурации (раздел 2);
3. Составление и расчет уравнения Максвелла для указанной линии (раздел 3);
4. Заключение;
5. Список использованных источников.

Оцениваемые позиции:

- Глубина анализа объекта;
- Обоснованность выбора технических средств (источников и приемников);
- Корректность применения математического аппарата;
- Самостоятельность при формулировании выводов;
- Полнота списка использованных источников и наличие ссылок на источники по тексту.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если отсутствует хотя бы одна обязательная часть работы, решение содержит существенные ошибки, оценка составляет от 0 до 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГР выполнены формально: отсутствуют (или представлены не в полной мере) технические характеристики выбранного объекта, не описаны особенности его функционирования, не представлены схемы, оценка составляет 11 - 13 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если достаточно полно описан объект исследования, приведены его характеристики, но не представлены причинно-следственные связи, характеризующие работу объекта, оценка составляет 14 - 16 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если полностью описан объект исследования, даны качественные и количественные характеристики его работы, оценка составляет 17 - 20 баллов

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Передача сигнала по прямой линии на расстояние 200 м.

Передача сигнала по прямой линии на расстояние 400 м.

Передача сигнала по прямой линии на расстояние 600 м.

Передача сигнала по прямой линии на расстояние 800 м.

Передача сигнала по прямой линии на расстояние 1000 м.

Передача сигнала по линии длиной 200 м с одним поворотом на угол 90 градусов.

Передача сигнала по линии длиной 400 м с двумя поворотами на угол 90 градусов.

По согласованию с преподавателем студент может предложить топологию системы самостоятельно.