

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

Л.Г.ВЕВЧУК

Утверждены редсоветом МВТУ

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЕС ЭВМ

Методические указания по выполнению
домашних заданий, КНИРС, курсового
и дипломного проектов по курсу
"Проектирование и расчет оптических
систем на ЭВМ"

Под редакцией С.И.Кирюшина

МВТУ
им. Н.Э.Баумана
БИБЛИОТЕКА
Читальный зал

МВТУ

БИБЛИОТЕКА

Б-359 Вевчук Л.Г.

Расчет оптических систем на ЕС ЭВМ

1986

			-

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом. Рассмотрены и одобрены кафедрой П-3 16.04.85 г., методической комиссией факультета П 17.04.85 г. и учебно-методическим управлением 24.05.85 г.

Рецензент к.т.н. доц. Н.В.Чичварин

© Московское высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

Оглавление

Введение	3
1. Язык описания задания	4
2. Язык описания оптической системы	8
3. Примеры синтеза двухлинзового объектива	14
3.1. Система ТУР=0	14
3.1.1. Одиночный объектив с предметной плоскостью, расположенной в бесконечности.....	14
3.1.2. Объектив проекционный	15
3.1.3. Объектив коллиматора для ИК области.....	16
3.2. Система ТУР=1	16
3.2.1. Призма за объективом	16
3.2.2. Призма перед объективом	17
3.3. Система ТУР=20	17
3.4. Система ТУР=21	18
Литература	18
Приложения	19

Леонид Геннадьевич Бабчук

Редактор Г.Ф.Хлебниская

Корректор Л.И.Малютина

Заказ 137. Объем 1,5 уч.-изд.л. Тираж 300 экз.
Бесплатно. Подписано к печати 03.11.85 г. План 1985г. № 33.

Типография МВТУ, 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

ВВЕДЕНИЕ

В оптических схемах различных оптических приборов часто применяются двухлинзовые склеенные объективы. Они используются в качестве объективов телескопических систем и микроскопов, линз оборачивающих систем и т.п.

В данных методических указаниях рассматривается применение системы автоматизированного синтеза двухлинзовых склеенных объективов в любом спектральном диапазоне излучения при выборе наилучшей пары материалов из заданного конструктором набора материалов. Эта программа синтеза является составной частью "Автоматизированной системы проектирования оптики" АСПО "ОСАИ" [1].

Поиск оптимальной конструкции производится последовательным перебором всех возможных решений из заданного набора материалов. Для каждой пары стекол определяется предварительная конструкция на основе аберраций порядка и хроматизма положений с последующей минимизацией критерия качества изображения, в основу которого положен средний по полю и зрачку квадрат деформации волнового фронта во всем спектральном диапазоне. Из всех возможных комбинаций выбирается оптимальная конструкция, обладающая минимальным критерием качества изображения. Для этой системы уточняется толщина линз из условия коррекции хроматизма увеличения при соблюдении коррекционных ограничений. Эту программу можно применять при синтезе объективов с относительным отверстием не более 1:4 и углом поля в пространстве предметов не более 10° .

Программа предусматривает синтез следующих систем:

1. Одиночный двухлинзовый объектив (ТУР=0).
2. Объектив, компенсирующий аберрации призмы (ТУР=1).
3. Объектив, компенсирующий аберрации находящейся перед ним оптической части системы (ТУР=20).
4. Объектив, компенсирующий аберрации следующей за ним оптической части системы (ТУР=21).

При расчете объектива следует иметь в виду, что плоскость изображения должна находиться на конечном расстоянии от рассматриваемого объектива.

Методические указания будут использоваться студентами при выполнении проекта по дисциплине "Теория оптических систем", курсовой работы по дисциплине "Прикладная оптика", домашних заданий и лабораторных работ по дисциплинам "Аберрационный расчет оптических систем" и "Программирование и расчет оптических систем на ЭВМ", спецпроекта, КНИРС и дипломного проектирования.

Для синтеза требуемой системы необходимо в первую очередь познакомиться с языками, используемыми в программе (§1,2), а затем, найдя по оглавлению аналог синтезируемой системы, составить задание, которое сдается в диспетчерскую ЭВМ для набивки. После проверки пользователем правильности набивки к заданию прикладываются управляющие карты, и полученная колода карт возвращается в диспетчерскую на расчет. Если пользователь имеет доступ в дисплейный зал, то все работы выполняются через дисплей в соответствии с инструкцией дисплейного зала.

1. ЯЗЫК ОПИСАНИЯ ЗАДАНИЯ

Пакет на расчет состоит из трех управляющих карт, задания пользователя и карты конца пакета // . Первая управляющая карта имеет вид:

```
// ВЕВ03 Л 30В Л П03Х4881 П-3 Л ВЕБЧУК Л Л Г TIME=3
REGION=300К
```

здесь ВЕВ03 - имя задания, включающее в себя идентификатор пользователя и номер задания;

30В - оператор;

П03Х4881 - учетный номер (выдается диспетчером); в данном случае П03 - пользователь кафедры П-3,

Х - работа выполняется по НИР, тема 4881;

П-3 ВЕБЧУК Л.Г. - пользователь учетного номера;

TIME=3 - полное время, выделяемое для решения задачи;

REGION=300К - объем памяти, необходимый для решения задачи.

Пользователю необходимо следить, чтобы имена заданий для каждой решаемой в этот день задачи отличались друг от друга номером. Если набор задания осуществляется с экрана дисплея, то информация об учетном номере и данных пользователя может быть проверена при помощи оператора 7, ИИ.

Другой пример заполнения первой карты:

```
//99255 30В П03УП506 П-3 К/П ВЕБЧУК TIME=(35) REGION=300К
```

Пользователю 992 необходимо рассчитать вариант 55. Учетный номер означает, что работа проводится кафедрой П-3 по учебному процессу (У), по проекту (П) пятого курса (5) по дисциплине 06, т.е. по шестой дисциплине в списке кафедры П-3. Работа выполняется кафедрой П-3 по курсовому проекту (К/П) под руководством преподавателя ВЕБЧУКА. Как видно из примеров, первая карта заполняется особо для каждого курса, дисциплины или работы по НИР в соответствии с идентификатором, выданным для работы на ЭВМ.

Следующие две карты одинаковы для всех пользователей:

```
// EXEC VIRSOR
```

```
// GO EXEC DISPAK
```

При помощи карты EXEC VIRSOR осуществляется удаление из очереди заказов предыдущего задания, невыполненного по каким-либо причинам. Например, было задано недостаточное время или объем памяти для решения задачи. Задание оказалось невыполненным, осталось в очереди заказов и не дает возможности приступить к выполнению следующего задания. Карта EXEC VIRSOR и осуществляет удаление из очереди невыполненные задания, т.е. очищает очередь для решения следующего задания. По карте GO EXEC DISPAK осуществляется обращение к системе АСПО "ОПАЛ".

Задание пользователя АСПО на расчет двухлинзового объектива (ДУВЛ) состоит из заказа на расчет и следующих за ним исходных данных. Исходные данные ограничены картой начала(ж) и конца задания (жж). Подробное описание задания для АСПО приводится в [1].

Первая карта заказа служит для постановки задания в очередь на расчет и имеет вид

```
/ФИОСККДУБЛ=(РЕЖИМ 1,РЕЖИМ 2), РАБОТА 2 и т.д.,
```

где ФИО - шифр пользователя в системе АСПО;

С - шифр рассчитываемой системы или номер студента по списку группы;

КК - номер варианта системы.

Для студентов шифр определяет кафедру и индекс группы, например: 3В1 - студент группы ПЗ-В1; ЭД1 - студент группы Д1 кафедры

Таблица I

Порядковый номер студента	Значение величины С	Порядковый номер студента	Значение величины С
1	1	16	Ж
2	2	17	З
3	3	18	И
4	4	19	К
5	5	20	Л
6	6	21	М
7	7	22	Н
8	8	23	О
9	9	24	П
10	А	25	Р
11	Б	26	С
12	В	27	Т
13	Г	28	У
14	Д	29	Ф
15	Е	30	Х

На каждого студента в библиотеке АСПО "ОПАЛ" выделяется массив для хранения 100 (с 00 до 99) различных вариантов заданий.

При выполнении работы ДУБЛ можно использовать два режима. Режим ПЕЧ-2 используется в том случае, когда необходимо выдать на печать содержимое карт задания. Режим ЗАП позволит запомнить полученный при синтезе объектив в библиотеке объектных модулей пользователя ФИОС под тем же номером, под каким было задано задание. Например: /391ДФ5ДУБЛ=(ПЕЧ=2,ЗАП). По данной карте, составленной студентом 14 (буква Д) по списку группы ПЗ-91, будет выполнена работа ДУБЛ - синтез двухлинзового склеенного объектива с выдачей на печать содержимого карт задания (РЕЖИМ ПЕЧ=2). Полученный объектив будет помещен в библиотеку пользователя 391 под номером ДФ5 (РЕЖИМ ЗАП). Если полученный объектный модуль объектива необходимо запомнить под другим номером, то заполнение режима будет выглядеть

следующим образом: ЗАП=КК, где КК - номер, под которым полученный объектив будет помещен в библиотеку пользователя. Если в библиотеке уже есть система с таким номером, то она затирается новой системой.

С полученной оптической системой можно выполнять любые работы, предусмотренные программой АСПО. Наиболее часто используются следующие работы: СУМ - вычисление поверхностных коэффициентов и сумм Зейделя; ОВ - определение кардинальных элементов отдельных линз объектива и автоколлимационных точек; Л - расчет параксиальных и реальных лучей через объектив; ВА - расчет коэффициентов волновой аберрации и положение плоскости наилучшей установки.

Вторая карта задания пользователя является начальной картой исходного модуля, по которой отыскиваются в библиотеке исходных модулей пользователя нужные начальные данные для выполнения работ, предусмотренных первой картой задания. Начальная карта имеет вид

* ДФИОСКК КОММЕНТАРИЙ

где * - признак начальной карты текста задания;

Д - индекс текста, соответствующий работе ДУБЛ, указанной первой в карте задания;

ФИОСКК - имя текста, аналогичное указанному в карте заказа; первые три символа - имя пользователя, С - номер системы или порядковый номер студента по списку группы, КК - номер варианта оптической системы.

Комментарий имеет не более 20 символов и обычно служит для обозначения оптической системы. Текст комментария при распечатке результатов вычислений помещается в заголовке каждой таблицы после слова "система". Следует иметь в виду, что при вводе начальной карты текста пробелы игнорируются и слова комментария воспринимаются слитно.

В конце исходного текста набиваются две звезды **, что служит признаком конца данного текста.

Пример пакета для синтеза и расчета объектива:

```
// 99255_708_1'ПЗУП5Ф7', П-3 К/П БББЧК, TIME=3, REGION=3УФК
// EXEC_1VIPCOR
// GO_1EXEC_1ДТЕРАК
/ 391ДФ5ДУБЛ=(ПЕЧ=2,ЗАП), Л
* Д391ДФ50В'ЕКТИВВИЗИРА
```

- } - описание оптической системы
- } - карта конца исходных данных системы
- // } - карта конца задания

2. ЯЗЫК ОПИСАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Задание на расчет объектива состоит из предложений, разделенных знаком " ; ". Каждый оператор может быть расположен на одной перфокарте или одной строке экрана дисплея. В этом случае в задании легко производить исправления, заменяя отдельные перфокарты или внося изменения на нужной строке экрана дисплея. Операторы могут располагаться и друг за другом, занимая несколько перфокарт или строк экрана дисплея без использования какого-либо знака переноса. Каждый оператор состоит из двух частей, разделенных знаком равенства. В левой части находится идентификатор данных, в правой - значение этого идентификатора. В данной программе используются идентификаторы, приведенные ниже.

Основные идентификаторы:

- OB - положение предметной плоскости. Возможны два случая:
OB=0; - предметная плоскость находится на бесконечно большом расстоянии от объектива; OB=I; - предметная плоскость расположена на конечном расстоянии от объектива;
- EO - расстояние от первой поверхности объектива до предметной плоскости, мм. Если предметная плоскость расположена на бесконечно большом расстоянии, то необходимо задать EO=0;
- YO - размер предмета от оптической оси. В зависимости от идентификатора OB размер YO машиной воспринимается различно. Если OB=0; (предмет на бесконечно большом расстоянии от объектива), то размер предмета задается в угловой мере, причем градусы отделяются точкой от минут и секунд, например: YO = 4.31155; означает, что задано $4^{\circ}31'15,5''$. Если

OB=I; , то YO - линейное поле в пространстве предметов, мм. Следует помнить, что полное поле в пространстве предметов равно $2YO$. Чем больше YO, тем больше внимания уделяется исправлению аберрации комы. При YO=0; коррекция аберрации комы не производится.

EP - положение плоскости входного зрачка относительно первой поверхности объектива, мм. Если плоскость входного зрачка совпадает с вершиной первой поверхности объектива, то EP=0;.

По умолчанию идентификаторы OB, YO, EO и EP принимаются равными нулю

AP - апертура системы. В зависимости от знака правой части выражения машина воспринимает задание апертуры или в пространстве предметов, или в пространстве изображения. Если знак "+", то задана задняя апертура $AP = n' \sin \sigma'$, где n' - показатель преломления среды пространства изображения; σ' - апертурный угол в пространстве изображений - угол, образованный лучом, проходящим через край выходного зрачка, и оптической осью. Если правая часть выражения для AP отрицательна, то задана апертура в пространстве предметов. Если OB=I; и предметная плоскость расположена на конечном расстоянии от объектива, то $AP = n \sin \sigma$, где n и σ - показатель преломления среды и апертурный угол в пространстве предметов. Если OB=0; , то передняя апертура задается (в миллиметрах) как половина входного зрачка объектива: $AP = -D_{\text{вх}}/2$;

V0 - обобщенное увеличение. При OB=I; под V0 понимается линейное увеличение объектива - отношение размеров изображения и предмета. При OB=0; V0 - требуемое переднее фокусное расстояние объектива. В случае OB=0; и EO=0; вместо V0 можно задавать FOC - заднее фокусное расстояние объектива.

Следует помнить, что при синтезе объектива определяется плоскость наилучшей установки, в которой критерий качества будет минимальным. Для

этой плоскости установки и определяется $V\phi$. Следовательно, $V\phi$ или FOC в полученной системе будут несколько отличаться от значений, определенных для плоскости Гаусса;

D_{MAX} - максимально допустимая толщина отрицательной линзы объектива, мм. Если D_{MAX} не задана, то толщина отрицательной линзы не ограничена. Напомним, что толщина отрицательной линзы уточняется исходя из условия исправления хроматизма увеличения;

λ_0 - основная длина волны, мкм. В правой части выражения для λ_0 можно помещать буквенные обозначения, принятые в программе. Эти обозначения приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Длина волны, мкм	Обозначение по ГОСТ	Обозначение в программе	Длина волны, мкм	Обозначение по ГОСТ	Обозначение в программе
0,3650	i	IM	0,5461	e	E
0,4047	h	HM	0,5876	d	DM
0,4841	g	G'	0,5893	b	B
0,4358	g	GM	0,6438	c'	C'
0,4800	f	F'	0,6563	c	C
0,4861	f	F			

D_L - полуширина рабочего интервала длин волн, мкм. Определяет долю хроматических аберраций в общем балансе аберраций. Если система работает в монохроматическом пучке лучей, то $D_L = 0,0001$; при этом коррекция хроматизма не производится. Задание $D_L = 0$ или $D_L = \infty$; не допустимо;

NNAB - номер набора стекол. В программе предусмотрено использование одного из трех наборов: NNAB = 1; NNAB = 2; NNAB = 3;. Каждый последующий набор является расширением предыдущего. В приложении I приводятся 38 различных стекол, входящих в набор NNAB = 3.

В набор NNAB = 1 входят первые 16 стекол, т.е. с 1-го по 16-е. Во второй набор (NNAB=2) входят стекла с 1-го по 22-е. Если в выбранный набор необходимо включить или исключить какие-либо материалы, то необходимо воспользоваться идентификатором N. В правой части через запятую следует указывать номер стекла, который необходимо включить или исключить из набора. Список номеров стекол, наиболее часто встречающихся при проектировании оптических систем, приведен в приложении 2. Если номер стекла указан со знаком " - ", то это стекло удаляется из выбранного набора. Если у номера стекла знак " + ", то этот материал добавляется к набору, например:

NNAB= 1; N = -325, - 405, +819;. По этому оператору из первого набора будут исключены стекла K-8, BK-10 и добавлено стекло BФ-32. Если синтез двухлинзового объектива производится из материалов, не включенных в каталог (приложение I), то необходимо воспользоваться следующими двумя операторами:

λ_{GLA} - длины волн, для которых заданы показатели преломления материалов. В правой части оператора указывается через запятую числа (в микрометрах), характеризующие три длины волн, близкие по значению к основной длине волн: λ_0 и края рабочего спектрального интервала длин волн $\lambda_0 + D_L$ и $\lambda_0 - D_L$;

Π - массив показателей преломления заданных материалов для указанных идентификатором Π длин волн. В левой части выражения после идентификатора Π в скобках следует указать количество материалов, заданных для синтеза объектива. В правой части выражения через запятую в скобках приводятся три показателя преломления для каждой среды в той последовательности, в которой следуют длины волн

в операторе $LG LA$. Количество скобок должно соответствовать числу заданных материалов. Например, $LG = E; DL = 0.I$; означает, что основная длина волны 0.54607 , а спектральный диапазон от 0.44607 до 0.64607 . Ближайшие к ним из каталога длины волн 0.43583 (линия g) и 0.6438 (линия c'). Следовательно, $LG LA = 0.54607, 0.43583, 0.6438$; или $LG LA = E, GM, C'$; Заданные материалы имеют следующие показатели преломления:

$n(I-4) = (I, 617875, I, 636315, I, 60984)$,
 $(I, 460072, I, 466662, I, 456705)$, $(I, 49297,$
 $I, 504572, I, 487601)$, $(I, 770644, I, 781131,$
 $I, 765323)$;

ТУР - вид синтезируемой системы: ТУР=0; - синтез двухлинзового склеенного объектива, ТУР=I; - синтез двухлинзового объектива с призмой, ТУР=20; - синтез двухлинзового склеенного объектива, компенсирующего aberrации находящейся перед ним части оптической системы, ТУР=2I; - синтез двухлинзового склеенного объектива, компенсирующего aberrации следующей за ним части оптической системы;

IPR - признак задания типа кривой спектральной чувствительности приемника: IPR=0; - приемник селективного типа, IPR=I; - приемник неселективного типа. По умолчанию значение IPR принимается равным единице. Следует помнить, что в правой части выражения должно находиться целое число, т.е. нуль или единица без точки.

Дополнительные идентификаторы, необходимые для расчета объектива с призмой (система ТУР=I):

DPRI - длина хода луча вдоль оптической оси в призме или толщина плоскопараллельной пластинки, в которую разворачивается призма;

SPRI - расстояние от призмы до предмета (изображения). Если $SPRI < 0$, то призма расположена

перед объективом. В этом случае под SPRI понимается расстояние от первой поверхности призмы до плоскости предметов. Если призма расположена после объектива и правая часть оператора положительна ($SPRI > 0$), то под идентификатором SPRI понимается расстояние от последней поверхности призмы до плоскости изображения;

NPRI - номер стекла призмы по каталогу стекла (см. приложение 2);

СТPRI - показатели преломления материала призмы для трех длин волн, заданных идентификатором GLA . Следует помнить, что необходимо задавать один из идентификаторов NPRI или СТPRI.

Дополнительные данные, необходимые при использовании объектива с какой-либо оптической системой (ТУР=20; или ТУР=2I):

DS - продольная сферическая aberrация дополнительной оптической системы, которую необходимо компенсировать синтезируемым объективом. Сферическую aberrацию можно задать одним оператором DS, в правой части которого указываются два числа, разделенные запятой. Первое соответствует сферической aberrации луча, идущего через край входного зрачка, а второе - через зону. Эти же значения можно задать при помощи идентификаторов $DS(1)=$; и $DS(2)=$; причем $DS(1)$ определяет сферическую aberrацию для крайнего луча осевого пучка, а $DS(2)$ - для луча, идущего через зону входного зрачка.

ETA - неизопланатизм для луча, идущего через край входного зрачка, %;

SX - идентификатор, определяющий значение хроматических aberrаций.

Программа предусматривает компенсацию двух aberrаций: сферохроматизм для лучей, идущих через край входного зрачка $SX(1)$, и хроматизм положения $SX(2)$. Как и сферическую aberrацию, хроматические можно задавать двумя идентификаторами

$SX(1) = \dots$; или одним $SX = \dots$;

В последнем случае в правой части выражения должны находиться два числа, разделенные запятой. Первое число характеризует сферохроматизм, а второе - хроматизм положения. Как видно из списка исправляемых aberrаций, объектив исправляет aberrации только для предметной точки, расположенной на оптической оси системы. При расчете систем $TYP = 2\emptyset$; и $TYP = 2I$; следует иметь в виду, что выходные характеристики предыдущей системы должны соответствовать входным характеристикам последующей системы. Если оптическая система предшествует объективу ($TYP = 2\emptyset$), то выходной зрачок системы должен являться входным зрачком объектива и их апертуры должны быть равны. Размер поля в пространстве предметов для объектива должен соответствовать размеру поля в пространстве изображений предшествующей оптической системы. Так как плоскость изображения предшествующей оптической системы является плоскостью предметов для объектива, то значение идентификатора SO определяется по заданному расстоянию между последней поверхностью системы и объективом и расстоянию до плоскости изображения от предыдущей системы. Если задана оптическая система за объективом ($TYP = 2I$), то необходимо задать такое положение предметной плоскости и плоскости входного зрачка, чтобы их изображения соответствовали предметной плоскости и плоскости входного зрачка последующей оптической системы. В этом случае необходимо задавать для объектива заднюю апертуру, т.е. в правой части выражения для AP должно находиться положительное число.

3. ПРИМЕРЫ СИНТЕЗА ДВУХЛИНЗОВОГО ОБЪЕКТИВА

3.1. Система $TYP = \emptyset$

Система данного типа используется, когда объектив применяется как самостоятельный элемент оптической системы. В этом случае из заданного набора стекол осуществляется синтез объектива, имеющего минимальный критерий качества для исходных данных объектива:

3.1.1. Одночный объектив с предметной плоскостью, расположенной в бесконечности. Определить конструктивные параметры объектива с $f' = 100$ мм, относительным отверстием $1:5$, углом поля в пространстве предметов $2\omega = 10^\circ$, работающего в

спектральном диапазоне от F' до C' . Предметная плоскость расположена на бесконечно большом расстоянии от объектива, плоскость входного зрачка совпадает с первой поверхностью объектива. Для видимого диапазона за основную длину волны излучения принимается линия e . Следовательно, $L_0 = E$. Определим полуширину рабочего интервала длин волн.

$$DL = \frac{\lambda_e - \lambda_{F'}}{2} = 0,0819 \text{ мм.}$$

Так как линия e расположена не посередине интервала от F' до C' , то при заданном значении $DL = 0,0819$ ахроматизация будет осуществляться для длин волн $L_0 + DL$ и $L_0 - DL$. Для синтеза объектива воспользуемся полным набором стекол ($NNAB = 3$). Для данного примера $AP = -\frac{D \times \omega}{2} = 10$ мм, $\gamma_0 = 5^\circ$. Карты задания будут иметь вид:

/ ФИОСККДУБЛ = (ПЕЧ=2), Л

* ФИОСККОБ'ЕКТИВ

TYP = \emptyset ; $\gamma_0 = 5$; $\nu\emptyset = -1\emptyset\emptyset$; $L_0 = E$; $DL = 0,0819$; $AP = -10$; $NNAB = 3$;

**

В этом примере значения идентификаторов OB , SO , AP не заданы, так как по умолчанию их значения принимаются равными нулю, а идентификатора $IPR = 1$, так как предполагается, что объектив не работает совместно с глазом. К полученному заданию прикладываются три управляющие карты, а в конце добавляется знак // - карта конца пакета. Полученный пакет сдается на расчет. Если задание набирается на экране дисплея, то сначала набираются управляющие карты (см. главу 2), затем карты задания. Пакет на задание заканчивается картой //.

3.1.2. Объектив проекционный. Синтезировать проекционный объектив с линейным увеличением $\beta = -3^x$, линейным полем в пространстве предметов $2y = 10$ мм, апертурой в пространстве предметов $A=0,1$. Предметная плоскость расположена перед объективом на расстоянии 100 мм. Входной зрачок находится перед объективом на расстоянии 6 мм. Объектив работает в видимом диапазоне длин волн. Требуется определить суммы Зейделя и aberrации третьего порядка в рассчитанном объективе.

Карты задания:

/ ФИОСККДУБЛ = (ПЕЧ = 2), СУМ

* Д ФИОСККОБ'ЕКТИВПРОЕКЦИОННЫЙ

OB = 1; TYP = 0; SO = -100; SP = -6; YO = 5; V0 = -3; AP = -0.1; LO = E;

DL = 0.08; NNAВ = 2;

**

3.1 3.Объектив коллиматора для ИС области. Рассчитать объектив с фокусным расстоянием $f' = 1500$ мм, относительным отверстием I:10, работающим в спектральном диапазоне от 0,8 до 2,5 мкм. Для синтеза объектива взять первый набор стекол, исключить из него стекла К14, ЛБ5, П1, Я4, ОФ1 и добавив материалы: кварцевое стекло, хлористый калий, фтористый литий, кварц кристаллический и сапфир.

Карты задания:

/ ФИОСККДУБЛ = (ПЕЧ = 2), СУМ

* ДФИОСККОБ'ЕКТИВКОЛЛИМАТОРА

TYP = 0; V0 = -1500; AP = -75; LO = 1.65; DL = 0.85; NNAВ = 1; YO = 0.3;

N = -702, -1002, -1101, -1103, -1301, +1401, +1402, +1405, +1406, +1408;

**

3.2. Система TYP=I

Данная программа синтезирует двухлинзовый склеенный объектив, компенсирующий остаточные aberrации призмы, которая разворачивается в плоскопараллельную пластинку.

3.2.1. Призма за объективом. Рассчитать объектив с $f' = 100$ мм, относительным отверстием I:5 и угловым полем в пространстве предметов $2\omega = 10^\circ$, компенсирующий остаточные aberrации призмы в видимом диапазоне длин волн. Длина хода луча в призме 30 мм. Плоскость изображения расположена на расстоянии 35 мм от последней поверхности призмы. Материал призмы - стекло ЕК10. Входной зрачок совпадает с оправой объектива. Объектив синтезировать из стекол первого набора.

Карты задания

/ 372004ДУБЛ = (ПЕЧ = 2), А

* Д372004ОБ'ЕКТИВСПРИЗМОЙ

TYP = I; YO = -5; V0 = -100; AP = 0.1; LO = E; DL = 0.08; NNAВ = 1; DPR1 = 30;

SPR1 = 35; NPR1 = 405; DMAX = 8;

**

здесь задана задняя апертура, толщина отрицательной линзы не должна быть больше 8 мм.

3.2.2. Призма перед объективом. В данном случае задача имеет смысл только тогда, когда предметная плоскость расположена на конечном расстоянии от объектива, так как при $OB=0$; призма расположена в параллельных пучках лучей и aberrаций не вносит.

Карты задания:

/ 391K88ДУБЛ = (ПЕЧ = 2), А

* Д391K88ОБ'ЕКТИВ5

TYP = 1; OB = 1; SO = -110; YO = -5; V0 = 3; SP = -28; AP = -0.1; DPR1 = 30;

NPR1 = 405; LO = E; DL = 0.08; NNAВ = 1; SPR1 = -30;

**

Студент группы П3-91 составил задание на расчет итогового объектива с призмой и вычисление остаточных aberrаций полученной системы. Длина хода луча в призме 30 мм. Призма изготовлена из стекла марки ЕК10 и расположена на расстоянии 30 мм от плоскости предметов. Объектив имеет линейное увеличение $\beta = -3^x$. Предметная плоскость находится на расстоянии 110 мм перед объективом. Передняя апертура объектива 0,1. Входной зрачок расположен на расстоянии 28 мм перед объективом.

3.3. Система TYP=20

Задана предшествующая система с апертурой в пространстве изображения 0,05 и выходным зрачком, расположенным на расстоянии 100 мм перед плоскостью изображения. Aberrации системы: сферическая aberrация крайнего луча 0,01, сферическая aberrация зонального луча - 0,3, неизопланатизм крайнего луча 0,1 %, хроматизм положения 0,1, сферохроматизм для крайнего луча осевого пучка - 0,1. Рассчитать объектив оборачивающей системы с линейным увеличением $\beta = -1$ и передним отрезком - 120 мм, компенсирующий aberrации предшествующей системы.

Карты задания:

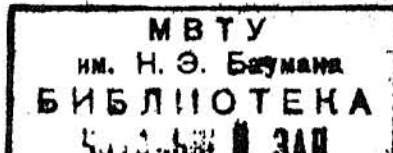
/ 3д1803ДУБЛ = (ПЕЧ = 2, ЗАП)

* Д3д1803ОБОРАЧИВАЮЩИЙ ОБ'ЕКТИВ

TYP = 20; OB = 1; V0 = -1; SO = -120; SP = -220; AP = 0.05; NNAВ = 3; LO = E;

DL = 0.08; DE = 0.01, -0.3; ETA = 0.1; SX = -0.1, 0.1; YO = 5;

**



Рассчитать объектив телескопической системы с $f'_{об} = 150$ мм, работающей с окуляром $f' = 25$ мм. Диаметр выходного зрачка системы 5 мм. Входной зрачок окуляра расположен на расстоянии 155 мм перед окуляром. Передний фокальный отрезок окуляра $f'_p = -7,4$ мм. Тогда входной зрачок объектива, совмещенный с входным зрачком окуляра, уменьшен от задней фокальной плоскости объектива на расстояние $z'_p = -155 + 7,4 = -147,6$ мм. Определим положение входного зрачка относительно передней фокальной плоскости объектива: $z_p = f'^2_{об} / z'_p = 152,4$ мм. Считая объектив тонким, получим, что входной зрачок находится на 2,4 мм за первой поверхностью объектива.

Карта заданна:

$$/ 3115 \phi 0,196 \lambda = (\text{ПЕЧ} = 2), \lambda$$

* 31150605'ЕКТИВТЕЛЕСКОПА

$$\text{ТУР} = 21; \text{OB} = \phi; \text{V}\phi = -15\phi; \text{AP} = \phi.1; \text{AO} = \text{E}; \text{DL} = \phi. \phi 3;$$

$$\text{SP} = 2,4; \text{YO} = 3.3;$$

$$\text{DS} = -\phi.14, -\phi. \phi 7; \text{ETA} = \phi.16; \text{SX} = -\phi.1, -\phi. \phi 9; \text{NNAB} = 3;$$

* *

//

ЛИТЕРАТУРА

1. Вебчук Л.Г. Расчет оптических систем на ЕС ЭВМ: Учебное пособие. - М.: МВТУ, 1985. - 50 с.

Стекла, входящие в набор N/VAB-3

№ п/п	Номер стекла	Марка стекла	№ п/п	Номер стекла	Марка стекла
1	305	K8	20	401	ЕК4
2	310	K19	21	511	ТК20
3	403	ЕК8	22	512	ТК21
4	405	ЕК10	23	1006	М-10
5	508	ТК14	24	1203	ТК3
6	509	ТК16	25	1208	ТК10
7	702	K14	26	1206	ТК7
8	807	БМ12	27	803	БМ6
9	814	БМ24	28	815	БМ25
10	1002	ЛК5	29	1104	К6
11	1101	К1	30	1108	К13
12	1103	К4	31	402	ЕК6
13	1201	ТК1	32	306	К14
14	1204	ТК4	33	503	ТК4
15	1205	ТК5	34	504	ТК8
16	1301	ОА1	35	513	ТК23
17	802	БМ4	36	601	СМК3
18	805	БМ8	37	606	СМК12
19	809	БМ16	38	609	СМК19

Каталог материалов

Материал	Номер	Марка	Показатель преломления n_e	Рабочий интервал длин волн, мкм	
				от	до
Кидкосты	2	Вода	1,334500	0,4047	0,7000
	3	Физиол. раствор	1,336140		
	4	Вазелин, масло	1,483990		
	5	Кедровое масло	1,517650		
	6	Желатин	1,541020		
	7	Метилен иодид	1,750230		
	Легкие кроны	Л01	ЛК1		
Л02		ЛК3	1,489122		
Л03		ЛК4	1,492169		
Л04		ЛК5	1,479906		
Л05		ЛК6	1,472143		
Л06		ЛК7	1,484606		
Л07		ЛК8	1,472491		
Л08		ЛК107	1,485308		
Л09		ЛК115	1,482227		
Фосфатные кроны	Ф01	ФК1	1,520844	0,3650	2,4000
	Ф02	ФК13	1,548804	0,3650	2,5000
	Ф03	ФК14	1,582106	0,4047	2,5000
	Ф04	ФК114	1,582505	0,4047	0,7000
	Ф06	ФК11	1,521764	0,4047	2,1000
Кроны	К01	К1	1,500094	0,3650	2,6000
	К02	К2	1,502276		
	К03	К3	1,511993		
	К04	К5	1,512971		
	К05	К8	1,518296		
	К06	К14	1,516802		
	К07	К15	1,535878		
	К08	К17	1,518300		

1	2	3	4	5	6			
Вари- товые кроны	309	К18	1,521228	0,3650	2,6000			
	310	К19	1,520785					
	311	К20	1,528465					
	312	К100	1,523669					
	314	К208	1,518408					
	401	ЕК4	1,532370					
	402	ЕК6	1,542139					
	403	ЕК8	1,548859					
	404	ЕК9	1,567097					
	405	ЕК10	1,571310					
406	ЕК11	1,554560	0,3650	2,6000				
407	ЕК12	1,562976						
408	ЕК13	1,561666						
409	ЕК210	1,572385						
501	ТК1	1,566098			0,3650	2,6000		
502	ТК2	1,574864						
503	ТК4	1,613814						
504	ТК8	1,616754						
505	ТК9	1,619925						
506	ТК12	1,571040						
507	ТК13	1,606267						
508	ТК14	1,615509						
509	ТК16	1,615192						
510	ТК17	1,630512						
Тяже- лые кроны	511	ТК20	1,624708	0,4047	0,7000			
	512	ТК21	1,659969					
	513	ТК23	1,591474					
	514	ТК123	1,591087					
	515	ТК216	1,616818					
	Сверх- тяжелые кроны	601	СТК3			1,662239	0,3650	2,6000
		602	СТК7			1,690064		
603		СТК8	1,706493					
604		СТК9	1,746046					
605		СТК10	1,741587					
606		СТК12	1,695005					
607		СТК15	1,712408					

I	2	3	4	5	6
Сверх-тяжелые кроны	608	СТК16	I,79005I		
	609	СТК19	I,747645		
	610	СТК20	I,790837	0,4047	2,5000
Крон-флинты	701	КФ1	I,51763I		
	702	КФ4	I,520272		
	703	КФ5	I,501593		
	704	КФ6	I,50266I	0,3650	2,6000
	705	КФ7	I,520000		
	706	КФ8	I,535732		
	707	КФ100	I,512189	0,4340	0,7000
Сверх-тяжелые кроны	801	ВФ1	I,527058		
	802	ВФ4	I,550506		
	803	ВФ6	I,572443		
	804	ВФ7	I,582164		
	805	ВФ8	I,585688		
	806	ВФ11	I,625094	0,3650	2,6000
	807	ВФ12	I,629839		
	808	ВФ13	I,642768		
	809	ВФ16	I,674412		
	810	ВФ18	I,563117		
	811	ВФ19	I,592348		
	812	ВФ21	I,617771		
	813	ВФ23	I,551886		
	814	ВФ24	I,638636		
	815	ВФ25	I,610855		
	816	ВФ26	I,654559	0,3650	2,6000
	817	ВФ27	I,610100		
	818	ВФ28	I,668709		
	819	ВФ32	I,582355		
820	ВФ219	I,59264I	0,4047	0,7000	
Тяжелые баритовые флинты	901	ТВФ3	I,760207		
	902	ТВФ4	I,783622	0,3650	2,6000
	903	ТВФ5	I,812597	0,4340	
	904	ТВФ7	I,898010	0,4047	
	905	ТВФ8	I,864063	0,3650	
	906	ТВФ25	I,817534	0,4047	

I	2	3	4	5	6
Тяжелые баритовые флинты	907	ТВФ9	I,812964	0,3650	
	1001	ЛФ1	I,543419		
	1002	ЛФ5	I,578324		
	1003	ЛФ7	I,581759		
	1004	ЛФ8	I,560857		
	1005	ЛФ9	I,583724	0,3650	2,6000
	1006	ЛФ10	I,550937		
	1007	ЛФ11	I,563755		
1008	ЛФ12	I,543057			
Флинты	1101	Ф1	I,616877		
	1102	Ф2	I,620538		
	1103	Ф4	I,628468	0,3650	2,6000
	1104	Ф6	I,607010		
	1105	Ф7	I,62735I		
	1106	Ф8	I,629118		
	1107	Ф9	I,618047		
	1108	Ф13	I,624088		
	1109	Ф18	I,62915I	0,3650	2,6000
	1110	Ф101	I,617875		
	1111	Ф102	I,621038		
	1112	Ф104	I,628068		
	1113	Ф106	I,60700I	0,4047	2,6000
	1114	Ф108	I,629617		
	1115	Ф109	I,618357	0,3650	2,6000
	1116	Ф113	I,624090		
	1117	Ф200	I,625998	0,4047	0,7000
Тяжелые флинты	1201	ТФ1	I,652189		
	1202	ТФ2	I,677618		
	1203	ТФ3	I,723160		
	1204	ТФ4	I,74623I		
	1205	ТФ5	I,761715		
	1206	ТФ7	I,734292	0,3650	2,6000
	1207	ТФ8	I,694732		
	1208	ТФ10	I,813746		
	1209	ТФ11	I,653623		

1	2	3	4	5	6
Тяжелые флинты	I210	ТГ12	I,792379	0,4047	
	I211	ТГ103	I,723666	0,4340	0,7000
	I212	ТГ200	I,649322	0,4047	
Особые флинты	I301	ОГ1	I,531929		
	I302	ОГ2	I,556614		
	I303	ОГ3	I,615728	0,3650	2,6000
	I304	ОГ4	I,654184		
	I305	ОГ5	I,666409		
Кри- стал- лы	I401	Кварцевое стекло	I,460072		2,6000
	I402	Хлористый калий	I,492918		2,6000
	I403	Хлористый натрий	I,547314		I,1500
	I404	Фтористый барий	I,475065	0,3650	I,2000
	I405	Фтористый литий	I,393002 I,434966		2,6000 2,0000
	I406	Флюорит			
	I407	Кристалли- ческий кварц	I,546180		2,6000
	I408	Сапфир	I,770644		2,6000
Особые кроны	I501	ОК1	I,523695	0,3650	2,6000
	I502	ОК2	I,557302		
	I503	ОК3	I,497160		
	I504	ОК307	I,576510	0,4340	0,7000
	I505	ОК308	I,568380		
	I508	ОК134	I,529553		
Тяжелые фосфат- ные кроны	I601	ТФК1	I,610710	0,3650	2,6000
	I602	ТФК588	I,625974	0,4340	0,7000
Сверх- тяже- лые флинты	I703	СТ2	I,955365	0,4340	
	I704	СТ3	2,186272	0,4861	2,6000
	I705	СТФ1	2,071080	0,4340	