



Національний технічний  
університет України  
«Київський  
Політехнічний  
Інститут»



В. Г. Колобродов  
Г. С. Тимчик

# Дифракційна теорія ОПТИЧНИХ СИСТЕМ



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

**В. Г. Колобродов**  
**Г. С. Тимчик**

## **Дифракційна теорія оптичних систем**

**Підручник**

*Затверджено Міністерством освіти і науки України  
як підручник для студентів вищих навчальних закладів,  
які навчаються за напрямом підготовки «Оптехніка»*

Київ  
НТУУ «КПІ»  
2011

УДК 681.758(075.8)  
ББК 22.343.4я73  
К61

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України  
(Лист № 1/11-10713 від 23.11.2010 р.)*

**Рецензенти:**

*Л. В. Поперенко, д-р фіз.-мат. наук, проф.,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

*О. В. Ангельський, д-р фіз.-мат. наук, проф.,  
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

*А. П. Поліщук, д-р фіз.-мат. наук, проф.,  
Національний авіаційний університет України*

**Відповідальний редактор**

*І. Г. Чиж, д-р техн. наук, проф.,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»*

**Колобродов В. Г.**

**К61** Дифракційна теорія оптичних систем [Текст] : підруч. /  
В. Г. Колобродов, Г. С. Тимчик. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 140 с. –  
300 пр.

**ISBN 978-966-622-415-9**

Викладено теоретичні основи дифракційного аналізу когерентних і некогерентних оптичних систем обробки інформації. Подано на основі рівнянь Максвелла властивості оптичного випромінювання, основи скалярної теорії дифракції, дифракційний аналіз оптичних систем і просторово-частотний аналіз дифракційно обмежених оптичних систем. Практичне застосування скалярної теорії дифракції знайшло відображення в представлених методах розрахунку параметрів світлового поля, яке формує когерентна або некогерентна система. Для практичного засвоєння матеріалу значну увагу приділено розв'язанню прикладів, пов'язаних з перетворенням електромагнітного поля в оптичних системах.

Для магістрів за напрямом «Оптехніка», спеціальностями оптичні прилади і системи, фотоніка, лазерна та оптоелектронна техніка. Може бути корисним розробникам оптичних систем різного призначення.

УДК 681.758(075.8)  
ББК 22.343.4я73

ISBN 978-966-622-415-9

© В. Г. Колобродов,  
Г. С. Тимчик, 2011  
© НТУУ «КПІ» (ПБФ), 2011



# ЗМІСТ

<b>Зміст</b> .....	3
<b>Скорочення</b> .....	6
<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1. Основи електромагнітної теорії поля</b> .....	9
1.1. Рівняння Максвелла .....	9
1.2. Хвильове рівняння .....	11
1.3. Плоскі і сферичні гармонічні хвилі .....	12
1.4. Скалярні гармонічні хвилі. Рівняння Гельмгольца.....	15
1.5. Рівняння ейконалу і переносу.....	16
1.6. Кутовий спектр плоских хвиль.....	17
1.7. Приклади розрахунку параметрів електромагнітного поля.....	19
1.8. Задачі для самостійного розв'язання.....	26
<b>Розділ 2. Основи скалярної теорії дифракції</b> .....	29
2.1. Загальні положення теорії дифракції.....	29
2.2. Принцип Гюйгенса-Френеля.....	30
2.3. Зонна пластинка Френеля.....	35
2.4. Теорія дифракції Кірхгофа.....	38
2.4.1. Інтегральна теорема Гельмгольца-Кірхгофа.....	38
2.4.2. Дифракція на плоскому екрані.....	40
2.5. Дифракція Френеля.....	43
2.6. Дифракція Фраунгофера.....	46
2.7. Приклади розрахунку дифракції Фраунгофера.....	47
2.7.1 Прямокутний отвір.....	47
2.7.2 Круглий отвір.....	50
2.7.3 Синусоїдальна амплітудна решітка.....	53
2.8. Дифракції Френеля на прямокутному отворі.....	57
2.9. Приклади розрахунку дифракційних картин.....	59
2.10. Задачі для самостійного розв'язання.....	68
<b>Розділ 3. Дифракційний аналіз оптичних систем</b> .....	77
3.1. Тонка лінза як елемент, що виконує фазове перетворення.....	77

3.2.	Тонка лінза як елемент, що виконує перетворення Фур'є.....	82
3.2.1.	Розповсюдження монохроматичного випромінювання через оптичну систему.....	82
3.2.2.	Розподіл світлового поля в плоскості аналізу, коли транспарант розташований перед лінзою.....	85
3.2.3.	Розподіл світлового поля в плоскості аналізу, коли транспарант розташований за лінзою .....	89
3.3.	Дифракційна теорія формування зображення тонкою додатною лінзою.....	92
3.3.1.	Функція розсіювання тонкої додатної лінзи.....	92
3.3.2.	Функція розсіювання додатної лінзи в площині геометричного зображення.....	95
3.3.3.	Зв'язок між амплітудою поля в площині зображення і площині предмета.....	97
3.4.	Приклади розрахунку розподілу світлового поля в оптичних системах.....	99
3.5.	Задачі для самостійного розв'язання.....	107
<b>Розділ 4.</b>	<b>Частотний аналіз дифракційно-обмежених оптичних систем.....</b>	<b>113</b>
4.1.	Узагальнена модель оптичної системи, яка формує зображення ..	113
4.2.	Когерентні і некогерентні оптичні системи .....	115
4.2.1.	Когерентне випромінювання .....	116
4.2.2.	Вимірювання степені когерентності випромінювання .....	119
4.2.3.	Некогерентне випромінювання.....	122
4.3.	Дифракційно-обмежена когерентна оптична система.....	122
4.4.	Дифракційно-обмежена некогерентна оптична система .....	125
4.4.1.	Оптична передавальна функція і її основні властивості.....	126
4.4.2.	Зв'язок ОПФ з фізичними параметрами оптичної системи.....	127
4.5.	Приклади розрахунку передавальних функцій оптичних систем ..	133
4.6.	Задачі для самостійного розв'язання... ..	138
<b>Література</b>	.....	<b>146</b>