

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

2-е издание, исправленное и дополненное

ЧАСТЬ I

Москва
2009

ББК 22.34я73
3 30
УДК 681.7.002 (075.8)

Рецензенты:

- кафедра «Оптико-электронные приборы научных исследований»
(Московский государственный технический университет им. Баумана);
- доктор технических наук С.Н. Бездидько (Дом оптики ВНЦ
«ГОИ им. С.И. Вавилова»)

Запрягаева Л. А., Свешникова И.С.

3 30 Расчет и проектирование оптических систем: Учебник для вузов в 2-х частях. Часть I. 2-е издание исправленное и дополненное. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2009. – 350 с.

ISBN 978-5-91188-017-0

Учебник состоит из двух частей, выходящих в свет одновременно отдельными книгами. В первой части учебника рассмотрены уровни автоматизированного проектирования оптических систем оптико-электронных и оптических приборов, последовательно изложены габаритный и аберрационный расчеты основных типов оптических систем. Описаны методы синтеза и рассмотрен синтез линзовых систем, включая системы для преобразования лазерного излучения. Приведена теория синтеза линзовых конденсаторов, зеркальных и зеркально-линзовых осветителей. Для студентов оптических специальностей вузов и магистрантов, обучающихся по направлению «Оптехника». Представляет интерес для научных и инженерно-технических работников.

УДК 681.7.002 (075.8)
ББК 22.34я73

ISBN 978-5-91188-017-0

© Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова, 2009
© Издательство МИИГАиК, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСЧЕТЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	8
1.1. Исходные принципы автоматизированного проектирования оптиче- ских систем	8
1.2. Задачи, решаемые при проектировании оптической системы	9
1.3. Этапы разработки оптических систем и степень их автоматизации	11
1.4. Автоматизированное проектирование оптических систем	14
Программное обеспечение для АПОС	21
Глава 2. ГАБАРИТНЫЙ РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	23
2.1. Габаритный расчет телескопических систем	23
Расчет простых телескопических систем Кеплера и Галилея	29
Расчет зрительной трубы Кеплера с коллективом в фокальной плос- кости	37
Расчет зрительной трубы с внутренней фокусировкой	41
Габаритный расчет зрительных труб с линзовыми оборачивающими системами	50
Расчет телескопических систем с внефокальным коллективом	60
Габаритный расчет телескопических систем с призмёнными оборачивающими системами. Призмённые монокуляры и бинокулярные зрительные трубы	63
Особенности габаритного расчета оптических систем перископов	75
Особенности габаритного расчета зрительных труб с электронно- оптическими преобразователями	79
2.2. Габаритный расчет зрительных труб переменного увеличения	80
Область применения оптических систем переменного увеличения	80
Классификация зрительных труб переменного увеличения	81
Оптические характеристики зрительных труб переменного увеличения	87
Расчет панкратической зрительной трубы переменного увеличения с двухкомпонентной оборачивающей системой	89
2.3. Габаритный расчет луп и микроскопов	98

Расчет бинокулярной призматической лупы	115
Габаритный расчет отсчетного микроскопа по заданной точности отсчета по нониусу	119
Расчет микроскопа для микропроекции	121
2.4. Габаритный и светотехнический расчет проекционных систем	122
Расчет проекционной системы для эпипроекции	126
Расчет проекционной системы для диапроекции	130
2.5. Оптические системы для лазеров	151
Параметры пучка лазера и основные соотношения при его преобра- зовании оптической системой	151
Оптические системы для концентрации излучения лазера	159
Оптические системы для уменьшения расходимости лазерного пучка	163
Основные требования к разработке оптических систем для преобра- зования лазерного излучения	168
Габаритный расчет оптических систем для коллимации и концент- рации лазерного излучения при использовании геометрооптической модели излучения	170
Глава 3. АБЕРРАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. МЕТОДЫ АБЕРРАЦИОННОГО РАСЧЕТА	179
3.1. Общие понятия	179
3.2. Методы аберрационного расчета оптических систем	180
Метод проб	180
Композиционный метод	181
Алгебраический метод расчета (метод разделения переменных). Основные уравнения	187
3.3. Абберационный расчет оптических систем	199
Телескопические системы	199
Телескопические панкратические системы. Особенности абера- ционного расчета	216
Система микроскопа	217
Объектив из двух компонентов, расположенных на конечном рас- стоянии друг от друга	219
Оптические системы для коллимации лазерного излучения	221
Глава 4. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОДНО- И ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ЛИНЗОВЫХ СИСТЕМ ИЗ БЕСКОНЕЧНО ТОНКИХ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ	223
4.1. Уравнения первой и второй групп метода разделения переменных. Внутренние и внешние параметры. Свободные параметры	223
4.2. Общая методика синтеза оптических систем из бесконечно тонких компонентов	226
Уравнения синтеза	226
Последовательность выполнения синтеза	228

Модульный принцип составления аберрационных уравнений. Параметры P , W и C отдельной линзы и двухлинзового склеенного компонента	238
4.3. Синтез одно- и двухкомпонентных линзовых систем с бесконечно малыми воздушными промежутками	242
Виды однокомпонентных линзовых систем	242
Синтез двухлинзового склеенного компонента	248
Синтез двухлинзового несклеенного компонента	251
Синтез четырехлинзовых компонентов из двух одинаковых двухлинзовых компонентов	253
Синтез трехлинзового склеенного компонента	254
Обоснование выбора избыточных параметров в трех- и четырехлинзовых компонентах	259
Синтез трехлинзовых компонентов	262
Синтез четырехлинзовых компонентов	266
4.4. Синтез линзовых систем из двух компонентов, расположенных на конечном расстоянии друг от друга	269
Синтез телеобъективов телескопических систем	269
Синтез фототелеобъективов	279
Синтез светосильного двухкомпонентного объектива	287
Синтез оптических систем для преобразования лазерного излучения	294
Синтез симметричного окуляра	299
4.5. Синтез трехкомпонентных линзовых систем типа триплета	303
4.6. Специализированные программы синтеза одно- и двухкомпонентных систем	311
Глава 5. РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	315
5.1. Линзовые осветительные системы (конденсоры)	315
5.2. Методы расчета конденсорных систем	317
Расчет конденсорных систем на минимум сферической аберрации	320
Расчет конденсорных систем из двух плосковыпуклых линз	326
Расчет конденсорных систем, содержащих апланатические мениски	328
5.3. Формулы для вычисления продольной и поперечной сферической аберрации третьего порядка в конденсорах различной конструкции ...	332
5.4. Графический способ определения положения плоскости наименьшего кружка рассеяния и размера кружка рассеяния в этой плоскости. Эффективное увеличение	333
5.5. Зеркальные и зеркально-линзовые осветительные системы	335
Зеркальные осветительные системы	335
Зеркально-линзовые осветительные системы	337
Оптический растр в качестве осветительной системы	342
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	344
ОГЛАВЛЕНИЕ	346