

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии  
 (Овчинников О.В.)  
подпись, расшифровка подписи

14. 06. 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.05.02 Фотонные кристаллы

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:  
12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки/ специализация/ магистерская программа:  
Фотоника и оптоинформатика
3. Квалификация (степень) выпускника:  
Высшее образование (бакалавр)
4. Форма образования: Очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:  
кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Кондратенко Тамара Сергеевна, кандидат физико-математических наук
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024  
*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*
8. Учебный год: 2027/2028 Семестр(-ы): 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование у студентов знаний о структуре и свойствах периодических структур, рассмотрение основных применений фотонных кристаллов в устройствах фотоники.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить физические основы периодических структур;
- рассмотреть распространение электромагнитных волн в периодических средах;
- сформировать знания об одномерных периодических средах, периодических слоистых средах, фотонных кристаллах и их зонной структуре;
- рассмотреть распространение света в фотонных кристаллах.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.5), блок Б1.

## 11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен оценивать условия и режимы эксплуатации разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	ПК-1.1	Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<b>Знать:</b> условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. <b>Уметь:</b> согласовывать условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. <b>Владеть:</b> навыками определения условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
		ПК-1.2	Определяет требования к параметрам разрабатываемой оплотехники	<b>Знать:</b> требования к параметрам разрабатываемой оплотехники. <b>Уметь:</b> определять требования к параметрам разрабатываемой оплотехники. <b>Владеть:</b> навыками определения требований к параметрам разрабатываемой оплотехники.
		ПК-1.3	Осуществляет поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<b>Знать:</b> принципы поиска научно-технической информации об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники и оптико-электронных приборов и комплексов. <b>Уметь:</b> анализировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт об изделиях аналогах. <b>Владеть:</b> навыками осуществления поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.
		ПК-1.4	Оформляет научно-	<b>Знать:</b> результаты разработки

			технические отчеты о результатах разработки оптоэлектронных приборов и комплексов	оптоэлектронных приборов и комплексов. <b>Уметь:</b> оформлять научно-технические отчеты о результатах разработки оптоэлектронных приборов и комплексов. <b>Владеть:</b> навыками оформления научно-технических отчетов.
ПК-6	Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов	ПК-6.1	Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов	<b>Знать:</b> перечень допустимых значений физических воздействий. <b>Уметь:</b> осуществлять подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов. <b>Владеть:</b> навыками подготовки реестров.
		ПК-6.2	Определяет степень достоверности результатов экспериментальных исследований и составление реестра параметров наноструктурных материалов	<b>Знать:</b> принципы определения степени достоверности результатов экспериментальных исследований. <b>Уметь:</b> составлять реестр параметров наноструктурных материалов. <b>Владеть:</b> навыками определения степени достоверности результатов экспериментальных исследований.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 6/216.**

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

### 13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 7
Аудиторные занятия		90	90
в том числе:	лекции	52	52
	практические	38	38
	лабораторные		
Самостоятельная работа		90	90
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <i>Зачет с оценкой</i>		36	36
Итого:		216	216

### 13.1 Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела	Содержание раздела дисциплины
-----	----------------------	-------------------------------

дисциплины		
1. Лекции		
1.1	Введение в физику периодических структур. Фотонные кристаллы.	Периодические структуры. Фотонная кристаллическая решетка. Основные представления о фотонных кристаллах, их применение.
1.2	Распространение электромагнитных волн в периодических средах.	Основные понятия и уравнения.
1.3	Одномерные периодические среды.	Выражение для Блоховских мод электромагнитного поля, вывод закона дисперсии.
1.4	Периодические слоистые среды.	Блоховские волны и зонная структура. Брэгговское отражение. Теория связанных мод.
1.5	Фотонные кристаллы. Зонная структура фотонных кристаллов.	Твердотельные аналогии. Плотность мод электромагнитного поля. Закон дисперсии и зонная структура фотонных кристаллов. Фотонная запрещенная зона.
1.6	Модели, описывающие запрещенные фотонные зоны	Одномерный случай фотонной запрещенной зоны. Трехмерный случай фотонной запрещенной зоны.
1.7	Распространение света в фотонных кристаллах.	Спектр отражения и пропускания одномерных фотонных кристаллов. Оптический отклик фотонных кристаллов.
1.8	Резонансные и нелинейные фотонные кристаллы.	Спектральные свойства одномерного резонансного фотонного кристалла. Одномерные резонансные фотонные кристаллы с дефектом.
1.9	Изготовление фотонных кристаллов	Методы, использующие самопроизвольное формирование фотонных кристаллов. Методы травления. Голографические методы. Другие методы создания фотонных кристаллов.
2. Практические занятия		
2.1	Практическая работа №1.	Одномерный фотонный кристалл.
2.2	Практическая работа №2.	Практическая работа: «Получение запрещенных зон для фотонного кристалла с использованием дисперсионного уравнения и матриц передачи в заданном диапазоне длин волн».
2.3	Практическая работа №3.	Методики изготовления фотонных кристаллов.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Введение в физику периодических структур. Фотонные кристаллы.	4			4	2	10
2.	Распространение электромагнитных волн в периодических средах.	6			7	4	17
3.	Одномерные периодические среды.	6			12	3	21
4.	Периодические слоистые среды.	8			8	4	20
5.	Фотонные кристаллы. Зонная структура фотонных кристаллов.	5			6	2	13
6.	Модели, описывающие запрещенные фотонные зоны	6			8	3	17

7.	Распространение света в фотонных кристаллах.	6			8	4	18
	Резонансные и нелинейные фотонные кристаллы.	5			8	3	16
	Изготовление фотонных кристаллов	6			9	4	19
	Практическая работа №1.		12		5	3	20
	Практическая работа №2.		12		8	2	22
	Практическая работа №3.		14		6	2	22
	Итого	52	38		90	36	216

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- Работа с текстом конспекта лекции.
- Чтение основной и дополнительной литературы. Самостоятельное изучение материала по литературным источникам.
- Подготовка к практическим занятиям.
- Подготовка рефератов.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

##### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Голенищев-Кутузов, А.В. Фотонные и фононные кристаллы / А.В. Голенищев-Кутузов, В.А. Голенищев-Кутузов, Р.И. Калимуллин. - М. :Физматлит, 2010. - 159 с. - ISBN 978-5-9221-1218-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=68872">https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=68872</a>
2.	Манцызов, Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов / Б.И. Манцызов. - М. :Физматлит, 2009. - 208 с. - ISBN 978-5-9221-1201-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=68404">https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=68404</a>
3.	Козлов, А. А. Фотонные кристаллы из полимерных микросфер : методические указания / А. А. Козлов, А. С. Аксенов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/182499">https://e.lanbook.com/book/182499</a>

##### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Фотонные кристаллы и наноконпозиты: структурообразование, оптические и диэлектрические свойства : монография / под ред. В.Ф. Шабанова, В.Я. Зырянова. - Новосибирск : Сибирское отделение Российской академии наук, 2009. - 257 с. - (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 21). - ISBN 978-5-7692-1096-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=98005">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=98005</a>
5.	Слабостойчивые длиннопериодические структуры в металлических системах / А.И. Потекаев, С.В. Дмитриев, В.В. Кулагина и др. ; под ред. А.И. Потекаева. - Томск : Издательство "НТЛ", 2010. - 308 с. - ISBN 978-5-89503-458-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=201926">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=201926</a>

##### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурсы Интернет
6.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a>
7.	ЭБС "Издательства "Лань" <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
8.	ЭБС "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru">https://biblioclub.lib.vsu.ru</a>
9.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a>

#### 16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Учебно-методические указания к практическим занятиям дисциплины "Фотонные

	<i>кристаллы".</i>
2	<i>Электронный учебный курс "Фотонные кристаллы".</i>

## **17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

*В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).*

*Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.*

*Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).*

*При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.*

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100\*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

## **19. Фонд оценочных средств:**

### **19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
---------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

<p>ПК-1.1. Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>	<p><b>Знать:</b> условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.  <b>Уметь:</b> согласовывать условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.  <b>Владеть:</b> навыками определения условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>	<p>Все разделы</p>	<p>КИМ</p>
<p>ПК-1.2. Определяет требования к параметрам разрабатываемой оплотехники</p>	<p><b>Знать:</b> требования к параметрам разрабатываемой оплотехники.  <b>Уметь:</b> определять требования к параметрам разрабатываемой оплотехники.  <b>Владеть:</b> навыками определения требований к параметрам разрабатываемой оплотехники.</p>	<p>Все разделы</p>	<p>КИМ</p>
<p>ПК-1.3. Осуществляет поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>	<p><b>Знать:</b> принципы поиска научно-технической информации об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники и оптико-электронных приборов и комплексов.  <b>Уметь:</b> анализировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт об изделиях аналогах.  <b>Владеть:</b> навыками осуществления поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p>	<p>Все разделы</p>	<p>КИМ</p>
<p>ПК-1.4. Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p>	<p><b>Знать:</b> результаты разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.  <b>Уметь:</b> оформлять научно-технические отчеты о результатах разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.  <b>Владеть:</b> навыками оформления научно-технических отчетов.</p>	<p>Все разделы</p>	<p>КИМ</p>
<p>ПК-6.1. Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов</p>	<p><b>Знать:</b> перечень допустимых значений физических воздействий.  <b>Уметь:</b> осуществлять подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов.  <b>Владеть:</b> навыками подготовки реестров.</p>	<p>Все разделы</p>	<p>КИМ</p>

ПК-6.2. Определяет степень достоверности результатов экспериментальных исследований и составление реестра параметров наноструктурных материалов	<b>Знать:</b> принципы определения степени результатов экспериментальных исследований. <b>Уметь:</b> составлять реестр параметров наноструктурных материалов. <b>Владеть:</b> навыками определения степени достоверности результатов экспериментальных исследований.	Все разделы	КИМ
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен			КИМ

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики спектральных приборов;
- 4) владение знаниями о теоретических основах и современных методах молекулярной спектроскопии.

### Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

## 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Понятие о периодических структурах.
2. Основные понятия и уравнения для периодических структур.
3. Выражение для Блоховских мод электромагнитного поля
4. Вывод закона дисперсии.
5. Блоховские волны и зонная структура.
6. Брэгговское отражение.
7. Теория связанных мод.
8. Твердотельные аналогии.
9. Плотность мод эл.магн. поля.
10. Закон дисперсии и зонная структура фотонных кристаллов.
11. Спектр отражения и пропускания одномерных фотонных кристаллов.
12. Оптический отклик фотонных кристаллов.

### **19.3.6 Темы рефератов:**

1. Периодические структуры и их основные параметры.
2. Распространение электромагнитных волн в периодических структурах.
3. Аналогия между описанием свойств электронов в кристаллах и описанием свойств распространения электромагнитных волн в периодических структурах.
4. Фотонные кристаллы как пример периодических структур.
5. Зонная структура фотонных кристаллов.
6. Применения периодических структур и фотонных кристаллов.

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); тестирования; оценки результатов практической деятельности. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

## Форма контрольно-измерительного материала

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

\_\_\_\_\_ Овчинников О.В.  
*подпись, расшифровка подписи*

\_\_\_. \_\_\_. 2021 \_\_

Направление подготовки / специальность 12.03.03 - Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Фотонные кристаллы

Форма обучения очная

Вид контроля зачет с оценкой

Вид аттестации промежуточная

### Контрольно-измерительный материал №1

1. Понятие о периодических структурах.
2. Теория связанных мод.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Кондратенко Т.С.  
*подпись* *расшифровка подписи*

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

\_\_\_\_\_ Овчинников О.В.  
*подпись, расшифровка подписи*

\_\_\_. \_\_\_. 2021 \_\_

Направление подготовки / специальность 12.03.03 - Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Фотонные кристаллы

Форма обучения очная

Вид контроля зачет с оценкой

Вид аттестации промежуточная

### Контрольно-измерительный материал №2

1. Основные понятия и уравнения для периодических структур.
2. Теория связанных мод.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Кондратенко Т.С.  
*подпись* *расшифровка подписи*