

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
В.Д.Кревчик  
(Подпись) (Фамилия, инициалы)  
« 11 » 07 2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б 1.2.07 «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»**

*( индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля) )*

Направление подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

*(код, наименование направления подготовки)*

Профиль подготовки «Лазерная техника и лазерные технологии»

*(наименование профиля подготовки)*

Квалификация (степень) выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения очная

Пенза, 2016

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» являются формирование **профессиональных компетенций**:

ПК-4: «Способность к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке приборов и систем»;

ОПК-8: «Способность использования нормативных документов в своей деятельности».

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» относится к вариативной части профильных дисциплин **Б.1**. Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе изучения курсов «Математика», «Физика», Основы проектирования приборов и систем», «Основы квантовой электроники». Учебная дисциплина «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» готовит студента к освоению профессиональных компетенций ПК-4, ОПК-8.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-4	<i>Способность к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке приборов и систем</i>	Знать: основные характеристики оптических приборов
		Уметь: рассчитывать параметры оптических приборов и систем
		Владеть навыками настройки и юстировки оптических приборов
ОПК-8	<i>Способность использования нормативных документов в своей деятельности</i>	Знать: основные нормативные документы в области проектирования и конструирования
		Уметь: выбирать стандартизированные параметры оптических приборов на основе нормативных документов
		Владеть навыками оформления конструкторской документации при помощи нормативных документов

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п / п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	
				Аудиторная работа			Самостоятельная работа		Собеседование	Проверка контрольн. работ
				Всего	Лекция	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям		
1	Раздел 1. Введение Оптический диапазон спектра	6	1	2	2		6	6	+	
2	Раздел 2. Характеристики лазерного излучения	6	1-3	2	2		6	6	+	
3	Раздел 3. Основные типы и характеристики источников излучения	6	4-5	14	2	12	6	6	+	
4	Раздел 4. Классификация приемников излучения	6	6-7	2	2		6	6	+	
5	Раздел 5. Параметры и характеристики приемников излучения	6	8-9	14	2	12	6	6	+	+
6	Раздел 6. Термоэлементы. Боллометры. Пирозлектрические приемники	6	10-11	2	2		6	6	+	
7	Раздел 7. Фотоэлементы и ФЭУ. Электронно-оптические преобразователи	6	12-13	2	2		6	6	+	
8	Раздел 8. Фоторезисторы. Фотодиоды	6	14-15	14	2	12	6	6	+	+
9	Раздел 9. Многоэлементные приемники излучения Координатные приемники излучения. Приборы с зарядовой связью.	6	16-18	2	2		6	6	+	
	Общая трудоемкость, в часах			54	18	36	54	54	Промежуточная аттестация	
									Форма	Семестр
									Зачет	6
									Экзамен	

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля)

Раздел 1. Введение. Оптический диапазон спектра

Электромагнитное излучение, его характеристики. Оптический диапазон излучения

Раздел 2. Характеристики лазерного излучения

Особенности генерации лазерного излучения. Монохроматичность, когерентность, расходимость, мощность лазерного излучения

Раздел 3. Основные типы и характеристики источников излучения

Характеристики источников излучения различной физической природы и конструкции. Световые и энергетические величины

Раздел 4. Классификация приемников излучения

Различные типы приемников излучения. Приемники лазерного излучения, их принцип действия, схемы включения

Раздел 5. Параметры и характеристики приемников излучения

Параметры чувствительности, пороговые и шумовые, временные, спектральные параметры приемников лазерного излучения. Спектральные, вольтовые, фоновые и частотные характеристики приемников лазерного излучения.

Раздел 6. Термоэлементы. Болометры. Пироэлектрические приемники

Принцип действия, конструкция, область применения термоэлементов, болометров и пироэлектрических приемников

Раздел 7. Фотоэлементы и ФЭУ. Электронно-оптические преобразователи

Принцип действия, конструкция, область применения фотоэлементов и ФЭУ, электронно-оптических преобразователей

Раздел 8. Фоторезисторы. Фотодиоды

Принцип действия, конструкция, область применения фоторезисторов и фотодиодов

Раздел 9. Многоэлементные приемники излучения Координатные приемники излучения. Приборы с зарядовой связью.

Принцип действия, конструкция, область применения многоэлементных приемников излучения, координатных приемников излучения, приборов с зарядовой связью.

## 5. Образовательные технологии

В процессе освоения студентами дисциплины «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» используются следующие образовательные технологии»:

Лекции с применением мультимедийных технологий, включающие демонстрацию слайдов и учебных фильмов.

Лабораторные занятия в специально оборудованных лабораториях.

Занятия, проводимые в интерактивных формах, с использованием интерактивных технологий составляют 50% аудиторных занятий (не менее, чем определено требованиями ФГОС).

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами, в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

**Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Введение Оптический диа-	Подготовка к аудиторным заняти-	Охарактеризовать приме-	Приёмники оптического излучения [Текст] :	6

	пазон спектра	ям	нение в технике оптического в раз- личном частотном диапазоне	учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил.	
1-3	Характеристики лазерного излучения	Подготовка к аудиторным занятиям	Определить по исходным данным длину когерентности и расходимость лазерного излучения	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил	6
5	Основные типы и характеристики источников излучения	Подготовка к аудиторным занятиям	Для заданной области применения обосновать выбор источника излучения из предложенных	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил	6
7	Классификация приемников излучения	Подготовка к аудиторным занятиям	Для заданной области применения обосновать выбор приемника излучения из предложенных	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил	6
9	Параметры и характеристики приемников излучения	Подготовка к аудиторным занятиям	Произвести пересчет характеристик приемника лазерного излучения из световых величин в энергетические	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил	6
11	Термоэлементы. Болотметры. Пироэлектрические приемники	Подготовка к аудиторным занятиям	Дать сравнительную характеристику особенностям применения указанным видам приемников	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил	6
13	Фотоэлементы и ФЭУ. Электронно-оптические преобразователи	Подготовка к аудиторным занятиям	Дать сравнительную характеристику особенностям применения указанным видам приемников	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил Физические принципы	6

				работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	
15	Фоторезисторы. Фотодиоды	Подготовка к аудиторным занятиям	По заданной схеме включения и исходным данным определить вольтовые и токовые характеристики приемников	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челябинов ; под ред. В. В. Коротяева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил Физические принципы работы и основные характеристики приемников оптического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.	6
16-18	Многоэлементные приемники излучения Координатные приемники излучения. Приборы с зарядовой связью.	Подготовка к аудиторным занятиям	Дать сравнительную характеристику особенностям применения указанным видам приемников	Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челябинов ; под ред. В. В. Коротяева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил	6

### **6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки к лекционным занятиям по рекомендуемой литературе. На каждой лекции проводится короткий опрос студентов по заданной теме. Контрольные работы, проводимые в рамках оценки знаний студентов по балльно - рейтинговой системе, включают в себя вопросы, заданные на самостоятельную подготовку.

### **6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов**

#### *Контроль освоения компетенций*

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Введение Оптический диапазон спектра	ПК-4

2	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Характеристики лазерного излучения	ПК-4
3	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Основные типы и характеристики источников излучения	ПК-4 ОПК-8
4	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Классификация приемников излучения	ПК-4 ОПК-8
5	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Параметры и характеристики приемников излучения	ПК-4 ОПК-8
6	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Термоэлементы. Болотметры. Пирозлектрические приемники	ПК-4
7	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Фотоэлементы и ФЭУ. Электронно-оптические преобразователи	ПК-4
8	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Фоторезисторы. Фотодиоды	ПК-4
9	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Многоэлементные приемники излучения Координатные приемники излучения. Приборы с зарядовой связью.	ПК-4

Для проведения текущего контроля успеваемости студентов предусмотрены следующие контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию приемников излучения (ПИ).
2. Объясните принцип действия фотоэлектрических ПИ.
3. Объясните принцип действия тепловых ПИ.
4. Что называется параметром ПИ ? Приведите основные параметры приемников излучения.
5. Дайте определение следующим понятиям: ток шума ПИ, напряжение шума ПИ.
6. Чем определяется тепловой шум ?
7. Чем определяется дробовый шум ?
8. Чем определяется радиационный (фотонный) шум ?
9. Что называется чувствительностью приемника излучения ?
10. Дайте определение порога чувствительности ПИ в заданной полосе частот.
11. Дайте определение порога чувствительности ПИ в единичной полосе частот.
12. Что такое пороговый поток приемника излучения  $\Phi_{п}$  ?
13. Как называется величина, обратная  $\Phi_{п1}$ ? Какова её размерность ?
14. Приведите формулу удельной обнаружительной способности ПИ.
15. Приведите вид (примерный) энергетической характеристики ПИ.
16. Приведите вид (примерный) фоновой характеристики ПИ.
17. Приведите вид (примерный) частотной характеристики ПИ.
18. Приведите вид (примерный) спектра шума ПИ.
19. В чем различие между энергетической и фоновой характеристиками ПИ ?
20. Чем оценивается инерционность ПИ ?
21. Приведите основные характеристики ПИ.
22. Что такое координатная характеристика двухэлементного ПИ ? От чего зависит её вид ?

23. Что такое дрейф нуля координатной характеристики приемника излучения ? От чего он зависит ?
24. С какой целью производится пересчет параметров ПИ ? Укажите порядок пересчета параметров ПИ.
25. Значение порогового потока ПИ в энергетической системе равно  $\Phi_{\text{п}}$  определялось по эталонному источнику черному телу с температурой  $T_3$ . Напишите формулу пересчета этого параметра к температуре  $T_p$ .
26. Какие параметры ПИ должны быть пересчитаны при изменении температуры наблюдаемого объекта относительно температуры черного тела или другого излучателя, по которому калибровался приемник ?
27. Как называется отношение изменения электрической величины на выходе приемника излучения, вызванного падающим на него излучением, к количественной характеристике этого излучения в заданных эксплуатационных условиях ?
28. Объясните назначение и принцип действия электронно-оптического преобразователя.
29. Какие приборы, устройства, элементы необходимы для определения спектральной чувствительности ПИ ?
30. Какие приборы, устройства, элементы необходимы для определения пороговой чувствительности ПИ ?
31. Какие приборы, устройства, элементы необходимы для определения обнаружительной способности ПИ ?
32. Какие приборы, устройства, элементы необходимы для определения постоянной времени ПИ ?
33. Нарисуйте структурную схему установки для определения важнейших параметров и характеристик приемника излучения: спектральной чувствительности, пороговой чувствительности, постоянной времени ПИ
34. Что такое частота Найквиста ? От чего она зависит ?
35. Что такое выборка изображения ? Как она может осуществляться ?
36. При каком условии спектр сигнала после выборки изображения не содержит побочные гармоники ?
37. Какие типы многоэлементных приемников излучения используются в современных ОЭП и С ?
38. Перечислите виды шумов, присущие многоэлементным приемникам излучения (МПИ).
39. Что такое коэффициент заполнения МПИ ?
40. Что мешает уменьшать размеры отдельных чувствительных элементов многоэлементного приемника излучения ?
41. Что ограничивает число отдельных элементов (пикселей) на МПИ ?
42. Укажите достоинства и недостатки приборов с зарядовой связью.

Темы лабораторных занятий:

- 1 Исследование характеристик источников и приемников излучения средствами MathCad
- 2 Фурье-преобразование оптических сигналов средствами MathCad
- 3 Моделирование схем генерации сигналов средствами Electronic Workbench
- 4 Моделирование схем включения фотоэлектрических преобразователей средствами Electronic Workbench

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

а) основная литература:

1. Элементы квантовой и оптической электроники : учебное пособие. ч.2 . Принципы построения источников и приемников оптического излучения / В. А. Васильев



[и др.] ; под ред. В. И. Волчихина ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 272 с. : ил.

2. Оптика [Текст] : учеб. пособие / В. А. Гришанова. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2011. - 72 с. : ил.

3. Приёмники оптического излучения [Текст] : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Че-либанов ; под ред. В. В. Коротаева. - СПб. ; М. : Лань, 2014. - 303 с. : ил

б) дополнительная литература:

1. Физические принципы работы и основные характеристики приемников оп-тического излучения [Текст] : учебное пособие / И. А. Аверин , С. Е. Игошина, А. А. Карманов. - Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2014. - 72 с. : ил.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы  
MathCad

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «ПРИЕМНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»**

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной необходимой учебной мебелью.

Практические занятия проводятся в аудитории, укомплектованной следующими сред-ствами обучения:

телевизор;  
персональный компьютер;  
мультимедийный проектор.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП по направлению подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии».

Программу составил:

Волков Вадим Сергеевич, доцент кафедры «Приборостроение»  
(Ф.И.О., должность, подпись)




**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

Программа одобрена на заседании кафедры «Приборостроение»

Протокол № 5

от «12» 01 2016 года

Зав. кафедрой «Приборостроение»



В.А. Васильев  
(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой  
Приборостроение Васильев В.А.

(название кафедры)

(подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена методической комиссией ФПИТЭ

Протокол № 5


от «11» 02 2016 года

Председатель методической комиссии ФПИТЭ



Задера А.В.  
(подпись) (Ф.И.О.)

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
2017-2018	№13 от 29.06.17г. 	Переутверждение рабочей программы на новый учебный год без изменений			
2018/2019	№107 от 04.09.18 	Без изменений			