

Федеральное агентство связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)



Утверждаю  
Директор УрТИСИ СибГУТИ  
Е.А. Минина  
2020 г.

# ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

по дисциплине «Основы оптической связи»

для основной профессиональной образовательной программы по направлению

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

направленность (профиль) – Транспортные сети и системы связи

квалификация – бакалавр

форма обучения – очная, заочная

год начала подготовки (по учебному плану) – 2020

Екатеринбург 2020

Приложение 1 к рабочей программе

по дисциплине

«Основы оптической связи»

Федеральное агентство связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге

(УрТИСИ СибГУТИ)

Утверждаю

Директор УрТИСИ СибГУТИ

Е.А. Минина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

# **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине «**Основы оптической связи**»

для основной профессиональной образовательной программы по направлению

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

направленность (профиль) – Транспортные сети и системы связи

квалификация – бакалавр

форма обучения – очная, заочная

год начала подготовки (по учебному плану) – 2020

Екатеринбург 2020

# 1 Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин)
ПК-1 – Способен к эксплуатации и развитию сетевых платформ, систем и сетей передачи данных	<p><b>ПК 1.1 Знать:</b>                      Основы организации оптических систем передачи данных, конструкцию и основные характеристики оптических сред передачи</p> <p><b>ПК 1.2 Уметь:</b>                      Производить элементарные расчеты и измерения по определению основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных</p> <p><b>ПК 1.3 Владеть:</b>                      Навыками обработки информации, оформления отчетной документации, результатов определения основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных</p>	4	Основы теории цепей (1 этап) Основы теории электромагнитных полей и волн Введение в операционную систему UNIX Пакеты прикладных программ Языки программирования Элементная база телекоммуникационных систем Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей (3 этап) -

Форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен (4 семестр, 3 курс ЗФО).

## 2 Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Шкала оценивания	Результаты обучения	Дескрипторы уровней освоения компетенций
<b>ПК 1.1 Знать:</b> Основы организации оптических систем передачи данных, конструкцию и основные характеристики оптических сред передачи		
Низкий (пороговый) уровень	<b>Знать:</b> Основы организации оптических систем передачи данных, конструкцию и основные характеристики оптических сред передачи	Имеет базовое представление об принципах организации оптической связи, конструкциях и характеристиках их основных компонентов, испытывает значительные затруднения при ответе на отдельные поставленные вопросы при защите лабораторных работ и на экзамене с наводящими вопросами преподавателя.
Средний уровень		Имеет представление об принципах организации оптической связи, конструкциях и характеристиках их основных компонентов,

		испытывает незначительные затруднения при ответе на отдельные поставленные вопросы при защите лабораторных работ и на экзамене при этом преподаватель задает единичные направляющие вопросы
Высокий уровень		Демонстрирует уверенные знания об принципах организации оптической связи, конструкциях и характеристиках их основных компонентов, не испытывает затруднений при ответе на отдельные поставленные вопросы при защите лабораторных работ и на экзамене, уверенно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, демонстрируя глубокие знания в изучаемой области

**ПК 1.2 Уметь:**

Производить элементарные расчеты и измерения по определению основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных

Низкий (пороговый) уровень	<b>Уметь:</b> Производить элементарные расчеты и измерения по определению основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных	умеет применять основные расчетные формулы параметров оптических волокон, умеет пояснять отдельные из них на экзамене; на лабораторных работах не может самостоятельно выполнять действия по измерениям основных характеристик оптических систем связи, работа выполняется под руководством преподавателя, экзамене испытывает значительные затруднения при ответе на вопросы преподавателя и билета.
Средний уровень		умеет применять основные расчетные формулы параметров оптических волокон, умеет пояснять большинство из них на экзамене; на лабораторных работах может самостоятельно выполнять действия по измерениям основных характеристик оптических систем связи, отдельные действия выполняются под руководством преподавателя, на экзамене испытывает незначительные затруднения при ответе на вопросы преподавателя и билета
Высокий уровень		умеет применять основные расчетные формулы параметров оптических волокон, умеет пояснять большинство из них на экзамене; на лабораторных работах все действия по измерениям основных характеристик оптических систем связи выполняются самостоятельно на основе изученного материала и инструкций, на экзамене уверенно отвечает на вопросы преподавателя и билета, демонстрируя глубокие знания в изучаемой области

**ПК 1.3** Навыками обработки информации, оформления отчетной документации, результатов определения основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных

Низкий (пороговый) уровень	<b>Владеть:</b> Навыками обработки информации, оформления отчетной документации, результатов определения основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных	Демонстрирует навыки сборки схем для проведения измерений характеристик элементов оптических систем, и сетей передачи данных с использованием измерительных приборов под контролем преподавателя, демонстрирует способность считывать результаты измерений и заносить их в документацию, оформление отчетов имеет значительное отклонение от требований, на экзамене испытывает значительные затруднения при ответе на вопросы билета
Средний уровень		Демонстрирует навыки пользования измерительными приборами сборки схем для проведения измерений характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных с использованием методических указаний и указаний преподавателя, демонстрирует способность правильно считывать результаты измерений и заносить их в документацию, оформление отчетов имеет незначительные отклонения от требований, на экзамене испытывает незначительные затруднения при ответе на вопросы билета
Высокий уровень		Демонстрирует навыки сборки схем для проведения измерений характеристик элементов оптических систем, и сетей передачи данных на основе логических рассуждений, демонстрирует способность считывать результаты измерений без ошибок, заносить их в документацию, правильно оформлять отчеты, на экзамене не испытывает затруднений при ответе на вопросы билета

2.2 Таблица соответствия результатов промежуточной аттестации по дисциплине уровню этапа формирования компетенций

Форма контроля	Шкала оценивания	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения компетенции
Экзамен	удовлетворительно	ПК-1.1	низкий
		ПК-1.2	средний
		ПК-1.3	низкий
	хорошо	ПК-1.1	низкий
		ПК-1.2	средний
		ПК-1.3	средний
	отлично	ПК-1.1	средний
		ПК-1.2	высокий
		ПК-1.3	высокий

### 3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Процесс оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлен в таблицах по формам обучения:

Очная форма

Тип занятия	Тема (раздел)	Оценочные средства
<b>ПК 1.1 Знать:</b> Основы организации оптических систем передачи данных, конструкцию и основные характеристики оптических сред передачи		
Лекция	Все разделы дисциплины	Экзамен
Лабораторная работа	Исследование параметров оптических волокон Экспериментальное определение показателя преломления оптической среды Определение характеристик атмосферной оптической линии связи	Отчет по лабораторной работе Экзамен
Практическое занятие	Тест по темам «Физические основы света» «Волоконно-оптические системы передачи» Тест по темам «Оптические волокна» «Производство оптических волокон» Тест по теме «Основы теории передачи по оптическим волокнам» Тест по теме «Организация оптической связи в атмосфере»	Отчет по практическим занятиям Экзамен
Самостоятельная работа	Все разделы дисциплины	Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям Экзамен
<b>ПК 1.2 Уметь:</b> Производить элементарные расчеты и измерения по определению основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных		
Лекция	Основы теории передачи по оптическим волокнам Оптическое волокно (ОВ) Волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). Организация оптической связи в атмосфере	Экзамен
Лабораторная работа	Исследование параметров оптических волокон Экспериментальное определение показателя преломления оптической среды Определение характеристик атмосферной оптической линии связи	Отчет по лабораторной работе Экзамен
Практическое занятие	Расчет параметров оптического волокна	Отчет по практическим занятиям Экзамен
Самостоятельная работа	Основы теории передачи по оптическим волокнам Оптическое волокно (ОВ) Волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). Организация оптической связи в атмосфере	Отчеты по практическим занятиям Отчеты по лабораторным работам, экзамен
<b>ПК 1.3</b> Навыками обработки информации, оформления отчетной документации, результатов определения основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных		
Лекция	Все разделы дисциплины	Экзамен

Практическое занятие	Тест по темам «Физические основы света» «Волоконно-оптические системы передачи» Тест по темам «Оптические волокна» «Производство оптических волокон» Тест по теме «Основы теории передачи по оптическим волокнам» Тест по теме «Организация оптической связи в атмосфере»	Отчет по практическим занятиям Экзамен
Лабораторная работа	Исследование параметров оптических волокон Экспериментальное определение показателя преломления оптической среды Определение характеристик атмосферной оптической линии связи	Отчет по лабораторной работе Экзамен
Самостоятельная работа	Все разделы дисциплины	экзамен

Заочная форма

Тип занятия	Тема (раздел)	Оценочные средства
<b>ПК 1.1 Знать:</b> Основы организации оптических систем передачи данных, конструкцию и основные характеристики оптических сред передачи		
Лекция	Все разделы дисциплины	Экзамен
Лабораторная работа	Экспериментальное определение показателя преломления оптической среды Исследование параметров оптических волокон	Отчет по лабораторной работе Экзамен
Практическое занятие		
Самостоятельная работа	Все разделы дисциплины	Отчеты по лабораторным работам Домашняя контрольная работа, Экзамен
<b>ПК 1.2 Уметь:</b> Производить элементарные расчеты и измерения по определению основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных		
Лекция	Основы теории передачи по оптическим волокнам Оптическое волокно (ОВ) Волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). Организация оптической связи в атмосфере	Экзамен
Лабораторная работа	Экспериментальное определение показателя преломления оптической среды Исследование параметров оптических волокон	Отчет по лабораторной работе Экзамен
Практическое занятие		
Самостоятельная работа	Основы теории передачи по оптическим волокнам Оптическое волокно (ОВ) Волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). Организация оптической связи в атмосфере	Отчеты по лабораторным работам Домашняя контрольная работа, Экзамен
<b>ПК 1.3</b> Навыками обработки информации, оформления отчетной документации, результатов определения основных характеристик элементов оптических систем и сетей передачи данных		
Лекция	Все разделы дисциплины	Экзамен

Практическое занятие		
Лабораторная работа	Исследование параметров оптических волокон Экспериментальное определение показателя преломления оптической среды	Отчет по лабораторной работе Экзамен
Самостоятельная работа	Все разделы дисциплины	Отчеты по лабораторным работам Домашняя контрольная работа, Экзамен

#### 4 Типовые контрольные задания

Представить один пример задания по каждому типу оценочных средств для каждой компетенции, формируемой данной дисциплиной.

*ПК-1 – Способен к эксплуатации и развитию сетевых платформ, систем и сетей передачи данных*

##### 4.1 Пример задания на практическое занятие

#### Расчет параметров оптического волокна

##### 1 Цель работы:

1.1 Освоение методики расчета параметров ступенчатого одномодового и градиентного многомодового световода.

1.2 Приобретение навыков расчета параметров световодов.

##### 2

##### Подготовка к работе:

2.1 Изучить сущность параметров ступенчатого световода.

2.2 Изучить методику расчета параметров ступенчатого световода.

2.3 Изучить сущность параметров градиентного световода.

2.4 Изучить методику расчета параметров градиентного световода.

##### 3 Задание:

3.1 Рассчитать параметры ступенчатого многомодового световода:

3.1.1 числовую апертуру;

3.1.2 число направляемых мод;

3.1.3 затухание световода;

3.1.4 дисперсию световода;

3.1.5 коэффициент широкополосности;

3.1.6 полосу пропускания регенерационного участка.

3.2 Дать рекомендации по использованию ступенчатого многомодового световода.

3.3 Привести график зависимости показателя преломления от диаметра ОВ.

3.4 Рассчитать параметры градиентного многомодового световода:

3.4.1 числовую апертуру;

3.4.2 число направляемых мод;

3.4.3 затухание световода;

3.4.4 дисперсию световода;

3.4.5 коэффициент широкополосности;

3.4.6 полосу пропускания регенерационного участка.

3.5 Дать рекомендации по использованию градиентного световода.

3.6 Привести график зависимости показателя преломления от диаметра ОВ.

3.7 Привести график зависимости коэффициента затухания ОВ от длины волны.



#### 4 Исходные данные:

Таблица 1 – Исходные данные для расчета одномодового световода

Параметр	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{ мкм}$	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68
$n_1$	1,5	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,6
$n_2$	1,49	1,5	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58
$\lambda, \text{ мкм}$	0,9	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81
$l_{py}, \text{ км}$	1	2	3	4	5	6	4	8	9	10

Таблица 2 – Исходные данные для расчета многомодового световода

Параметр	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{ мкм}$	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
$n_1$	1,6	1,58	1,56	1,54	1,52	1,5	1,48	1,46	1,44	1,42
$n_2$	1,5	1,59	1,55	1,53	1,51	1,49	1,47	1,45	1,43	1,41
$\lambda, \text{ мкм}$	1,2	1,22	1,24	1,26	1,28	1,3	1,32	1,34	1,36	1,38
$l_{py}, \text{ км}$	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33

#### 5 Методические рекомендации:

5.2 Простейшие ОВ представляют собой круглый диэлектрический (стекло или прозрачный полимер) стержень, называемый сердцевинкой, окруженный диэлектрической оболочкой. Показатель преломления материала сердцевинки  $n_1 = \sqrt{\varepsilon_1}$  всегда больше показателя преломления оболочки  $n_2 = \sqrt{\varepsilon_2}$ , где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – относительные диэлектрические проницаемости сердцевинки и оболочки соответственно[2.1].

##### 5.2.1 Расчет числовой апертуры, нормированной частоты и числа мод

Для передачи сигналов ОВ используется явление полного внутреннего отражения на границе раздела двух диэлектрических сред ( $n_1 > n_2$ ).

Апертура – это угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, попадающего в торец волоконного световода, при котором выполняется условие полного внутреннего отражения.

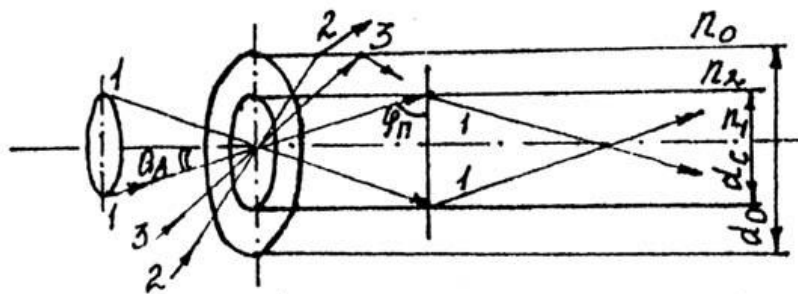


Рисунок 1 - Распространение луча в ОВ

По оптическому волокну будут эффективно передаваться только лучи, заключенный внутри телесного угла  $\theta_A$  (рисунок 1), величина которого обусловлена углом полного внутреннего отражения  $\varphi_n$ . Этот телесный угол характеризуется числовой апертурой  $NA = n_0 \sin \theta_A$  при вводе луча из воздуха  $n_0 = 1$  ( $n_0$  – показатель преломления воздуха). Для других различных сред расчет производится по формуле 6:

$$NA = \sin \theta_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (1)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – показатели (коэффициенты) преломления сердцевинки и оболочки соответственно.

Режим работы оптического волокна определяется нормированной частотой ОВ. Как правило, если данный параметр находится в пределах от 0 до 2,405, то имеет место одномодовый режим передачи, если же данный параметр больше, режим работы – многомодовый. Расчет нормированной частоты  $v$ , производится по формуле 7:

$$V = \frac{\pi d_c}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – длина волны излучателя, мкм;

$d_c$  - диаметр сердцевины ОВ, мкм.

Число направляемых мод выполняется по методике [2]

Для градиентных волокон

$$N = \frac{V^2}{4} \quad (3)$$

Для ступенчатых волокон

$$N = \frac{V^2}{2} \quad (4)$$

### 5.2.2 Расчет ослабления сигнала в ОВ

Ослабление сигнала в ОВ обусловлено собственными потерями и дополнительными кабельными потерями  $\alpha_k$ , обусловленными неоднородностями конструктивных параметров, возникающих при деформации и изгибе световодов в процессе наложения покрытий и защитных оболочек при изготовлении кабеля. Коэффициент затухания (ослабления)

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_k \quad (5)$$

Величина  $\alpha_k$  в реальных условиях составляет 0,3-0,5 дБ/км. Собственные потери  $\alpha_c$  состоят из трех составляющих: ослабления за счет поглощения  $\alpha_n$ ; ослабления за счет наличия в материале ОВ посторонних примесей  $\alpha_{np}$ ; ослабления за счет потерь на рассеяние  $\alpha_p$  [1].

Отсюда:

$$\alpha_c = \alpha_n + \alpha_{np} + \alpha_p \quad (6)$$

Ослабление за счет поглощения  $\alpha_n$  линейно растет с частотой и связано с потерями на диэлектрическую поляризацию. Фактически эти потери обусловлены комплексным характером показателя преломления сердцевины, который связан с  $tg\delta$ . При современном уровне технологии изготовления ОВ коэффициент преломления практически имеет действительное значение,  $tg\delta \approx 0$  и потери на поглощение можно не учитывать по сравнению с другими составляющими.

Потери энергии также существенно возрастают из-за наличия в материале ОВ посторонних примесей  $\alpha_{np}$ , таких, как гидроксильные группы (ОН), ионы металлов и другие включения. В области резонансов собственных колебаний ионов примесей обычно имеются всплески затухания (ослабления). Обычно из-за примесей возникают всплески ослабления на волнах 0,95 и 1,4 мкм. При этом наблюдаются три окна прозрачности световода с малыми ослаблениями в диапазонах волн 0,8-0,9, 1,2-1,3, 1,5-1,6 мкм.

В этих диапазонах с увеличением длины волны ослабление существенно уменьшается, поэтому в последнее время активно ведутся работы по освоению длин волн 1,3 и 1,55 мкм.

Рассеяние обусловлено неоднородностями электрических параметров материала ОВ, примесями, размеры которых меньше длины волны, и тепловой флуктуацией показателя преломления.

Коэффициент затухания (дБ/км) за счет рассеяния:

$$\alpha_p = 1.2 \frac{n_1^2 - 1}{\lambda^4}, \quad (7)$$

где  $\lambda$  - длина волны, мкм.

$n_1$  – показатель преломления сердцевины ОВ;

В соответствии со сказанным можно считать, что

$$\alpha \approx \alpha_p + \alpha_k \quad (8)$$

По окончании расчетов дать заключение о соответствии затухания нормативным значениям. Пояснить, как повлияет затухание в случае повышенной величины от нормы, на длину участка регенерации.

### 5.2.3 Дисперсия и пропускная способность ОВ

Полоса частот  $\Delta F$ , пропускаемая ОВ, определяет объем информации, который можно с заданным качеством передать по ОК. Теоретически по ОВ можно организовать огромное число каналов на большие расстояния, а практически  $\Delta F$  ограничена. Это обусловлено тем, что сигнал на другой конец приходит искаженным (импульс размывается, уширяется) вследствие различия фаз его составляющих. Данное явление оценивают величиной уширения  $\tau_u$  передаваемых импульсов.

Сравнивая дисперсионные характеристики различных ОВ, можно отметить, что лучшими данными обладают одномодовые световоды, так как в них отсутствует модовая дисперсия. В ступенчатых многомодовых ОВ, наоборот, наблюдается весьма значительная дисперсия. Разные моды имеют различное время распространения, в результате чего на приёмном конце нарушаются фазовые соотношения составляющих сигнала и сигнал сильно искажается (размывается). В градиентных ОВ происходит выравнивание времени распространения различных мод за счет специально подобранного профиля показателя преломления:  $n_1$  уменьшается от центра к периферии по параболическому закону. Это вызывает рефракцию – искривление траектории луча к осевой линии, что обуславливает волнообразный характер распространения лучей вдоль ОВ по винтовой линии. ГОВ подобно среде с распределенным линзовым эффектом, в которой световой пучок подвергается непрерывной подфокусировке.

Кроме модовой дисперсии в ОВ существует еще хроматическая (частотная) дисперсия (материальная, волноводная и профильная). Помимо ОВ в общее уширение импульса вносят свой вклад оптический излучатель (лазер, светодиод) и фотоприемник (фотодиод)[2.1].

Уширение импульса, отнесенное к 1 км, называют дисперсией. Для многомодовых градиентных волокон дисперсия рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{(NA)^4}{8n_1^3 c}, \text{ нс/км} \quad (9)$$

где NA – числовая апертура ОВ;

$n_1$  – показатель преломления сердцевины ОВ;

$c$  – скорость света, км/с.

Для одномодового волокна дисперсия определяется как;

$$\tau = \Delta\lambda * [M(\lambda) + B(\lambda)], \quad (10)$$

где  $\Delta\lambda = 2 \text{ нМ}$  – ширина спектра излучения источника;

$M(\lambda)$  - удельная материальная дисперсия ОВ для заданной длины волны;

$B(\lambda)$  - удельная волновая дисперсия ОВ для заданной длины волны.

$M(\lambda)$  и  $B(\lambda)$  определяются по таблице 1.

Таблица 3 – Коэффициенты волновой и материальной дисперсии

Длина волны $\lambda, \text{мкм}$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4	1,55	1,6	1,8
$M(\lambda),$ пс/(км·нм)	400	125	40	10	-5	-5	-18	-20	-25
$B(\lambda),$ пс/(км·нм)	5	5	6	7	8	8	12	14	16

Коэффициент широкополосности  $\Delta F \text{ МГц*км}$ , или пропускная способность ОВ определяется по формуле 11:

$$\Delta F = \frac{1}{\tau_u} \quad (11)$$

5.3 В рекомендациях по использованию световода указать участок первичной сети связи и параметры световода, обуславливающих этот выбор.

#### 4.2 Пример задания на лабораторную работу

### Экспериментальное определение показателя преломления оптической среды

#### 1 Цель работы:

1.1 Целью работы является экспериментальное определение показателя преломления оптических сред. Приобретение навыков расчета параметров направляющих сред.

#### 2 Подготовка к выполнению работы:

При самостоятельной подготовке к лабораторной работе по методическим указаниям и литературе [1,2,4] необходимо изучить:

2.1 конструкцию ОВ;

2.2 подготовить письменные ответы на контрольные вопросы;

2.3 подготовить бланк отчета.

#### 3 Оборудование и приборы:

3.1 Компьютерная программа.

#### 4 Задание:

4.1 Изучить конструкцию оптических волокон и основные принципы их работы по литературе [1,2,4]

4.2 Произвести измерение показателя преломления оптических сред. По результатам измерений заполнить таблицу 1.

4.3. Произвести расчет числовой апертуры, апертурного угла, для трех различных исследуемых сред, подготовить рисунки апертуры волокна в соответствии с получившимися

результатами, произвести расчет нормированной частоты, критической длины волны, угла полного внутреннего отражения для волокна с измеренными показателями преломления.

При выполнении рисунков использовать измерительный инструмент для отображения падающего, отраженного и преломленного лучей в соответствии с полученными экспериментальными и расчетными значениями.

Таблица 1.1 – Результаты исследований

Угол падения $\alpha$ , градусы										
Угол преломления, $\beta$ , градусы										
Показатель преломления, $n_1$										

Продолжение таблицы 1.1

Среднее значение $n_1$										
Предполагаемый материал сердцы										
Значение угла полного внутреннего отражения	Расчетное					Экспериментальное				
Результаты расчетов	$\Theta_a$	NA	$\lambda_{кр}$	V	Режим работы НС					

### 5 Порядок выполнения работы:

При выполнении лабораторной работы используется программное обеспечение на основе flash технологии, поэтому для работы необходим Интернет-браузер не ниже Internet Explorer 7. Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

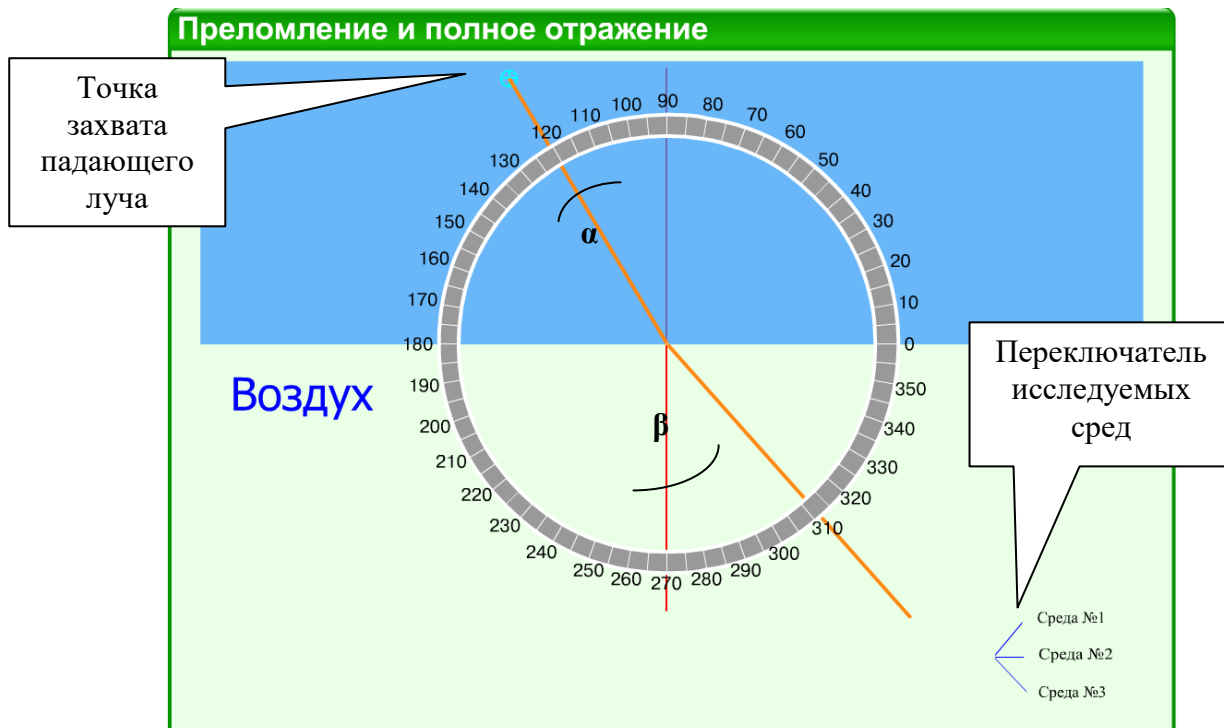


Рисунок 1.1 – Интерфейс программы

Для выполнения работы необходимо с помощью «мыши» захватить падающий луч и задавая ему различные углы падения, с шагом 5 градусов, начиная от нормали к границе раздела сред, снять показания значений угла преломления для трех различных сред, поочередно переключаясь между ними в меню, в нижней части программы.

Результаты измерений заносятся в таблицу 1. Так как исследуются три среды, то и таблиц с результатами будет три.

По результатам измерений необходимо произвести расчет показателей преломления для заданных сред (учитывая, что луч падает из среды с неизвестным показателем преломления  $n_1$ ), вывести среднее значение и сравнить его с табличными значениями (таблица 2) сделать вывод о материале среды распространения света, занести это в таблицу 1.

Таблица 1.2 - Показатель преломления  $n$  для некоторых прозрачных тел.

Воздух	1,000292
Вода	1,334
Спирт этиловый	1,363
Органическое стекло	1,494
Бензол	1,503
Стекло крон	1,5163
Канадский бальзам	1,543
Каменная соль	1,549
Стекло флинт	1,6199
Стекло тяжелый флинт	1,6475
Монобромнафталин	1,661
Алмаз	2,425
Глауберова соль	1,396
Кристаллогидрат кальция	1,393

Для каждого экспериментального случая определить угол полного внутреннего отражения, проверить полученные значения экспериментально.

Рассчитать числовую апертуру, значение апертурного угла, нормированную частоту, критическую длину волны для световода с заданным диаметром сердцевины, в соответствии с вариантом, заданным преподавателем.

Таблица 1.3 – Варианты для расчетов нормированной частоты

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda$ , мкм	1,33	1,31	1,32	1,34	1,31	1,55	1,51	1,52	1,53	1,56
$d_c$ , мкм	10	9	9,5	8,5	10,5	11	9,5	8,5	10	11

Сделать рисунок, отображающий суть апертуры волокна для трех сред (пример на рисунке 3). Все три апертуры показать на одном рисунке. Дать заключение о ширине апертуры световодов, выполненных из найденных материалов.

## 6. Контрольные вопросы

- 6.1 Что такое угол полного внутреннего отражения?
- 6.2 Каково соотношение между показателями преломления сред для достижения режима полного внутреннего отражения?
- 6.3 Что такое показатель преломления вещества?
- 6.4 Почему преломленный луч является нежелательным?
- 6.5 Что такое апертура оптического волокна?
- 6.6 У каких волокон апертура больше, одномодовых или многомодовых?
- 6.7 Что показывает критическая длина волны?
- 6.8 Зачем необходимо знать нормированную частоту световода?
- 6.9 Что такое числовая апертура оптического волокна.
- 6.10 Перечислить типы волн, возникающих в оптических волокнах.
- 6.11 Пояснить, как влияет каждая из возникших волн на процесс передачи по оптическому волокну.
- 6.12 Указать зависимость работы оптического волокна в одномодовом или многомодовом режиме от нормированной частоты.

## 7. Содержание отчета

- 7.1 Три таблицы для трех сред, с результатами эксперимента и расчетов.
- 7.2 Расчеты для трех сред (числовая апертура, апертурный угол, критическая длина волны, нормированная частота, угол полного внутреннего отражения)
- 7.3 Рисунок апертуры световода, для трех различных сред с изображением падающего. отраженного лучей, пояснением конструкции оптического волокна (пример на рисунке А3).

#### 4.3 Пример билета на устном экзамене

УрТИСИ СибГУТИ	<b>Экзаменационный билет</b> № <u>1</u> по дисциплине Основы оптической связи	УТВЕРЖДАЮ: Зав. кафедрой МЭС _____ «__» _____ 20__ г.
----------------	---	--

Направление 11.03.02 профиль ТСС программа бакалавриат факультет ИИиУ курс 2  
семестр 4

1. Методы изготовления оптических волокон. Основные принципы, сравнительная характеристика
2. Конструкция и классификация оптических волокон. Стандарты на оптические волокна G651, G652.

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

#### 4.4 Перечень вопросов на устный экзамен

1. Основные свойства света. Полное внутреннее отражение
2. Обобщенная структурная схема ВОСП. Назначение основных компонентов
3. Сравнительная характеристика источников оптического излучения в ВОСП
4. Сравнительная характеристика фотоприемников в ВОСП
5. Конструкция и классификация оптических волокон. Стандарты на оптические волокна G651, G652, G655? G657/
6. Методы изготовления оптических волокон. Основные принципы, сравнительная характеристика
7. Классы волн в световодах. Понятие световой моды. Типы электромагнитных волн в ОВ. Понятие модового пятна.
8. Типы световых лучей в оптических волокнах. Особенности их распространения.
9. Апертура оптического волокна. Понятие числовой апертуры. Высокоапертурные и низкоапертурные волокна. Влияние апертуры на процесс передачи.
10. Критическая длина волны. Длина волны отсечки. Графическое пояснение.
11. Понятие нормированной частоты. Число мод распространяющихся в оптическом волокне.
12. Типы волн в оптических волокнах. Особенности их распространения.
13. Основные причины оптических потерь в оптических волокнах. Составляющие потерь. Окна прозрачности.
14. . Дисперсия в оптических волокнах. Виды дисперсии, составляющие, причины.
15. Основные причины оптических потерь в атмосфере

#### **5 Банк контрольных заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации**

Банк представлен в локальной сети кафедры МЭС и доступен по URL:  
<http://www.aup.uisi.ru>. В разделе «Обучение» МЭС → ФГОС 3++



Оценочные средства рассмотрены и утверждены на заседании кафедры МЭС

29.05.2020 г.      Протокол № 10

Заведующий кафедрой (разработчика)

  
\_\_\_\_\_

подпись

Е.А. Субботин  
\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

29.05.2020 г.

Оценочные средства рассмотрены и утверждены на заседании кафедры [МЭС]

29.05.2020 г.      Протокол № 10

Заведующий кафедрой (разработчика)

\_\_\_\_\_

подпись

Е.А. Субботин

инициалы, фамилия

29.05.2020 г.